



## A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

## Consignes d'utilisation

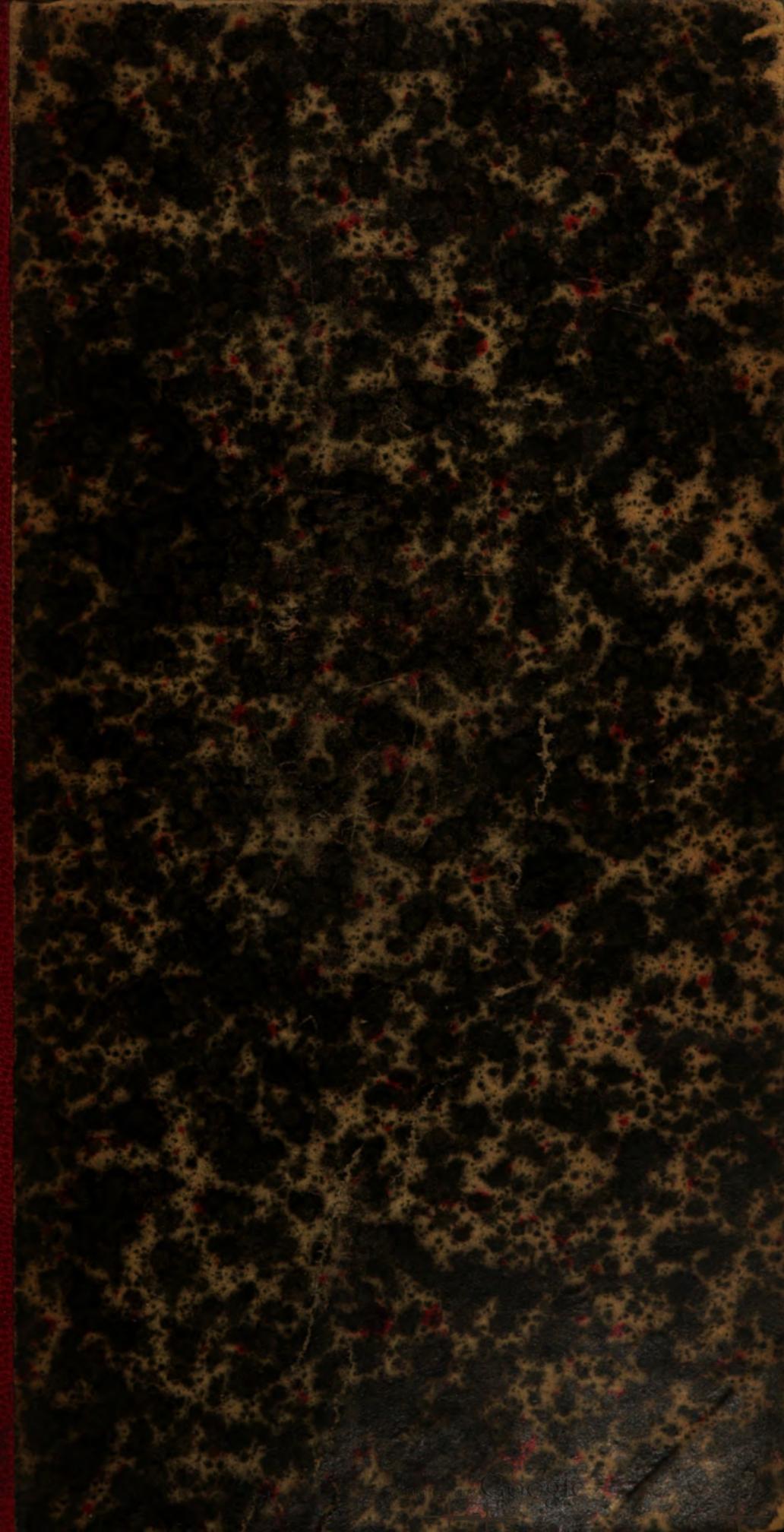
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

## À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



ANNEX  
LIBRARY

**B**

005937

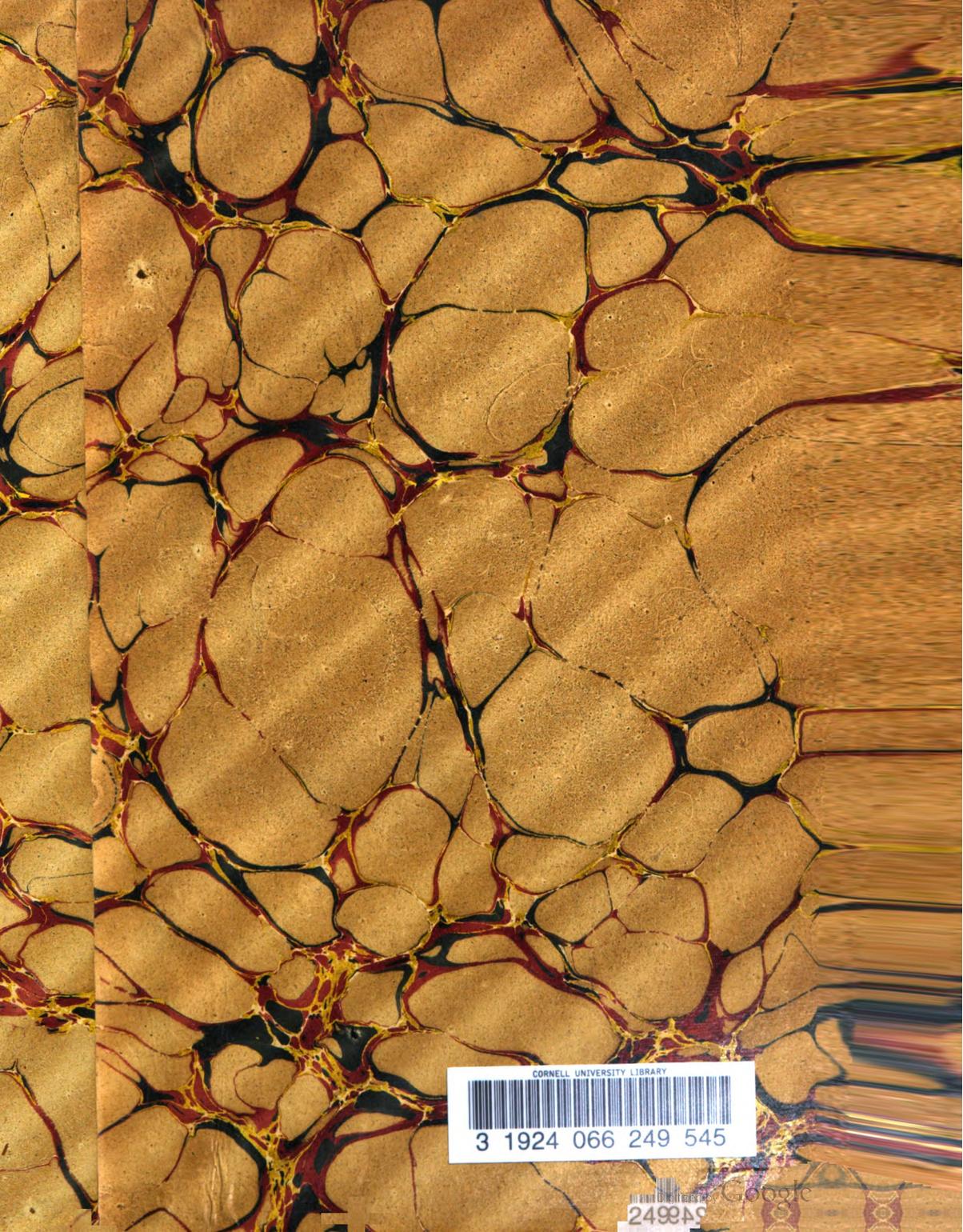
**Cornell University Library**

BOUGHT WITH THE INCOME  
FROM THE  
SAGE ENDOWMENT FUND  
THE GIFT OF  
**Henry W. Sage**  
1891

A-136109

10/4/1900

6421



CORNELL UNIVERSITY LIBRARY



3 1924 066 249 545

Digitized by Google  
249919

ANNEX  
LIBRARY

**B**

005937

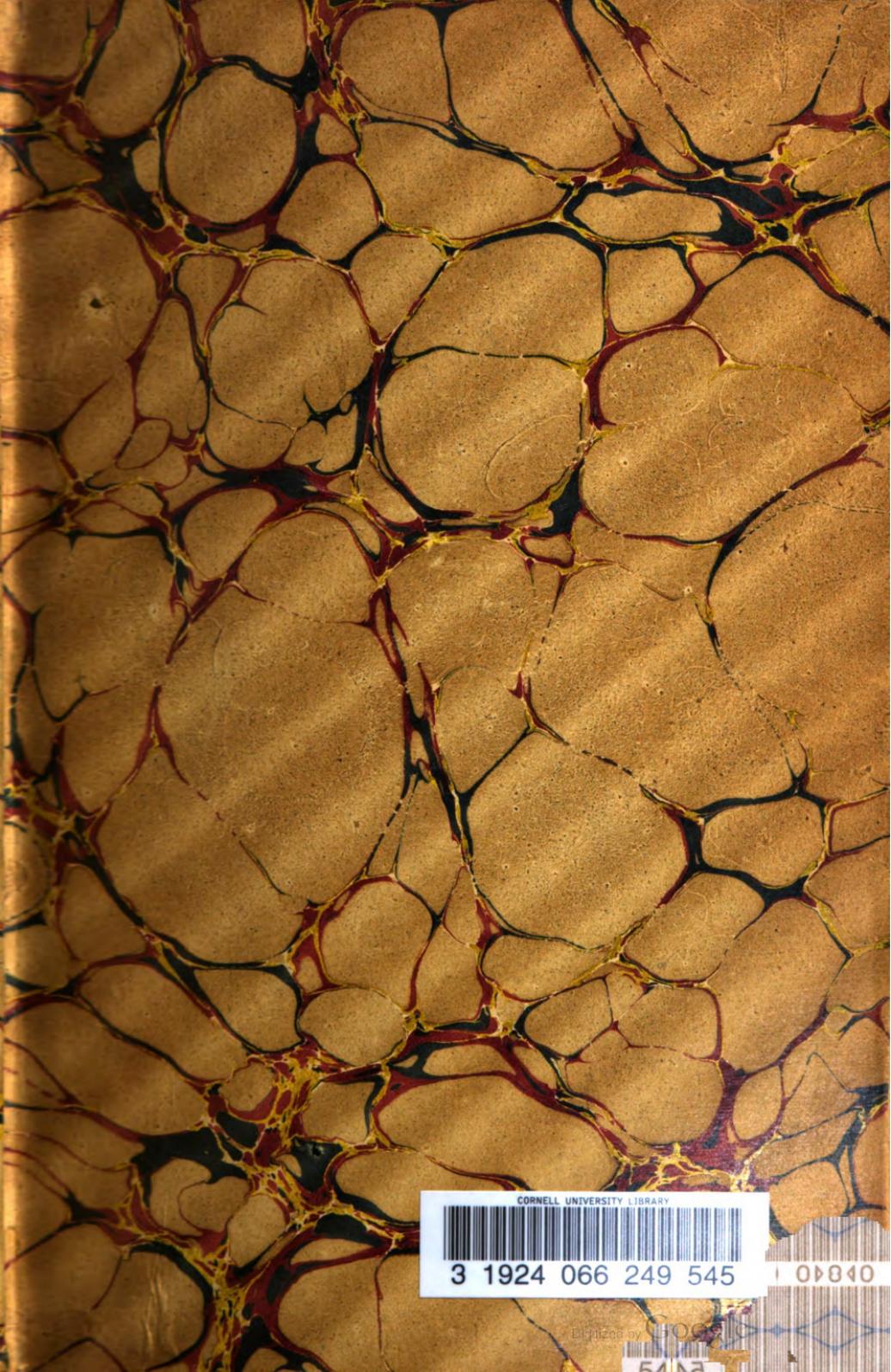
**Cornell University Library**

BOUGHT WITH THE INCOME  
FROM THE  
SAGE ENDOWMENT FUND  
THE GIFT OF  
**Henry W. Sage**  
1891

A-136109

10/4/1900

6421



CORNELL UNIVERSITY LIBRARY



3 1924 066 249 545

01840

Digitized by HOOR



1005 K 1876

2

A676

5

10/4/00



**ARCHIVES**  
DES  
**SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES**

---

**GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT**

---

**BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE**

ET

**REVUE SUISSE**

---

**ARCHIVES**

DES

**SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES**

---

**NOUVELLE PÉRIODE**

**TOME TRENTE ET UNIÈME**

---

**GENÈVE**

**BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18**

**LAUSANNE**

**GEORGES BRIDEL**

**NEUCHÂTEL**

**DELACHAUX ET SANDOZ**

---

**1868**

A. 136109

SUR LA CHIMIE  
DES  
PREMIERS ÂGES DE LA TERRE

PAR  
**M. STERRY HUNT** <sup>1</sup>.

(Extrait par M. Ernest Favre.)

---

Il a été reconnu que la chimie et la physique ont été dès les premiers âges de notre globe en rapport intime avec son développement, et que les mêmes lois ont présidé à ses transformations et à celles de la matière en dehors de notre terre. Le spectroscope a résolu dans les mains des savants modernes et spécialement dans celles de M. Huggins beaucoup de problèmes, dont le télescope ne pouvait donner la solution. Il nous a révélé dans le soleil et dans d'autres corps lumineux la présence des mêmes éléments chimiques, qui constituent notre terre et nos propres corps. Il nous permet d'observer la matière sous toutes ses formes, de suivre la marche de sa condensation et celle de la formation des mondes. Herschell le premier qui illustra ce nom, conçut l'idée que les nébuleuses étaient formées de la matière primitive non condensée. Plus tard de puissants instruments montrèrent aux astronomes que plusieurs des nébuleuses ne sont que des groupes d'étoiles, et cette découverte fit douter quelque

<sup>1</sup> Royal Institution of Great Britain, 31 mai 1867.

temps de la présence, dans l'espace, de la matière nébuleuse à l'état lumineux ; mais l'existence de cet état de la matière est aujourd'hui reconnu.

Grâce au spectroscopie, nous voyons dans les cieux des planètes semblables à la nôtre, éclairées seulement par la lumière réfléchie ; des soleils, corps solides, lumineux par eux-mêmes ; enfin, de véritables nébuleuses, masses de matière soumise à une chaleur si intense qu'elle est à l'état gazeux et par cela même peu lumineuse en comparaison du soleil. Ces trois états représentent trois phases distinctes de la condensation de la matière qui a formé les divers systèmes planétaires, et le nôtre en particulier.

On est arrivé par des calculs, basés sur la quantité de lumière et de chaleur rayonnante du soleil, à estimer la haute température qui existe à sa surface. Or, les découvertes de la chimie moderne ont prouvé que si la chaleur, dans les conditions ordinaires, est favorable à la combinaison des corps, une température très-élevée détruit les affinités. Ainsi, les métaux nobles, l'or, l'argent, le mercure, etc., s'unissent à l'oxygène et à d'autres corps simples à une certaine température, mais une chaleur plus grande ramène ces métaux à l'état de liberté. M. Grove a signalé, à propos de l'eau, une réaction semblable : l'oxygène et l'hydrogène enflammés se combinent pour former l'eau qui se décompose à une température plus élevée. Le refroidissement produit donc sur ces gaz mêlés à une très-haute température le même effet que la chaleur lorsqu'ils sont mélangés à la température ordinaire. Les recherches de M. H. Sainte-Claire Deville et d'autres savants ont montré que la dissociation des éléments par une chaleur intense est un principe universel ;

de sorte que les matières constitutives du soleil ou de notre planète, réduites par la chaleur à l'état gazeux, doivent coexister à l'état libre. Une dissociation plus complète formerait les masses stellaires et nébuleuses dans lesquelles la matière serait réduite à un état encore plus simple que celui que nous révèlent les expériences de laboratoire. En effet, celles-ci nous permettent à peine d'entrevoir la nature complexe de beaucoup des substances que nous nommons corps simples.

On regarde le soleil comme une masse immense de matière gazeuse, dissociée, portée à une température excessive, mais assez condensée pour que sa densité soit un peu inférieure à celle de l'eau; cette matière est probablement dans un état semblable à celui que Cagniard-Latour a observé pour les corps volatiles surchauffés. Le rayonnement calorifique de la surface doit produire un refroidissement superficiel; celui-ci permet la combinaison de certains éléments, la formation de particules solides ou liquides suspendues dans des gaz encore dissociés, et qui, brillant d'une lumière éclatante, forment la photosphère solaire. Ces particules, entraînées vers la masse centrale dont la température est intense, rencontrent de nouveau une chaleur de dissociation. Ainsi la combinaison à la surface est incessamment renouvelée, tandis que la chaleur du soleil se maintient par une lente condensation de sa masse; une diminution de  $\frac{1}{1000}$  de son diamètre, suffisant d'après M. Helmholtz pour entretenir la chaleur actuelle pendant 21000 ans. Cette hypothèse a été soutenue dernièrement par M. Faye, et quoiqu'elle ait rencontré de l'opposition, elle paraît être celle qui s'accorde le mieux avec nos connaissances actuelles sur l'état chimique et physique de la matière dans une

masse gazeuse en condensation. Si nous adoptons cette idée, peu importe que nous supposions, avec la plupart des savants, que les planètes ont été successivement détachées pendant la rotation de la masse primitive, ou que nous admettions, avec M. Chacornac, un mode d'agrégation ou de condensation produisant des soleils et des planètes au sein de la masse nébuleuse. Dans les deux cas, nous concluons que notre terre a été une fois, comme le soleil est aujourd'hui, dans un état gazeux, élevée à une température excessive, lumineuse par elle-même, et soumise à une condensation superficielle jusqu'à ce que, par suite du refroidissement, elle ait atteint le point où la masse gazeuse s'est transformée, au centre du globe, en une masse de matière combinée et liquide.

La terre a probablement été homogène, tant qu'elle est restée à l'état gazeux ; mais quand la température s'est abaissée, les composés chimiques les plus stables, la silice, l'alumine, la chaux, la magnésie et l'oxyde de fer ont dû se former et se liquéfier au centre du globe, tandis que ceux de l'oxygène avec le mercure ou même avec l'hydrogène ne pouvaient encore exister. Le refroidissement continuant, de nouveaux éléments se séparèrent de la masse gazeuse, qui devint l'atmosphère du noyau liquide.

Les matières condensées se distribuèrent suivant leurs poids spécifiques, et l'on peut expliquer ainsi le fait que la densité totale du globe est deux fois celle de sa partie extérieure. Il peut exister au centre du globe des composés dont les éléments sont beaucoup plus pesants et groupés différemment que ceux que nous connaissons.

La suite du refroidissement a peu à peu amené la liquéfaction des éléments non volatiles à la chaleur de nos fourneaux ordinaires, puis une solidification partielle qui

a dû commencer au centre du globe; car la plupart des substances minérales, à l'exception de l'eau, sont plus denses à l'état solide qu'à l'état liquide<sup>1</sup>.

Aucune raison ne nous permet de supposer que les parties profondes du globe soient intervenues d'une manière directe dans la formation des roches de la croûte superficielle. L'écorce, à l'époque de sa première solidification, dut présenter une surface irrégulière par suite de la contraction de la masse pendant sa condensation. Cette masse a fini par former une couche liquide de peu de profondeur autour du noyau solide; elle devait contenir tous les éléments constitutifs des roches, à l'exception de ceux qui étaient encore à l'état gazeux. Aujourd'hui, cette croûte est partout ensevelie sous ses propres ruines, et ce n'est que par des considérations chimiques que nous pouvons tenter de la reconstruire. Les influences auxquelles elle a été soumise et les affinités chimiques mises en jeu sont celles qui se produiraient, si la terre, la mer et l'air réagissaient maintenant les uns sur les autres sous l'influence d'une chaleur intense; il en résulterait évidemment la conversion des carbonates, chlorures et sulfates en silicates, et la mise en liberté du carbone, du chlore et du soufre, sous forme de gaz acides, qui avec l'azote, la vapeur d'eau et probablement un excès d'oxygène formeraient une atmosphère semblable à l'atmosphère primitive. La masse fondue qui en proviendrait devrait contenir toutes les bases sous forme de silicates, et avoir de grands rapports de composition avec certaines scories de fourneaux ou avec des verres volcaniques.

L'atmosphère qui entourait la roche primitive était chargée de gaz acides, et avait une densité très-grande;

<sup>1</sup> Voyez les belles recherches de MM. Hopkins et Fairbairn.

sous cette pression la condensation devait avoir lieu à un point fort au-dessus du point d'ébullition de l'eau, et les dépressions de la croûte à demi refroidie devaient être parcourues par une solution surchauffée d'acide chlorhydrique, dont l'action de décomposition sur les silicates est facile à comprendre. La formation des chlorures des diverses bases et la séparation de la silice sous forme de quartz devaient continuer jusqu'à ce que les affinités de l'acide fussent satisfaites. L'eau de mer se formait en tenant en dissolution des chlorures de calcium et de magnésium, des sels d'aluminium et d'autres bases métalliques.

La composition de l'atmosphère, alors privée de son chlore et de ses composés sulfureux, approchait de celle de notre atmosphère, bien qu'elle en différât par sa plus grande proportion d'acide carbonique.

A ce moment commence la seconde phase de l'action atmosphérique sur la terre; la première était aqueuse, la seconde est aérienne et caractérisée par la décomposition des parties de la croûte primitive, exposées à l'action de l'acide carbonique et de l'humidité de l'air. Cette action convertit les silicates complexes en silicates d'alumine ou argile, tandis que la chaux, la magnésie, les alcalis devenus libres forment des carbonates qui sont dissous et entraînés dans la mer. Le premier effet de ces carbonates a dû être de précipiter l'alumine et les oxydes des métaux pesants; puis la décomposition du chlorure de calcium de l'eau de la mer a produit du carbonate de chaux et du chlorure de sodium. Les roches les plus dures ont été attaquées peu à peu et transformées en argile avec l'aide des agents mécaniques; cependant, cette action fut moins énergique que dans les époques

antérieures, où la plus grande abondance de l'acide carbonique et une température plus élevée favorisaient la décomposition chimique des roches. Mais, dans tous les temps, chaque molécule d'argile formée de la décomposition d'une roche cristalline correspondait à une quantité équivalente d'acide carbonique de l'atmosphère et à certaines quantités de carbonate de chaux et de sel commun provenant du chlorure de calcium de l'eau de mer. Il est intéressant de comparer, à ce point de vue, les eaux de l'Océan moderne à celles de la mer des temps anciens, dont nous connaissons la composition par les eaux marines fossiles, emprisonnées dans les pores des roches stratifiées les plus anciennes. Celles-ci sont plus riches en sel de chaux et de magnésie que celles de la mer actuelle, qui ont perdu le carbonate de chaux qui constitue les calcaires. Une partie de ces roches a cependant été produite par la destruction au contact de l'air des silicates calcaires et magnésiens de l'écorce primitive.

La proportion de l'acide carbonique de l'atmosphère a beaucoup influé sur les modifications de la vie organique, et le perfectionnement des êtres a coïncidé avec la pureté croissante de l'air. Telle était d'abord l'abondance de cet acide que les reptiles actuels n'auraient probablement pu vivre, et que les animaux à respiration aérienne ont dû être organisés d'une manière spéciale. M. Brongniart a constaté l'action purifiante des plantes sur l'atmosphère primitive, et les grands dépôts de combustibles fossiles attestent la décomposition de l'acide carbonique par l'ancienne végétation qui rendit en même temps de l'oxygène à l'atmosphère. Des végétaux voisins des plantes tropicales ont vécu dans les régions polaires. Ce fait remarquable semble maintenant expliqué

par les recherches de M. Tyndall sur la chaleur rayonnante; en effet, ce savant a reconnu que la présence dans l'atmosphère de quelques centièmes d'acide carbonique n'offre qu'un faible obstacle au passage des rayons solaires, tandis qu'elle suffit pour empêcher presque entièrement la perte par radiation de la chaleur obscure; une atmosphère ainsi composée rendrait donc la surface de la terre semblable à une vaste serre chaude, et les régions polaires participeraient aux conditions climatiques nécessaires à une luxuriante végétation.

La composition de l'atmosphère primitive a également influé sur d'autres phénomènes qui se passaient à la surface du globe: ainsi des expériences faites dans une atmosphère artificielle m'ont prouvé que l'abondance de l'acide carbonique favorise la production du gypse. Nous ne pouvons expliquer, sans l'influence de ce gaz, la formation des énormes dépôts de gypse généralement associés à des sels magnésiens.

L'action de l'atmosphère, en décomposant et en désagrégant la surface du globe, l'a recouverte partout de dépôts stratifiés d'origine mécanique ou chimique. Ces roches ont maintenant une épaisseur telle que la quantité de chaleur qui s'échappe de l'intérieur de la terre est inappréciable. Elle a cependant été très-grande dans les temps primitifs, et l'accroissement de la température de la surface au centre de la terre était plus rapide anciennement que maintenant.

La chaleur a dû ramollir les couches profondes, produire de nouvelles réactions chimiques entre leurs éléments et les convertir en roches cristallines ou métamorphiques, telles que le gneiss, le granit, etc. Le granit n'est point, comme on le dit souvent, la roche primitive

ou le *substratum* de la terre ; j'ai déjà montré que la roche primitive est maintenant invisible, et que sa composition a dû être semblable à celle d'une lave ou d'une scorie. Les raisons les plus puissantes confirment l'opinion que le granit est une roche d'origine sédimentaire, c'est-à-dire formée de matériaux déposés par l'eau. Il renferme beaucoup de quartz qui, d'après ce que nous connaissons, ne peut être produit que par voie aqueuse et à une température relativement basse.

Le ramollissement et la fusion des couches profondes est accompagné d'un dégagement de gaz (acides carbonique et chlorhydrique, composés sulfureux, etc.) causé par la réaction des éléments des roches sédimentaires chauffées en présence de l'eau, contenue dans leurs pores. Nous avons ainsi une explication du phénomène chimique des volcans ; ces derniers sont des issues par lesquelles s'échappent les roches fondues et les gaz.

S'il n'y a pas de dégagement de gaz, les roches plus ou moins ramollies se solidifient en place ou dans les fentes des couches qui les recouvrent, elles constituent alors les roches éruptives ou plutoniques, telles que le granit et le basalte.

Cette théorie a été entrevue, il y a une trentaine d'années, par Sir John F. W. Herschell. La solidité du noyau central, les faits nombreux dont j'ai parlé dans ces dernières années, les déductions mathématiques et astronomiques de M. Hopkins de Cambridge, les travaux de M. Pratt, ceux du professeur Thompson sur la théorie des marées, tout nous amène à conclure que les phénomènes volcaniques et plutoniques ont leur siège dans la zone profonde ramollie des dépôts sédimentaires et non dans le noyau central. Si la terre n'est pas solide à l'intérieur,

elle doit avoir une écorce de plusieurs centaines de milles d'épaisseur, qui exclut le centre de toute participation aux phénomènes plutoniques de la surface, hormis ceux qui résultent de l'influence de sa haute température communiquée, par la conductibilité, aux dépôts sédimentaires qui le recouvrent.

Le problème si longtemps discuté par les Huttoniens et les Wernerien, semble maintenant résolu : les premiers maintenaient l'origine ignée du gneiss, du micaschiste, de la serpentine, etc., et attribuaient au feu la formation des filons métallifères ; les seconds niaient l'influence de l'action ignée sur le globe et faisaient dériver toutes les roches d'un magma aqueux primitif ; mais nous, éclairés par les faits que nous venons d'exposer, nous rendons justice aux deux partis. Nous reconnaissons l'action de l'eau et celle des solutions acides sur la masse plutonique primitive, et nous avons vu aussi que les sédiments aqueux qui en résultent, sont transformés par le feu en roches cristallines et en roches plutoniques ou volcaniques, lorsqu'ils s'enfoncent profondément dans l'intérieur du globe.

La démonstration de ces phénomènes est conforme aux lois de la nature et aux observations de la physique et de la géologie.

**OBSERVATIONS**  
SUR LE  
**BOURDONNEMENT ÉLECTRIQUE**  
DES MONTAGNES<sup>1</sup>

PAR  
M. HENRI DE SAUSSURE.

---

Le 22 juin 1865, partant de Saint-Moritz (Grisons), je fis l'ascension du Piz Surley, montagne composée de roches cristallines dont le sommet, plus ou moins conique, atteint une altitude de 3200 mètres.

Pendant les journées précédentes, le Nord avait régné avec persistance ; le 22, le vent devint variable et le ciel se chargea de nuages errants. Vers midi, ces vapeurs augmentèrent et se pelotonnèrent au-dessus des sommets les plus élevés en se tenant d'ailleurs assez hautes pour ne pas voiler la plus grande partie des aiguilles et des pics de l'Engadine sur lesquels tombèrent bientôt quelques averses locales. Leur aspect de *vapeurs poussiéreuses* avec une demi-transparence nous fit supposer qu'il ne s'agissait que de giboulées de neige ou de grésil.

<sup>1</sup> Les observations qui suivent avaient été communiquées par correspondance à M. J. Fournet, qui les a introduites dans ses notices sur les *Régions électriques*, publiés dans les *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome XLIV, 1867. Nous les donnons ici avec quelques modifications et envisagées à un point de vue plus spécial.

En effet, vers une heure du soir, nous fûmes nous-mêmes assaillis par un grésil fin, clair-semé, en même temps que des giboulées analogues enveloppaient la plupart des aiguilles de rochers tels que les Piz Ot, Piz Julier, Piz Languard, etc., les cimes neigeuses de la Bernina, et qu'une forte averse de pluie fondait sur la vallée de Saint-Moritz.

Le froid augmentait et, à une heure et demie, quand nous fûmes arrivés au sommet du Piz Surley, la chute du grésil devenant plus abondante, nous nous disposâmes à prendre notre repas, et nous appuyâmes nos bâtons contre une petite pyramide en pierres sèches qui couronne la cime de la montagne. Presque au même instant j'éprouvai dans le dos, à l'épaule gauche, une douleur fort vive, comme celle que produirait une épingle enfoncée lentement dans les chairs, et quand j'y portai la main sans rien trouver, une douleur analogue se fit sentir à l'épaule droite. Supposant que mon pardessus de toile contenait des épingles, je le jetai ; mais, loin de me trouver soulagé, je sentis que les douleurs augmentaient, envahissant tout le dos, d'une épaule à l'autre : elles étaient accompagnées de chatouillements, d'élançements douloureux, comme ceux qu'aurait pu produire une guêpe qui se serait promenée sur ma peau en me criblant de piqûres. Otant à la hâte mon second paletot, je n'y découvris rien qui fût de nature à blesser les chairs. La douleur qui persistait toujours prit alors le caractère d'une brûlure. Sans y réfléchir davantage, je me figurai, sans pouvoir l'expliquer, que ma chemise de laine avait pris feu et j'allais donc jeter le reste de mes vêtements, lorsque notre attention fut attirée par un bruit qui rappelait les stridulations des bourdons. C'étaient nos trois bâtons qui,

appuyés au rocher, *chantaient* avec force, émettant un bruissement analogue à celui d'une bouilloire dont l'eau est sur le point d'entrer en ébullition. Tout cela pouvait avoir duré quatre ou cinq minutes.

Je compris à l'instant que mes sensations douloureuses provenaient d'un écoulement électrique très-intense qui s'effectuait par le sommet de la montagne. Quelques expériences improvisées sur nos bâtons ne laissèrent apercevoir aucune étincelle, aucune clarté appréciable de jour, ils vibraient avec force dans la main et rendaient un son très-prononcé ; qu'on les tint dirigés verticalement, la pointe de fer soit en haut soit en bas, ou bien horizontalement, les vibrations restaient identiques, mais aucun bruit ne s'échappait du sol.

Le ciel était devenu gris dans toute son étendue, quoique inégalement chargé de nuages. Quelques minutes après, je sentis mes cheveux et les poils de ma barbe se dresser en me faisant éprouver une sensation analogue à celle qui résulte d'un rasoir passé à sec sur des poils raides. Un jeune Français qui m'accompagnait s'écria qu'il sentait tous les poils de sa moustache naissante et que, du sommet de ses oreilles, il partait des courants très-forts. En élevant la main, je sentais des courants non moins prononcés s'échapper de mes doigts. Bref, une forte électricité s'écoulait des bâtons, habits, oreilles, cheveux et de toutes les parties saillantes de nos corps.

Un seul coup de tonnerre se fit entendre vers l'ouest dans le lointain. Nous quittâmes la cime de la montagne avec une certaine précipitation et nous descendîmes une centaine de mètres. A mesure que nous avançons, nos bâtons vibraient de moins en moins fort, et nous nous ar-

rêtâmes lorsque leur son fut devenu assez faible pour ne plus être perçu qu'en les approchant de l'oreille.

La douleur au dos avait cessé dès les premiers pas de la descente, mais j'en conservais encore une impression vague.

Dix minutes après le premier, un second roulement de tonnerre se fit entendre encore à l'ouest dans un grand éloignement et ce furent les seuls. Aucun éclair ne brilla. Une demi-heure après notre départ de la cime, le grésil avait cessé, les nuages se rompaient et, à deux heures trente minutes, nous atteignîmes de nouveau le point culminant du Piz Surley pour y trouver le soleil.

Nous jugeâmes que le même phénomène avait dû se produire sur toutes les aiguilles formées par des rochers élancés; car toutes étaient, comme celle que nous occupions, enveloppées par des tourbillons de grésil, tandis qu'il ne se produisait plus aucune condensation dans le reste du ciel et que les grandes cimes neigeuses de la Bernina, auxquelles adhéraient des nuages pelotonnés, semblaient aussi en être exemptes. Mais, le même jour, un violent orage se déchaînait dans les Alpes bernoises, où une dame anglaise fut foudroyée. A l'horizon, divers pics, surtout les plus aigus, tels que le Piz Ot et le Piz Languard, continuèrent à être enveloppés par des giboulées de grésil, lors même que le ciel commençait partout à bleuir.

J'ai été témoin d'un autre cas d'écoulement de l'électricité par le sommet des montagnes lorsque je visitai, il y a plusieurs années, le Nevado de Toluca au Mexique; mais ici le phénomène avait plus d'intensité encore, comme on pouvait s'y attendre, puisqu'il se passait sous les tropiques, à une altitude d'environ 4500 mètres.

Qu'il me soit permis de rappeler ici ce que j'en ai dit ailleurs<sup>1</sup>.

Au mois d'août 1856, je fis, avec M. Peyrot, l'ascension du Nevado de Toluca. Nous étions en pleine saison des pluies et il était presque imprudent de tenter cette expédition à ce moment.

Nous atteignîmes le sommet sans que le ciel parût menaçant, quoiqu'on y vit errer quelques cumuli et que des brouillards rasassent par moment les aiguilles qui couronnent la montagne. Nous nous assîmes au bord du cratère pour rétablir nos forces et pour jouir un instant du spectacle grandiose qui se déroulait à nos pieds. Du haut des arêtes nous plongeons de l'œil dans cet immense amphithéâtre, dont le foyer, depuis longtemps éteint, est maintenant occupé par deux petits lacs vers lesquels nous nous apprêtions à descendre. Un vent froid et désagréable remontait de ce gouffre, et pendant que nous prenions notre maigre repas, nous vîmes une nuée épaisse pénétrer dans le cratère par son échancrure sud-est et remonter vers nous en léchant les parois de l'amphithéâtre. Bientôt nous fûmes enveloppés d'un brouillard glacial. Surpris par ce symptôme menaçant, nous vîmes que nous n'avions pas un instant à perdre si nous voulions visiter le cratère, et je commençai à me dévaler à travers les éboulis qui conduisent dans la profondeur de l'amphithéâtre. Mais à peine fus-je parvenu à mi-côte que l'orage, éclatant avec une soudaineté surprenante, m'obligea à remonter au plus tôt vers le point de départ.

Ce fut d'abord une pluie fine, puis un petit grésil chassé par un vent violent. En un clin d'œil la montagne

<sup>1</sup> Coup d'œil sur l'hydrologie du Mexique, 1<sup>re</sup> partie (note A).

blanchit et le froid devint intense. Les coups de tonnerre qui s'étaient d'abord succédé par intervalles, roulèrent bientôt presque sans interruption et avec un fracas épouvantable, surtout lorsqu'ils sortaient de l'amphithéâtre du cratère, où je vis plonger, à plusieurs reprises, la lueur de l'éclair. Sans aucun abri au milieu de ces rochers nus, sans même un bloc derrière lequel nous blottir, il ne nous restait qu'à nous asseoir sur la terre en tournant le dos au grésil. Au bout de quelque temps, le froid devint insupportable, et l'épouvante dont la tempête nous remplissait nous chassa du sommet, quoique nous n'eussions point terminé nos observations. Pendant que nous descendions rapidement les rochers du sommet du Nevado, la pluie succéda un instant au grésil. Comme nous longions un petit ravin pierreux <sup>2</sup> formé par d'anciennes coulées de trachyte et où commence la végétation des herbes, l'orage parut se calmer un instant; les coups de tonnerre cessèrent ou s'éloignèrent, et nous vîmes avancer un nuage gris; il passa au-dessus de nous en nous enveloppant et fut accompagné de grésil. Aussitôt on vit les cheveux de nos Indiens s'agiter comme pour se soulever, et nous éprouvâmes diverses sensations électriques à la barbe et aux oreilles. On entendit ensuite un bruit sourd, indéfinissable, d'abord faible quoique général, mais bientôt plus fort et très-distinct. C'était une crépitation universelle, comme si les petits cailloux de toute la montagne se fussent entre-choqués. Nos Indiens terrifiés donnaient

<sup>1</sup> Je dois ici modifier ce passage pour plus de précision. J'avais écrit dans ma précédente notice : « Comme nous suivions une vallée pierreuse. » Il ne s'agissait que d'une légère dépression du sol, dont nous suivions le bord, c'est-à-dire presque l'arête. Le mot « vallée » dit trop et serait mal compris.

dans leurs propos un libre cours à leur superstition, et il est de fait que la rumeur qui régnait alors dans la montagne avait quelque chose d'inquiétant. Ce phénomène dura cinq ou six minutes, puis la pluie et les coups de tonnerre recommencèrent de plus belle.

Lorsque nous eûmes atteint la limite supérieure des forêts, l'orage devint plus supportable quoiqu'il tombât une de ces pluies diluviennes caractéristiques de la saison chaude sous les tropiques.

M. F. Craveri, physicien italien, établi à Mexico, qui avait fait avant moi l'ascension du Nevado de Toluca, à l'entrée de la saison des pluies, me raconta qu'il avait été témoin des mêmes faits dont il se souvenait avec terreur. L'état électrique était plus violent encore. Le 19 mai 1845 ce voyageur monta au Nevado de Toluca par le côté sud-est, en partant de Tenango, et il redescendit par le versant nord-ouest sur Toluca. Le versant sud-ouest était dépourvu de neige en cette saison.

Le phénomène électrique fut amené subitement par un nuage arrivant de l'ouest et qui avait peut-être pris naissance sur les champs de neige de ce versant. A peine les voyageurs en furent-ils enveloppés qu'ils éprouvèrent la sensation que produit l'électricité, et celle-ci fut presque immédiatement suivie d'un bruit sourd. Ils sentirent à toutes leurs extrémités, aux doigts, au nez, aux oreilles, des courants électriques confus. La crainte qui les saisit alors au milieu de ces solitudes élevées leur fit immédiatement commencer la descente d'un pas précipité. Le tonnerre ne grondait pas encore; mais, au bout de cinq minutes, *il tomba une neige semblable à du riz*, et le nuage communiquant son électricité au sol, il s'éleva de celui-ci le même bruit que j'ai indiqué ci-dessus. Ce bruit

fut très-intense et il paraissait général dans toute la montagne. Les longs cheveux des Indiens se tenaient raides et hérissés, donnant à la tête de ces gens une grosseur énorme. La vue de ce phénomène ajoutait à la terreur panique des personnes qui avaient pensé trouver du plaisir dans cette expédition.

Le bruit si singulier qui se fait entendre dans les rochers des montagnes au moment du phénomène électrique, mérite d'être étudié par des physiiciens compétents. Il ressemble au claquement que produiraient de petits cailloux s'ils s'entre-choquaient en étant alternativement attirés et repoussés par l'électricité ; mais il me paraît certain qu'il tient à une sorte de crépitation ou de pétitement de l'électricité qui s'échappe par les aspérités du sol rocailleux.

Une troisième observation du même genre est due à M. Craveri qui fut surpris par le même météore près du sommet du Popocatepetl, le 15 septembre 1855, avec cette différence que, la scène se passant sur des champs de neige, le bruit de la crépitation du sol ne se produisait pas.

Voici maintenant les faits analogues qui sont parvenus à ma connaissance :

En 1767, H.-B. de Saussure visita le sommet du Brévent en compagnie de Pictet et Jalabert<sup>1</sup>.

Les voyageurs y furent électrisés directement au point qu'en étendant la main ils éprouvaient des picotements au bout des doigts ; l'électricité s'en échappait avec un certain frémissement. Bientôt on put tirer des étincelles du

<sup>1</sup> Voyage dans les Alpes, tome II.

bouton d'un galon d'or qui entourait le chapeau de l'un d'eux, ainsi que de la ferrure d'un bâton de montagne.

Ces effets furent attribués à un grand nuage orageux qui occupait la région moyenne du Mont-Blanc, et qui peu à peu s'étendit jusqu'au-dessus du Brévent.

A douze toises au-dessous de la cime de la montagne, l'électricité ne se faisait plus sentir. L'orage gronda autour du Mont-Blanc; mais sur le Brévent il ne tomba qu'une petite pluie de courte durée, et l'orage se dissipa.

Il est facile de voir par ce récit que l'orage ne régnait pas au-dessus du Brévent au moment de l'observation, puisqu'il ne tombait pas de pluie, mais que sur ce point l'électricité se déchargeait en courant continu par la cime de la montagne.

En juillet 1863, M. Spence Watson, visitant le col de la Jungfrau avec quelques guides, fut assailli par un ouragan accompagné de grêle et de neige. Les bâtons se mirent à *chanter*; les voyageurs éprouvèrent des sensations de chaleur à différentes parties du corps<sup>1</sup>, surtout à la tête, et les cheveux se tenaient hérissés; un guide ôta son chapeau en criant que sa tête brûlait; un voile se tenait dressé en l'air. Il s'échappait aussi des courants électriques par le bout des doigts des voyageurs. Les coups de tonnerre (dans le lointain, puisqu'on ne vit pas d'éclair) interrompaient un instant le phénomène. Enfin, on ressentit des secousses, et M. Watson eut le bras droit paralysé pendant quelques minutes. Ce bras resta plusieurs heures le siège de vives douleurs<sup>2</sup>. Pendant ce

<sup>1</sup> Cette sensation de chaleur me semble être de même espèce que la douleur que j'éprouvais dans le dos.

<sup>2</sup> *Alpine Journal*, septembre 1863.

temps, la neige tombait en sifflant comme la grêle<sup>1</sup>. Mais ce qu'il y eut de plus remarquable, c'est que la neige émettait un bruit, un pétilllement analogue à celui d'une vive ondée de grêle, évidemment l'analogue de celui qu'émettait le sol du Nevado de Toluca dans l'observation ci-dessus décrite. Le phénomène dura vingt-cinq minutes. Il n'eut d'autre suite fâcheuse que la brûlure du visage des voyageurs, dont ils souffrirent comme s'ils avaient été exposés au soleil sur la neige.

M. Forbes en passant par le St-Théodule entendit le chant des bâtons, et, en juillet 1856, M. Alizier de Genève fut témoin du même phénomène, près du sommet de l'Oldenhorn, par un ciel couvert où se préparait un orage qui éclata une heure après et qui fut mêlé de grêle<sup>2</sup>.

Nous ne parlerons pas de l'orage durant lequel le colonel Buchwalder et son aide furent foudroyés sur le Sentis, parce qu'il s'agit ici d'un phénomène différent qui appartient plutôt à la catégorie de la foudre.

Mais les illuminations nocturnes des rochers rentrent probablement dans le phénomène d'écoulement électrique par les cimes culminantes. M. Fournet cite à ce sujet la belle illumination des rochers des Grands-Mulets (Mont-Blanc), observée par M. Blackwall, dans la nuit du 11 août 1854, et qui fut accompagnée d'étincelles. En revanche, le phénomène de l'électricité étalée sur les lacs<sup>3</sup> et sur les plaines très-sèches des plateaux élevés, ne nous paraît pas d'une nature identique. Enfin, le fait étonnant

<sup>1</sup> Probablement de la neige ressemblant à du riz, du grésil.

<sup>2</sup> Voyez l'*Echo des Alpes*, 1865, n° 4, la notice de M. C.-M. Briquet, *Sur les phénomènes électriques qui accompagnent les orages à de grandes altitudes*, où ces observations sont recueillies et rapprochées. Genève, 1865.

<sup>3</sup> Voyez Fournet, *loc. cit.*, p. 634.

de l'électricité galopante, courant sur les prairies, observé par M. Quiquerez près Courtamon, pourrait être envisagé comme une variété de la foudre, une foudre en miniature résultant de ce que le nuage électrisé rasait la terre et se déchargeait sur toute sa surface par mille étincelles qu'on voyait courir sur les prés. Il est probable que ces phénomènes doivent se diviser en plusieurs catégories, dont les causes ne sont pas identiques. Les uns proviennent d'une tension statique, les autres d'une série de décharges qui ont quelque analogie avec la foudre.

Le phénomène du *chant des bâtons* ou du bourdonnement du sol constitue encore une autre espèce. Il n'a été observé que sur le sommet des montagnes ou sur des arêtes culminantes, jamais, que je sache, dans les plaines ou au fond des vallées. Il suppose une action dynamique continue, soit un écoulement du fluide vers les nuages par les conducteurs terrestres les plus saillants, sensiblement différent des tensions statiques et des décharges saccadées.

Si l'on rapproche les observations que nous venons d'indiquer, on y remarquera divers traits communs.

1° L'écoulement de l'électricité par les rochers culminants des montagnes se produit par un ciel couvert, chargé de nuages bas, enveloppant les cimes, ou passant à une petite distance au-dessus d'elles, mais sans qu'il y ait des décharges électriques au-dessus du lieu où se produit l'écoulement continu. Il semble donc que, lorsque cet écoulement peut se produire, il soulage assez la tension électrique pour empêcher la foudre de se former.

2° Dans tous les cas observés le sommet de la montagne était enveloppé par une giboulée de grésil, ce qui

doit faire supposer que l'écoulement continu de l'électricité du sol vers les nuages n'est pas étranger à sa formation et probablement aussi à celle de la grêle.

Au Piz Surley et au Nevado de Toluca il tombait du grésil, ou de la neige analogue à du riz, et au col de la Jungfrau la neige tombait *en sifflant comme de la grêle*, ce qui semble indiquer qu'il tombait plutôt du grésil que de la neige.

Sans doute, on doit faire la part de la température plus élevée des vallées où le grésil allant se fondre tourne à l'état de pluie, mais nous croyons cependant que dans ces cas particuliers que nous venons d'indiquer le phénomène de la pluie tombant dans la vallée et du grésil des aiguilles isolées ne tiennent pas à une condensation s'effectuant suivant des lois identiques dans toute l'étendue du ciel. Ainsi, en particulier, pendant l'observation du 22 juin 1865, je voyais à l'horizon toutes les aiguilles de rochers, quoique isolées et très-éloignées les unes des autres, enveloppées d'une poussière de grésil qui persista fort longtemps, tandis que dans le reste du ciel toute condensation avait cessé, et que dans la vallée il ne tomba qu'une forte ondée de pluie de très-courte durée.

D'ailleurs le phénomène qui se passait autour des cimes de rochers était bien différent de celui qui inondait les vallées. Autour des pyramides élevées c'étaient des colonnes d'un grésil fin et très-clair-semé ; dans la vallée une grosse pluie abondante, comme n'en aurait pas produit le grésil clair-semé des cimes s'il avait tourné à l'état de pluie. Autour des pyramides par lesquelles s'écoulait l'électricité la condensation offrait donc le caractère spécial d'être peu abondante, poussiéreuse (grésil fin) et plus persistante que dans le reste du ciel.

Le phénomène électrique qui vient d'être décrit et qu'on pourrait nommer le *bourdonnement des montagnes*, ne paraît pas rare dans les hautes régions, sans cependant être très-fréquent. Parmi les guides et les chasseurs que j'ai interrogés à ce sujet, les uns ne l'avaient jamais observé, d'autres ne l'avaient entendu qu'une ou deux fois dans leur vie. Mais il est juste d'ajouter qu'il se présente précisément dans les journées où le ciel menaçant éloigne les voyageurs des points culminants.

---

SUR LA  
**PRODUCTION DE CHALEUR DANS L'AIR**  
TRAVERSÉ  
**PAR DES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES**

PAR

M. J.-C. POGGENDORFF

(*Annales de Poggendorff*, mai 1867, t. CXXXIII, p. 107, n<sup>o</sup> 9) <sup>1</sup>.

---

Si je me permets de revenir encore sur un sujet dont j'ai déjà entretenu l'Académie à deux reprises, en 1855 et en 1861, c'est qu'il est devenu susceptible d'un nouveau développement depuis l'heureuse découverte de M. Holtz.

Mes recherches antérieures sur le dégagement de chaleur des étincelles électriques s'étaient bornées à celles faites avec l'inducteur, parce que je n'avais pas à ma disposition des étincelles d'une autre origine en quantité suffisante. J'avais bien cherché par tous les moyens imaginables d'utiliser les étincelles de la machine électrique ordinaire; mais cet appareil s'est présenté comme une source d'électricité tellement pauvre que tout essai en vue de déterminer la température des étincelles, ou seulement la différence de température des pôles, a complètement échoué.

Cet inconvénient est maintenant écarté d'une manière

<sup>1</sup> Nous reproduisons en entier le mémoire intéressant de M. Poggendorff, en le faisant suivre de quelques remarques. (*Réd.*)

très-satisfaisante. La machine électrique inventée par M. Holtz, la machine par influence ou — comme M. Riess propose de la nommer — la machine électrophorique, fournit de l'électricité qui possède tous les caractères de l'électricité de frottement, et cela en si grande abondance que l'on peut étudier sans équivoque tous les phénomènes qui accompagnent les étincelles.

M. Holtz a déjà montré, bien qu'il ne l'ait pas mesurée, que les étincelles de sa machine dégagent une quantité considérable de chaleur. Ainsi, en les faisant passer par un tube de verre, ce dernier s'échauffait tellement qu'il enflammait une allumette à friction mise en contact avec lui, et qu'en les faisant sauter entre les pointes aiguës de deux électrodes très-rapprochées, elles pouvaient allumer du phosphore et du coton-poudre.

J'ai confirmé cette expérience par un essai préliminaire avec un thermomètre qui, placé entre deux électrodes sphériques distants de 12<sup>mm</sup>, s'élevait en une demi-minute de 15° à 20°.

Ce dégagement de chaleur si nettement accusé me donna l'espérance de pouvoir obtenir un résultat satisfaisant avec la machine par influence quant à la différence de température entre les deux pôles, dont on n'a encore aucune donnée pour l'étincelle de l'électricité de frottement, et mon espérance n'a point été trompée.

On sait que les étincelles par induction sont beaucoup plus chaudes au pôle négatif qu'au pôle positif, tandis que l'inverse<sup>1</sup> a lieu pour les étincelles de la pile voltaïque,

<sup>1</sup> On n'a pas encore pu jusqu'à présent mesurer la température des étincelles de la pile de Volta, et il n'y a guère de probabilité qu'on puisse jamais le faire, parce que, même avec les appareils les plus puissants, elles n'ont qu'une longueur excessivement petite. Gassiot,

ou du moins pour ses pôles. La question revenait donc à savoir comment se comporteraient, à cet égard, les étincelles de la machine par influence.

De plus, j'ai montré précédemment que les étincelles par induction *directes* sont beaucoup plus chaudes que les étincelles *modifiées* ou obtenues avec le concours de la bouteille de Leyde ; et ces dernières, qu'on peut considérer d'une manière générale comme des décharges de la bouteille, ne permettent pas de distinguer la différence de température des pôles des premières, mais plutôt une différence en sens inverse, bien que faible.

Enfin, mes expériences antérieures ont prouvé que la chaleur des étincelles avec l'inducteur, toutes choses égales d'ailleurs, varie selon la nature et la forme des électrodes.

Toutes ces circonstances appliquées aux étincelles de l'électricité de frottement n'ayant point encore été examinées, cela m'a engagé à en faire l'objet d'une étude spéciale.

La manière de procéder dans ces recherches était, comme précédemment, *mutatis mutandis*. De même qu'avec l'inducteur, il ne peut pas être question ici d'une mesure proprement dite, mais seulement d'une appréciation du plus et du moins, ce qui, au fond, suffit pour le but que j'ai en vue.

Entre les deux pôles, et beaucoup plus près de l'un que de l'autre, souvent même en contact avec lui, était placé un thermomètre très-sensible, dont l'indication res-

à l'aide de sa batterie à eau de 3250 auges, n'a pu obtenir des étincelles que de 0,02 pouce anglais de longueur. On peut donc renoncer à pouvoir jamais saisir une différence de température des pôles pour l'étincelle de Volta.

tait invariable pendant toute la durée d'une série d'expériences; quand on voulait changer le pôle dont on étudiait la température, on renversait la direction du courant.

Dans ce but on faisait décrire au disque fixe une rotation de  $180^\circ$ , ou bien, ce qui était plus commode, pendant que la machine était en activité on approchait du disque fixe par derrière et pour quelques instants une feuille de carton recouverte d'étain. Si cette feuille de carton est assez grande pour que les extrémités atteignent les deux bords de papier dentelés, le courant change de sens presque toujours immédiatement, ou bien, si cela n'a pas lieu et si le courant se borne à disparaître, on peut très-facilement le développer en sens inverse au moyen du caoutchouc durci frotté; ce qui sans cela serait assez difficile.

Il serait plus simple, au lieu de renverser le courant, de lui laisser sa première direction et de transporter le thermomètre d'un pôle à l'autre. Mais on n'est jamais sûr alors que le thermomètre ait la même position à l'égard des deux pôles; or une différence rendrait le résultat incertain.

Avant de commencer l'expérience on faisait communiquer les deux électrodes au moyen d'un arc métallique muni d'une poignée isolée: la machine était alors mise en activité, et lorsqu'à un moment déterminé d'avance on enlevait l'arc métallique, le courant d'étincelles passait immédiatement et le thermomètre commençait à monter.

Comme l'effet de la machine dépend essentiellement de la rapidité de rotation du disque, il faut nécessairement que cette rapidité soit aussi constante que possible pendant les expériences qui doivent être comparées. On atteindrait ce but le plus sûrement au moyen d'un mouve-

ment d'horlogerie; mais cet arrangement serait difficile et dispendieux. J'ai dû me borner à tourner avec la main et j'ai rendu le mouvement aussi uniforme que possible à l'aide d'un pendule comparé avec un chronomètre. En faisant douze tours de manivelle en quinze secondes, j'obtenais une vitesse  $6 \frac{1}{2}$  fois plus grande, pour le disque de verre tournant, au moyen des poulies et des transmissions de mouvement. Les mêmes nombres que j'ai obtenus, en répétant plusieurs fois la même expérience, prouvent la constance de la rapidité, et par conséquent aussi celle de l'effet de la machine que l'on peut atteindre.

Les thermomètres que j'ai employés étaient à réservoirs ellipsoïdaux de  $4^{\text{mm}},5$  et  $5^{\text{mm}},5$  de diamètre horizontal. La distance d'un thermomètre à l'un des pôles était de 0 ou  $1^{\text{mm}}$ , tandis qu'il était, tantôt à  $7^{\text{mm}}$ , tantôt à  $13^{\text{mm}}$ , de l'autre pôle. Il n'est pas prudent d'augmenter la distance, parce que, ou bien le courant disparaît, ou bien il risque de changer de sens.

Pour mesurer la différence de température des pôles, j'ai suivi trois méthodes différentes :

Ou bien je mesurais successivement au pôle positif et au pôle négatif l'élévation de température obtenue dans un temps donné ;

Ou bien je comptais le nombre de tours de la manivelle nécessaires pour élever aux deux endroits le thermomètre d'un certain nombre de degrés ;

Ou bien j'entretenais le courant assez longtemps, pour que le thermomètre à l'un et à l'autre pôle atteignit un maximum.

Chacune de ces méthodes a des avantages et des inconvénients, dans le détail desquels je n'entrerai pas ici. En général, j'employais les deux dernières.

La présence d'un thermomètre entre les pôles de la machine exerce sur la décharge une influence d'une grande importance à l'égard de la mesure de la température; influence qui n'existe pas au même degré avec les étincelles de l'inducteur.

En effet, quand on place un thermomètre entre les pôles de la machine, les étincelles ne sont pas visibles du tout, ou bien elles ne tardent pas à disparaître en se transformant, avec accompagnement d'un sifflement particulier, en un faisceau invisible de jour et de temps à autre accompagné d'étincelles.

On ne peut donc pas dire, dans ces expériences, qu'on cherche à déterminer *la chaleur des étincelles*, sans compter que les décharges directes de la machine ne constituent pas des étincelles proprement dites.

La perturbation exercée par le thermomètre varie selon la position qu'il occupe entre les pôles: elle est plus grande quand il est rapproché de ces derniers, et plus grande près du pôle positif que près du négatif; elle varie en outre selon la forme, la grandeur et la distance réciproque des électrodes.

Cette perturbation se manifeste aussi en dehors du trajet des étincelles. On peut à volonté détourner les étincelles à droite ou à gauche au moyen d'un thermomètre ou d'une baguette de verre.

Selon les circonstances cette influence peut aussi s'exercer dans le sens inverse. Des faisceaux peuvent être transformés en étincelles. C'est ce que j'ai observé avec des électrodes terminées par des boules de 3,5<sup>mm</sup> de diamètre et distantes l'une de l'autre de 13,5<sup>mm</sup>. En plaçant un thermomètre au milieu de l'intervalle, le faisceau invisible

de jour se transformait sur-le-champ en étincelles brillantes.

De même avec des boules de 20<sup>mm</sup> de diamètre à 25<sup>mm</sup> de distance qui ne donnaient lieu qu'à une décharge invisible dans l'obscurité, j'ai déterminé l'apparition d'un faisceau en plaçant une baguette de verre près du pôle positif, et des étincelles en la portant près du pôle négatif.

Cet effet n'est pas particulier au verre ; il est produit par tout autre corps isolant qu'on place entre les pôles de la machine. J'ai eu l'occasion dernièrement de l'observer sous des formes très-élégantes.

Des électrodes pointues à une distance d'environ 30<sup>mm</sup> ne donnent lieu, comme on sait, qu'à une décharge phosphorescente à peine visible. Si l'on remplit un tube de verre de coton non filé sans le tasser, de manière qu'il forme un bouchon lâche, et qu'on le porte entre les pointes, on obtient, sous l'influence du courant, des étincelles brillantes qui parcourent les pores du coton en traçant les ramifications les plus gracieuses. Il n'est pas nécessaire pour cela que les pointes touchent le coton ; le phénomène a encore lieu quand elles sont à une distance de 2<sup>mm</sup>. On voit distinctement les étincelles sortir des pointes. Les décharges d'une bouteille de Leyde traversent, cela va sans dire, le coton avec la même facilité en sortant des pointes ; seulement les étincelles sont plus brillantes et plus concentrées.

Le soufre, la pierre ponce, le verre et d'autres corps isolants se comportent comme le coton, quand, introduits en poudre grossière dans le tube de verre, on les place entre les pointes des électrodes.

C'est avec le sucre en pain que le phénomène est le plus beau. Il devient lumineux en offrant une belle lumière bleue, même avant que les pointes le touchent, et la lumière est encore plus brillante quand on a recours à la bouteille de Leyde.

Cette expérience rappelle celle plus ancienne de l'œuf lumineux, qui est évidemment de même nature, mais qui n'est pas aussi frappante.

J'avais cru d'abord pouvoir éviter l'influence perturbatrice du thermomètre sur les décharges, en recouvrant le réservoir de ce dernier d'un enduit métallique. Mais l'argenture du réservoir que M. le prof. Quincke a bien voulu faire sur ma demande n'a pas donné le résultat désiré. La perturbation a bien paru diminuée, mais elle n'a point cessé entièrement. Un enduit de gélatine a été aussi sans effet.

Des expériences antérieures aussi bien que celles que j'ai encore à décrire, mettent hors de doute que l'influence du thermomètre sur la conformation des étincelles s'étend en outre sur l'effet calorifique de ces dernières, et il était à craindre en particulier que la différence de température des pôles en fût modifiée, puisque le changement dans la forme de la décharge varie selon que le thermomètre se trouve près du pôle positif ou près du pôle négatif.

Toutefois je suis fondé à croire que, quand même l'amplitude de la différence de température peut avoir éprouvé un changement, le caractère en est resté le même, de sorte que les conséquences que je tirerai des observations subséquentes, seront parfaitement justes, malgré l'influence perturbatrice du thermomètre.

Je suis encouragé dans cette manière de voir par une

quatrième méthode d'observation que j'ai plus particulièrement employée en dernier lieu.

Cette méthode consiste à placer simultanément deux thermomètres : c'est-à-dire un à proximité de chaque électrode. Il est évident que par là on n'évite pas la conversion des étincelles en faisceau ; mais elle doit être la même quelle que soit la direction du courant entre les électrodes, pourvu que les thermomètres soient semblables et que leur distance respective des pôles soit égale. On ne peut pas, il est vrai, satisfaire rigoureusement à cette dernière condition d'une manière directe, mais on obtient indirectement une grande approximation en faisant passer le courant successivement dans l'une et dans l'autre direction, ce qui revient à changer la position des thermomètres à l'égard des pôles, et en prenant la moyenne des observations dans les deux alternatives.

Cette moyenne donne évidemment l'expression fidèle, sinon de la valeur numérique de la différence de la température des pôles, du moins son caractère, pourvu que les électrodes soient semblables, ce qui est toujours sous-entendu dans la suite, à moins que le contraire ne soit spécialement indiqué.

Cette quatrième méthode se recommande d'ailleurs en outre, en ce qu'elle met directement en vue la différence de température des pôles, si l'on veut l'examiner pour un cas particulier et même indépendamment de la rapidité imprimée à la rotation de la machine. Elle donne en même temps la certitude que cette différence n'est pas suscitée par un changement dans l'intensité du courant, car le courant doit évidemment conserver la même intensité quelle que soit sa direction entre les thermomètres, dès que ces derniers et les électrodes sont récipro-

quement semblables. Il n'en résulte pas toutefois que l'on trouve la même différence de température avec deux thermomètres que celle qu'on trouve avec un seul. Ce résultat n'est pas probable en présence de la différence de résistance qu'on oppose au courant.

Dans les expériences qui suivent on n'a pas eu égard à la matière des électrodes. Ils étaient ordinairement de laiton et se terminaient ou bien par des boules de différentes grandeurs, ou bien par des cônes plus ou moins pointus.

Les boules avaient un diamètre de 14, 20 et 52<sup>mm</sup>, et les cônes une hauteur de 6 et 17<sup>mm</sup> pour 6<sup>mm</sup> de diamètre à la base.

Avant l'expérience, tous ces pôles étaient soigneusement frottés avec une peau et de l'émeril.

Depuis l'automne dernier, j'ai exécuté un grand nombre de mesures d'après les méthodes indiquées, et me suis borné provisoirement à des décharges dans l'air atmosphérique sous la pression ordinaire. Les phénomènes qui ont lieu dans d'autres gaz et à d'autres pressions, feront l'objet d'un autre mémoire.

Les nombres qui résultent de l'observation n'ont pas, on le comprend bien, une valeur absolue. Je laisserai donc de côté tous les détails, et me bornerai à faire ressortir ceux qui peuvent servir à confirmer les résultats indiqués.

Voici les principaux de ces résultats :

1° *Les décharges directes de la machine par influence sont plus chaudes au pôle positif qu'au pôle négatif.*

Ces décharges offrent donc à l'égard de la différence de température à chacun des pôles un résultat opposé à

celui des étincelles d'induction, pour lesquelles cette différence est d'ailleurs beaucoup plus prononcée et le dégagement de chaleur dans son ensemble beaucoup plus considérable, correspondant à la quantité d'électricité en circulation, qui n'est jamais aussi grande avec la machine par influence qu'avec l'inducteur.

Voici les résultats des expériences à l'appui de la proposition énoncée plus haut :

*Par la première méthode.* Dans l'espace d'une minute, c'est-à-dire avec 48 tours de manivelle, le thermomètre s'est élevé

Au pôle positif de 18° C. à 52° C. = 34° C.

Au pôle négatif de 18° C. à 43° C. = 25° C.

La distance des pôles (boules de 20<sup>mm</sup>) était de 3,5<sup>mm</sup>; la distance du thermomètre du pôle le plus rapproché était 1<sup>mm</sup>.

*Par la seconde méthode.* Pour élever un autre thermomètre de 15° R. à 25° R., il fallait :

Au pôle positif, 19 tours de manivelle,

Au pôle négatif, 35                   ,                   ,

La rapidité de la rotation et toutes autres circonstances restant les mêmes que dans l'expérience précédente.

*Par la troisième méthode.* De 18° C. au point de départ le thermomètre s'est élevé

Au pôle positif de 40° C.

Au pôle négatif de 36° C.

Toutes les autres circonstances comme précédemment.

*Par la quatrième méthode* avec deux thermomètres. Dans l'espace d'une minute ou par 48 tours de manivelle,

ils sont montés simultanément à partir de 16° C., celui :

Au pôle positif à 33°, c'est-à-dire de 17°,

Au pôle négatif à 25°, c'est-à-dire de 9°,

et après le renversement du courant, celui

Au pôle positif à 35°, c'est-à-dire de 16°,

Au pôle négatif à 25°,5, c'est-à-dire de 9°,5.

Ces expériences ont été faites à des époques très-différentes, elles ne supportent donc pas une comparaison rigoureuse, car même dans des expériences très-rapprochées les unes des autres on n'obtient pas toujours les mêmes valeurs pour les élévations de la température. Toutefois l'existence d'une différence de température des pôles et son caractère sont constatés de la manière la plus certaine.

Cette différence de température se manifeste également lorsqu'on augmente considérablement la résistance du courant.

Ainsi quand on plaçait, par exemple, de chaque côté du trajet des étincelles, un tube rempli d'eau de 50<sup>mm</sup> de longueur et de 5<sup>mm</sup> de largeur, le thermomètre exigeait pour monter de 13° R. à 23° R.

Au pôle positif, 22 tours de manivelle,

Au pôle négatif, 30     »     »

et sans les tubes d'eau :

Au pôle positif, 18 tours de manivelle,

Au pôle négatif, 26     »     »

La détermination des maxima a donné des résultats analogues. Les températures sont un peu plus basses, mais la différence est sensiblement la même.

2° *Les températures entre les pôles varient avec la*

*forme de ces derniers ; elles sont d'autant plus élevées avec des boules que leur diamètre est plus grand (du moins entre certaines limites), et avec des cônes que ces cônes sont obtus. Les différences paraissent offrir les mêmes variations.*

J'ai obtenu ce résultat par la méthode des maxima à l'aide d'un seul thermomètre, qui, avant l'expérience, marquait 18°,6 C. et était placé à 11<sup>mm</sup> du pôle le plus éloigné.

Avec une vitesse de rotation de 48 tours à la minute, le thermomètre étant à 12<sup>mm</sup> des pôles, ce dernier montait en maximum :

entre les cônes pointus

Au pôle positif de 28° C.

Au pôle négatif de 26° C.

entre les cônes obtus

Au pôle positif de 33° C.

Au pôle négatif de 27° C.

entre des boules de 14<sup>mm</sup> de diamètre

Au pôle positif de 40° C.

Au pôle négatif de 36° C.

entre des boules de 20<sup>mm</sup> de diamètre

Au pôle positif de 40° C.

Au pôle négatif de 36° C.

entre des boules de 52<sup>mm</sup> de diamètre

Au pôle positif de 46° C.

Au pôle négatif de 37° C.

Ce résultat montre que, tandis qu'avec l'inducteur la température acquiert son maximum en servant d'électrodes pointues, avec la machine par influence, ce maximum est

au contraire atteint avec les grosses boules. Il fournit en outre la preuve que la température observée est due à la décharge lumineuse et non au pôle métallique; car des boules de près de deux pouces de diamètre, même creuses comme celles qui ont été employées, ne sont pour ainsi dire pas du tout échauffées par le courant d'influence, ce dont on peut facilement se convaincre; elles doivent même pour cette raison et vu leur proximité du thermomètre, exercer sur ce dernier une influence dans le sens d'un abaissement de température qui l'empêche d'atteindre un maximum plus élevé.

Je n'examinerai pas pour le moment la cause de la différence de l'élévation de la température qui résulte de la forme et de la grandeur des électrodes. Il me semble que, tel qu'il ressort des expériences que je viens de mentionner, ce phénomène est complexe et qu'il dépend en même temps, probablement, d'une variation dans l'intensité du courant.

Pour se rendre un compte exact de l'influence que peuvent exercer la forme et la dimension des électrodes, il faudrait pouvoir maintenir dans un état constant l'intensité du courant, c'est-à-dire la quantité d'électricité qui passe dans l'unité de temps; or, pour la machine par influence, je ne connais<sup>1</sup>, jusqu'à présent, aucun moyen propre à atteindre ce but. Je suis disposé à croire que, dans les expériences décrites, l'élévation de la température était accompagnée d'une augmentation dans l'intensité du courant.

Quant à la différence de la température des pôles, qui

<sup>1</sup> On pourrait, à la vérité, mesurer l'intensité du courant à l'aide d'un galvanomètre; mais les tours devraient en être isolés avec un soin tout particulier pour donner des résultats sûrs.

constitue le principal objet de ce travail, elle ne peut pas, soit dit en passant, être attribuée à un changement d'intensité du courant occasionné par le thermomètre, car, comme il a été dit, on la constate aussi quand on place simultanément deux thermomètres entre les pôles.

Si dans les résultats consignés plus haut il reste peut-être encore quelques doutes sur l'influence qu'exerce l'intensité du courant, il faut cependant admettre qu'elle se manifeste aussitôt que la distance réciproque des pôles est modifiée. La simple vue des pinceaux lumineux qu'on observe dans l'obscurité sur le disque tournant prouve d'une manière frappante, qu'en augmentant cette distance, l'intensité du courant diminue, et il est assez naturel qu'il en résulte une diminution dans le dégagement de chaleur.

J'ai donc laissé de côté cette partie de la question, quoiqu'il ne doive pas être sans intérêt, plus tard, de constater si la relation qui existe pour le courant galvanique entre l'intensité du courant et le dégagement de chaleur, existe aussi pour le courant par influence.

Je ferai seulement observer que lorsque avec la machine par influence on dépasse certaines limites d'écartement des électrodes, il en résulte cette difficulté que le courant ne reste pas constant, mais qu'il diminue peu à peu et finit par s'éteindre. Les bords dentelés qui, avec une faible distance des électrodes, jouissent dans la machine de Holtz de la propriété surprenante de multiplier la quantité d'électricité communiquée à la machine dans l'origine et de maintenir la constance du courant, refusent leur service en ne fournissant pas autant d'électricité qu'il s'en neutralise entre les pôles. Ce résultat se présente lors même qu'on fait usage des deux aides-aspirateurs que j'ai utilisés dans

mes précédentes recherches. Mais le courant reparait lorsqu'on réunit de nouveau les électrodes.

Le troisième objet de mes recherches était d'examiner l'influence qu'exerce la nature des électrodes sur le dégagement de chaleur. J'ai trouvé que :

3° *L'élévation de la température varie avec la matière dont les électrodes sont faites; toutes choses égales d'ailleurs, elle est d'autant plus grande que le métal qui les constitue est plus volatil.*

J'ai observé ce fait avec des boules de fer, de cuivre, de zinc, d'étain et de bismuth, dont le diamètre était de 3,5<sup>mm</sup>.

Dans une expérience elles étaient placées à une distance de 14<sup>mm</sup>, et le thermomètre situé au centre marquait 20° avant de commencer. Avec une vitesse de rotation de 48 tours à la minute le maximum d'échauffement était

pour le fer de . . . .	45°,5
» le cuivre. . . . .	47°,0
» le zinc. . . . .	47°,5
» l'étain . . . . .	48°,0
» le bismuth. . . .	50°,0

Dans une autre expérience, où la distance des pôles n'était que 7<sup>mm</sup>, le thermomètre, placé au milieu et marquant 20°, s'est élevé en une minute, la vitesse de rotation étant la même,

pour le fer à . . . .	41°,5
» le cuivre. . . . .	42°,5
» le zinc . . . . .	46°,5
» l'étain . . . . .	47°,0
» le bismuth. . . .	48°,0

Ces résultats concordent généralement avec ceux que j'avais obtenus avec les étincelles d'induction, et qui sont consignés dans les Comptes-Rendus de l'Académie de 1855. Seulement les différences étaient alors plus grandes, ce qui s'explique facilement puisque le courant par induction a une plus grande intensité que celui par influence. Aussi n'aperçoit-on ici aucun transport de matière, tandis qu'avec les étincelles d'induction il se produisait distinctement un dépôt d'oxyde sur le thermomètre. Toutefois, quoiqu'à un moindre degré, il doit aussi, sans aucun doute, y avoir ici un transport de matière et je suis disposé à lui attribuer, comme pour les étincelles par induction, la première cause du plus grand échauffement occasionné par le métal le plus volatil. Il est probable que les particules entraînées rendent le trajet de la décharge meilleur et augmentent par là l'intensité du courant.

Un autre phénomène intéressant prouve d'ailleurs que le courant par influence n'est pas entièrement dépourvu de la faculté de transporter de la matière.

On sait que, quand on fait passer un courant d'induction dans des tubes vides d'air dans lesquels on a fondu à chaque bout un fil de platine, il se dépose très-vite un précipité noir de platine métallique sous la forme d'une fine poussière, autour du fil négatif, et qui s'étend aussi loin que le fil pénètre dans le tube.

Si l'on y fait passer un courant par influence, rien de pareil ne se présente; le tube reste pur, quelle que soit la durée de l'expérience.

Mais si le tube vide d'air contient un peu de mercure et que quelques parcelles s'en soient attachées aux fils de platine, on voit l'extrémité négative du tube se tapisser

de mercure très-divisé, comme cela a lieu avec le platine et le courant d'induction.

Dans ce dernier cas, le courant d'induction transporte les deux métaux, le mercure et le platine : ce dernier s'amalgame au premier et il se forme un beau miroir métallique à la paroi intérieure du tube, aussi loin que le fil négatif y pénètre.

Reste, enfin, encore la question de savoir si la différence de température des pôles est influencée par la nature des électrodes. Pour résoudre cette question j'ai fait quelques expériences d'après la quatrième méthode avec des boules de bismuth et des boules de fer. Mais les résultats ont offert si peu de différence que je ne me hasarde pas à affirmer s'il y en a une ou non.

Je passe maintenant à la seconde partie de mes recherches, savoir à l'étude des décharges *modifiées*.

Rigoureusement on ne peut guère étudier les décharges de la machine par influence que modifiées quant à la différence de température, puisque le thermomètre provoque par lui-même une modification et qu'on ne connaît jusqu'à présent pas d'autres moyens que le thermomètre pour observer cette différence.

Je me bornerai donc ici à ne comprendre sous le nom de décharges modifiées que celles qui résultent d'un changement apporté à la machine même.

La plus simple de ces modifications consiste dans un changement des pôles ou des extrémités des électrodes.

La production d'électricité avec la machine par influence est incontestablement continue, et d'après cela on serait en droit d'attendre que la décharge entre les pôles est aussi continue.

Toutefois elle ne l'est pas généralement dans l'air ou dans les autres gaz sous la pression ordinaire. Dans ces circonstances elle n'est continue que quand les électrodes se terminent par des pointes et que ces dernières ne sont pas trop rapprochées. On obtient alors une décharge ou bien en faisceau ou bien phosphorescente, et cette dernière en particulier doit être évidemment considérée comme continue en raison de l'absence de tout sifflement.

D'autre part, si les électrodes se terminent par des boules ou par des plaques, ou si les pointes sont suffisamment rapprochées, on obtient des étincelles ; or les étincelles sont toujours l'attribut et le résultat d'une décharge discontinue ou interrompue.

Cependant, telles qu'elles apparaissent entre des boules de même grandeur et à une distance modérée, les étincelles ne méritent, à vrai dire, pas ce nom, si l'on entend par étincelles des points lumineux compacts ou des jets lumineux tels que les fournissent, par exemple, la bouteille de Leyde et l'inducteur.

Dans ces circonstances, la décharge est plutôt un mélange de faisceaux ou de bandes et d'étincelles, car elle présente des stries ou des bandes d'un rouge violacé, douées d'une lueur très-faible, de jour à peine appréciables, qui ne se manifestent dans le voisinage immédiat des pôles que par de toutes petites étincelles jaunâtres. Ces petites étincelles sont plus longues au pôle positif qu'au pôle négatif, et peuvent servir ainsi à distinguer le premier du second.

Quand on emploie comme pôles de petites boules, on observe en les éloignant que la bande violette s'élargit et prend la forme ordinaire du faisceau, tandis que les pe-

tites étincelles lumineuses constituent au pôle positif la queue de ce faisceau.

Ce phénomène acquiert le plus d'éclat entre des grosses boules d'environ deux pouces de diamètre. On voit alors, et encore mieux dans l'obscurité, la bande violette se diviser en plusieurs bandes parallèles qui changent incessamment de position et affectent la forme d'arcs, dont la convexité est tournée en haut sans doute par suite de l'échauffement de l'air. Les petites étincelles vers les pôles s'allongent et sont plus vives, et apparaissent même de temps à autre au milieu des bandes. En outre le sifflement qu'on entend est d'un ton plus bas qu'avec de petites boules, ce qui prouve que les décharges entre les grandes boules s'effectuent plus lentement qu'entre les petites.

Lorsqu'on adapte au pôle positif une plus petite boule, de  $\frac{3}{4}$  de pouce par exemple, tandis qu'on en conserve une grande au pôle négatif, on obtient en augmentant la distance un superbe faisceau qui, en utilisant l'aide-aspirateur, décrit ailleurs, atteint une longueur de 4,5 pouces et qui se scinde ensuite en deux faisceaux, l'un positif et l'autre négatif. Si l'on remplace la grande boule par un disque, on obtient aussi un beau faisceau, mais il a une autre forme et ne se divise pas comme le premier.

De même que la nature de la décharge dépend de la forme, de la grandeur et de la distance réciproques des pôles, et, en outre, de la direction du courant, de même elle est aussi *modifiée* quand à un des pôles on dérive le courant par un contact. La décharge en faisceau d'une faible lueur passe aussitôt à l'état d'une décharge d'étincelles d'un grand éclat. Cet effet se présente surtout quand on détourne le pôle positif, et cette production d'étincelles

se maintient, ce qui est assez remarquable, encore un certain temps après qu'on a interrompu la dérivation.

Les petites boules favorisent mieux ce phénomène que les grandes. Cependant, il ne faut pas les écarter trop, parce que le courant s'éteindrait après avoir fait entendre un ton bas et vibrant.

Le bruit intermittent des étincelles ainsi que la hauteur du ton sont une preuve certaine que les décharges qui donnent lieu à ces étincelles se succèdent moins rapidement que celles qui produisent les faisceaux non interrompus.

La communication avec la machine au moyen de *gros conducteurs* produit les mêmes résultats que la dérivation, quand même on n'enlève point d'électricité à la machine.

J'ai fait faire deux conducteurs de ce genre: ce sont des cylindres de zinc, terminés par des calottes hémisphériques, qui ont deux pieds de longueur et qui offrent chacun une surface de  $2 \frac{1}{4}$  pieds carrés. Ils reposent sur des supports vernis; chacun de ces cylindres est muni à l'extrémité de deux boules de laiton de deux pouces de diamètre, dont l'une est percée pour recevoir les électrodes de la machine de M. Holtz.

Je n'ai pas tardé à reconnaître cependant que cet arrangement est superflu, parce que l'effet est le même, soit que les conducteurs laissent passer le courant dans le sens de leur longueur, soit que par un contact latéral ils forment pour ainsi dire une impasse. La seconde disposition étant beaucoup plus commode que la première, je me suis contenté le plus souvent d'adopter ces conducteurs latéralement aux électrodes de la machine.

Le contact d'*un* conducteur avec l'*une* des électrodes, surtout avec l'électrode positive, suffit déjà pour transfor-

mer les faisceaux en étincelles, et l'effet est plus complet quand chaque électrode est pourvu d'un conducteur.

Ce sont les petites étincelles produites tout près des pôles par la décharge non modifiée, qui éprouvent les premières l'effet des conducteurs; elles s'allongent et deviennent plus vives et plus blanches, tandis que le reste de la décharge conserve une coloration bleue peu lumineuse. Toutefois, en augmentant la distance des pôles, la décharge présente, dans toute son étendue, des étincelles blanches, compactes.

Sous le rapport de l'intensité lumineuse et de l'énergie, ces étincelles rivalisent avec les décharges de la bouteille de Leyde, bien qu'il ne puisse pas être question ici d'un effet de bouteille, car les conducteurs sont beaucoup trop écartés l'un de l'autre pour que leurs électricités puissent se condenser mutuellement, et c'est une condensation de ce genre qui constitue le caractère essentiel de la décharge d'une bouteille.

Les pulsations qui constituent le bruit permettent d'ailleurs de saisir facilement que le contact d'un conducteur ralentit la succession des décharges, et l'effet est encore plus frappant quand il y a un conducteur à chaque pôle.

L'augmentation de la surface conductrice n'est pas la cause de ce phénomène, car lorsqu'on adapte les deux conducteurs au même pôle, l'effet n'est pas plus grand que lorsqu'il n'y en a qu'un.

D'ailleurs, les formes des décharges du courant par influence dans son passage à travers l'air sont extrêmement variées, et je m'écarterais trop de mon sujet si je voulais les décrire toutes.

Je me bornerai à mentionner pour cette étude la méthode suivante, qui est tout particulièrement intéressante :

c'est d'opérer une double interruption du courant dans son trajet dans l'air entre des électrodes de différentes formes, c'est-à-dire dans une des parties entre des pointes, dans l'autre entre des boules. On peut se convaincre, par cette expérience, qu'il n'est pas possible d'obtenir dans les deux trajets à travers l'air une forme différente de la décharge, et que l'on peut de cette manière produire des étincelles compactes entre lesquelles, à distance égale, il n'est pas possible sans cela de les produire.

J'aurai l'occasion plus loin de revenir avec plus de détails sur ce sujet.

Nous avons vu dans ce qui précède que les décharges de la machine deviennent discontinues d'autant plus tôt et plus fortement, que la surface qui s'est chargée d'électricité est plus grande, fait qui me paraît rendre compte de quelle manière la discontinuité de la décharge peut se produire.

En effet, dans mon opinion, les surfaces conductrices se chargent d'électricité pendant un temps suffisant pour que cette électricité soit devenue assez dense pour que, selon, les circonstances, la décharge puisse commencer, et, une fois commencée, toute l'électricité s'écoule à la fois, moins un petit reste insignifiant. Il faut ensuite un laps de temps relativement plus long pour que les surfaces remplacent la perte éprouvée par l'arrivée d'une nouvelle quantité d'électricité, et quand ce moment est arrivé, il en résulte un second écoulement d'une manière analogue.

Je compare ce qui se passe dans ce cas avec le phénomène décrit avec soin par M. Riess, qui consiste en ce que, lorsqu'on décharge la bouteille de Leyde à une distance constante, la décharge ne reste pas limitée au pre-

mier minimum d'électricité, mais qu'elle s'étend aux  $\frac{1}{3}$  de la quantité totale, quoique, en raison de la diminution de densité, la distance soit évidemment trop grande pour toutes les portions suivantes.

On a expliqué ce phénomène en admettant que la première portion d'électricité qui passe fraie la voie aux suivantes, qu'elle forme dans l'air un canal dans lequel le reste de l'électricité peut plus facilement se mouvoir et se distribuer également. Je ne veux pas contester cette supposition, mais il me semble qu'elle ne suffit pas pour expliquer à l'égard de la machine par influence, les phénomènes qui donnent encore lieu à l'intermittence après que les étincelles ont déjà frayé la voie.

Les grands conducteurs ne modifient pas seulement la forme, mais aussi l'effet calorifique de la décharge. Mais quand on veut entreprendre des mesures, un facteur important dont il faut tenir compte est le thermomètre. L'influence qu'il exerce n'est aussi considérable dans aucune autre circonstance. Avant d'avoir reconnu cette influence et d'en avoir tenu compte, je suis arrivé aux résultats les plus contradictoires.

En premier lieu, il faut absolument renoncer à employer deux thermomètres, comme il en a été question plus haut. On obtient dans toutes les mesures les mêmes résultats, qu'on adapte aux électrodes les conducteurs ou qu'on les laisse de côté, l'échauffement est toujours plus considérable au pôle positif, et les valeurs numériques de l'élévation de la température sont, dans les deux cas, à peu près identiques.

La raison en est tout simplement que, dans les deux alternatives, la décharge conserve la forme de faisceau.

Les thermomètres, par leur présence entre les deux pôles, neutralisent par conséquent complètement l'effet des conducteurs.

Quand il s'agit d'étudier le rôle de ces derniers, il est indispensable d'empêcher la décharge d'affecter la forme d'étincelles que les conducteurs provoquent. On atteint ce but, du moins assez exactement, en n'employant qu'un seul thermomètre qu'on porte successivement d'un pôle à l'autre, et de plus en le mettant en contact avec lui.

Dans cette disposition, les étincelles ne sont à la vérité pas semblables; elles sont plus vives et plus brillantes quand le thermomètre se trouve au pôle positif. Mais, dans les deux cas, ce sont de véritables étincelles sans sifflements et sans faisceaux, et l'on peut ainsi espérer de pouvoir observer exactement au moins le caractère propre à la différence de température qui a eu lieu entre les pôles.

Voici le résultat auquel je suis arrivé à la suite d'un grand nombre d'expériences :

*1. La décharge par étincelles, en employant des conducteurs, ou sans conducteurs, donne lieu en somme à un échauffement moindre que celle par faisceaux.*

*Dans le premier cas, la différence de température des pôles est en sens inverse, c'est-à-dire que l'échauffement est plus grand au pôle négatif qu'au pôle positif.*

Je citerai à l'appui les expériences suivantes :

Les pôles étant des boules de 20<sup>mm</sup> de diamètre, le thermomètre, en contact avec l'un et à 12<sup>mm</sup> de l'autre, exigeait pour s'élever de 22° à 32° C. :

sans conducteurs,

Au pôle positif, 14 tours de manivelle,

Au pôle négatif, 21                    ,

avec des conducteurs aux deux pôles,

- Au pôle positif, 105 tours de manivelle,
- Au pôle négatif, 58 . . . . .

Trois mois auparavant, j'avais trouvé dans les mêmes circonstances, pour une élévation de température de 10° C. :

sans conducteurs,

- Au pôle positif, 16 tours de manivelle,
- Au pôle négatif, 27 . . . . .

avec des conducteurs aux deux pôles,

- Au pôle positif, 82 tours de manivelle,
- Au pôle négatif, 35 . . . . .

Dans ces expériences, les conducteurs n'étaient qu'appuyés contre les électrodes. La différence de température des pôles conserve le même caractère quand le courant parcourt les conducteurs. Quand ils étaient ainsi posés, il fallait, pour élever le thermomètre de 10° C. :

- Au pôle positif, 75 tours de manivelle,
- Au pôle négatif, 17 . . . . .

Les conducteurs n'étant qu'appuyés, il importe pour le résultat, quant à la différence de température des pôles, d'avoir égard à l'endroit où on les appuie et à la manière dont le contact a lieu.

Dans les expériences précédentes, les boutons des deux conducteurs étaient placés sur les boutons des électrodes, de sorte que les premiers étaient à une distance égale et petite des pôles entre lesquels les étincelles passaient. C'est alors que l'effet des conducteurs est le plus prononcé.

Si au contraire on les met en communication avec les électrodes au moyen de fils longs et même épais, ou si la

distance d'un des conducteurs aux pôles n'est pas la même que celle de l'autre, on peut obtenir le résultat opposé.

A ceci se rattache le fait que, quand on emploie *un seul* conducteur, la différence de température des pôles varie selon qu'on le met en contact avec l'électrode positive ou avec la négative.

Si le conducteur touche l'électrode négative, le pôle positif est le plus chaud ; si au contraire il touche la positive, c'est le pôle négatif qui est le plus chaud.

La *dérivation* d'un des pôles produit un effet semblable à celui qui résulte de l'*attouchement d'un seul côté* d'un conducteur.

Si l'on met le pôle positif en communication avec la terre, la température y est considérablement abaissée et s'égalise à peu près avec celle du pôle négatif.

Si au contraire c'est le pôle négatif que l'on dérive, la température s'abaissera bien au pôle positif, mais beaucoup moins, et elle restera *plus élevée* qu'au pôle négatif, où, dans les deux cas, elle se maintiendra à peu près au même degré, qui est celui auquel elle se serait élevée en l'absence de toute dérivation.

C'est ce que montre l'expérience avec *deux* thermomètres, entre lesquels l'influence de la dérivation sur la décharge se fait moins sentir que quand on opère avec *un seul* thermomètre qui conduit à des résultats un peu différents.

Avec deux thermomètres, la dérivation du pôle négatif ne produit aucun changement, pour ainsi dire, sur la décharge obscure en faisceau ; la dérivation du pôle positif y fait au contraire apparaître des étincelles. L'effet est plus grand quand on opère avec un seul thermomètre.

La *bouteille de Leyde*, soit la *simple* proposée à l'origine par M. Holz pour sa machine, soit la *double*, que j'ai introduite il y a environ un an, exerce une influence plus grande encore que les conducteurs, sur la forme et l'effet calorifique des décharges électriques.

La transformation en étincelles compactes d'une grande partie des décharges en faisceaux est généralement connue et a été aussi souvent admirée qu'observée; mais l'effet calorifique des décharges ainsi modifiées n'a pas encore été examiné.

Un très-grand nombre d'expériences m'ont conduit à ce résultat :

1) *Que l'effet calorifique produit par la décharge de la bouteille est en somme beaucoup plus faible que par la décharge directe, et*

2) *Que la différence de température des pôles dans le premier cas est l'inverse de celle qui a lieu dans le second cas, c'est-à-dire que le pôle négatif est le plus chaud.*

L'effet de la bouteille est donc tout à fait semblable à celui des conducteurs, bien qu'il présente une plus grande intensité.

Je citerai ici comme preuves à l'appui la moyenne des résultats d'une série d'expériences dans lesquelles un thermomètre était placé entre deux boules de 20<sup>mm</sup> de diamètre en contact avec l'une, et à 12<sup>mm</sup> de l'autre. Pour le faire monter de 15° à 25° il fallait :

sans bouteille,

Au pôle négatif, 35 tours de manivelle,

Au pôle positif, 19       ,       ,

avec la bouteille,

Au pôle négatif, 100 tours de manivelle,

Au pôle positif, 130       ,       ,

Dans une autre série d'expériences j'ai cherché le maximum qu'on pouvait atteindre *avec la bouteille* et j'ai trouvé :

Au pôle positif 28°,

Au pôle négatif 31°.

Le thermomètre n'a pour ainsi dire point d'influence sur la *forme de la décharge*. La décharge s'opère toujours par des étincelles compactes, sans mélange de faisceau. Toutefois il exerce sur ces *étincelles* une influence très-visible.

En premier lieu on peut, par le moyen du thermomètre, détourner ces étincelles de leur direction rectiligne jusqu'à un écartement très-notable, comme s'il y avait une attraction.

En second lieu, les étincelles se succèdent beaucoup plus rapidement quand on interpose un thermomètre entre les pôles, que quand il n'y en a point. On pourrait peut-être croire que cela tient à ce que la présence du thermomètre raccourcit le trajet dans l'air. Mais ce qui prouve que le phénomène n'est pas dû à cette cause, ou à cette cause seule, c'est que l'accélération des étincelles varie avec la position du thermomètre : elle est plus grande quand il touche l'un ou l'autre des pôles, particulièrement le pôle positif, que lorsqu'il se trouve au milieu entre les deux.

Une simple baguette de verre ou une bande de caoutchouc durci produit d'ailleurs le même effet. Le caoutchouc accélère aussi les étincelles, ou, ce qui revient au même, augmente la distance d'explosion quand on le met en contact avec le pôle positif.

Lors même que deux thermomètres se trouvent placés

entre les pôles, les décharges de la bouteille conservent la forme d'étincelles compactes, et l'on peut ainsi prouver directement par une seule expérience que l'échauffement est plus grand au pôle négatif qu'au pôle positif.

Dans ce cas les étincelles se succèdent encore plus rapidement que dans le cas précédent, bien qu'elles passent avec une certaine hésitation ; car, quoique dans l'obscurité on n'aperçoive rien qui rappelle le faisceau, elles sont accompagnées d'un sifflement particulier, s'arrêtent même par moment et exigent une plus grande rapidité de la machine pour offrir une succession non interrompue.

De l'ensemble des expériences mentionnées dans ce travail, je crois pouvoir conclure :

*Que la différence de température des pôles ne dépend aucunement de l'origine de l'électricité, mais seulement de la manière dont s'opère la décharge.*

*Quand la décharge s'effectue par des faisceaux purs, sans mélange d'étincelles, l'échauffement est plus grand au pôle positif ; si au contraire elle s'effectue par des étincelles compactes, c'est au pôle négatif que se manifeste la plus grande chaleur.*

Jusqu'à présent, à la vérité, on n'a pas encore réussi à obtenir avec l'électricité par induction, une décharge en faisceau, sous la pression ordinaire de l'air ; mais tout porte à croire qu'elle se comporterait comme avec l'électricité par influence, ainsi que cela a lieu pour la décharge par étincelles.

Des recherches ultérieures auront pour objet de démontrer d'ailleurs comment la forme différente de la décharge peut occasionner un changement dans la différence de température des pôles.

Enfin, avant de terminer, je désire mentionner encore une expérience qui met visiblement en évidence l'influence qu'exerce la nature de la décharge sur la différence de température des pôles.

Je me suis procuré dans ce but des conducteurs ayant la forme de condensateurs : ce sont des corps creux lenticulaires et aplatis en zinc de 10 pouces de diamètre et  $\frac{1}{4}$  de pouce d'épaisseur. A l'aide d'une gouppille fixée au centre d'une des faces latérales, on les place perpendiculairement contre un pied. De gros fils de cuivre les mettent en communication avec la machine, tout en permettant de les rapprocher à volonté l'un de l'autre.

Quand leur écartement est considérable, c'est-à-dire de 8 à 9 pouces, ils se comportent comme les conducteurs dont il a été question plus haut; mais si on le diminue, les décharges deviennent de plus en plus semblables à celles de la bouteille de Leyde, jusqu'à ce qu'enfin elles soient identiques avec ces dernières. Il est intéressant de suivre, pendant cette transformation, la manière dont la partie lumineuse de la décharge au pôle positif acquiert toujours plus de clarté et de longueur, jusqu'à ce qu'elle remplisse toute la distance qui sépare les pôles.

Si dans cet état de choses on place, comme on l'a fait plus haut, deux thermomètres entre les pôles, de telle façon qu'ils touchent ces derniers et soient à une distance de 12<sup>mm</sup> environ l'un de l'autre, voici ce que l'on observe : quand les condensateurs se trouvent à peu près à 8 pouces de distance, la décharge de la machine s'effectue par faisceaux entremêlés d'étincelles ; quand on les rapproche jusqu'à un pouce environ, distance à laquelle par l'attraction réciproque ils entrent en forte vibration sans toutefois donner lieu à des sauts d'étincelles, la machine se dé-

charge par des étincelles compactes sans mélange de faisceaux.

Dans le premier cas, le thermomètre au pôle positif indique la température la plus élevée, dans le second cas, cette dernière se trouve au pôle négatif.

Cette disposition permet, par un simple déplacement des condensateurs, de modifier à volonté la différence de température des pôles<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> L'analyse qu'a faite M. Poggendorff de toutes les circonstances qui influent sur les différences qui existent entre les températures que présente un thermomètre placé sur la route de la décharge électrique, suivant qu'il est plus rapproché de l'électrode négative ou de l'électrode positive, est du plus grand intérêt ; elle montre de la manière la plus probante que cette différence ne dépend nullement de l'origine de l'électricité, mais uniquement de son mode de neutralisation par décharges plus ou moins instantanées et continues. Les résultats de M. Poggendorff concordent tout à fait avec ceux que j'avais obtenus en opérant avec des décharges de la bobine Ruhmkorff transmises à travers de l'air très-raréfié, cas dans lesquels, quelle que fût la nature du gaz raréfié, la température était toujours plus élevée à l'électrode positive qu'à la négative. (*Archives des Sciences phys. et natur.*, tome XXVI, p. 177.) Nous reviendrons prochainement plus en détail sur ce sujet intéressant. (A. D. L. R.)

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

---

## PHYSIQUE.

D<sup>r</sup> COLLINGWOOD. SUR UN ARC EN CIEL HORIZONTAL OBSERVÉ SUR MER. (*Philosophical Magazine*, décembre 1867.)

L'auteur se trouvant sur mer le 5 mai 1867, dans la latitude 25°19' sud et longitude 54°13' est, fut témoin du phénomène suivant. A une heure et demie après midi, un fort grain commença à souffler du S.-S.-Est. Le soleil se trouvait alors au N.-N.-Ouest, précisément à l'opposite du grain qui s'approchait, et sur lequel il s'était déjà développé un arc en ciel d'une altitude de 12° à 15° seulement au-dessus de l'horizon. Pendant que l'auteur le contemplait, son attention fut tout à coup attirée par une brume ou vapeur légèrement lumineuse, d'un brun jaunâtre, qui se montra à l'horizon immédiatement au-dessous du centre de l'arc en question, et qui, par sa position, paraissait dépendre en quelque manière, soit de l'arc, soit de la rafale. Pendant deux ou trois minutes, cette brume est restée sans changement sensible, mais au bout de ce temps, elle a commencé à augmenter d'intensité et s'est étendue au-dessus de la mer, sous la forme d'un nuage de poussière rouge. Bientôt son éclat augmenta rapidement: elle prit peu à peu la forme prismatique, s'étendit lentement sur la mer en se rapprochant de l'observateur, et finit par présenter l'aspect d'un brillant arc en ciel horizontal couché sur la mer, dont le sommet s'élevait tout juste au-dessus de l'horizon, tandis que les côtés (limbs) paraissaient disparaître graduellement au-dessus de l'eau à moitié distance entre l'œil et l'horizon. A mesure que l'intensité lu-

mineuse de l'arc horizontal tendait à augmenter, l'arc vertical devenait toujours plus pâle, et a fini par disparaître complètement au moment où le premier avait atteint son maximum d'éclat.

Dans l'arc horizontal la couleur rouge était du côté extérieur ou convexe, tandis que dans l'arc vertical elle se trouvait du côté intérieur ou concave. Il en résulte que c'était l'arc horizontal qui était l'arc *primaire*, et le vertical, l'arc secondaire ou réfléchi. On a donc ici un exemple remarquable de l'apparition d'un arc en ciel secondaire avant que l'arc primaire se fût développé, et qui disparaissait graduellement à mesure que l'arc primaire atteignait sa plus grande intensité. Il est vrai, cependant, que l'arc vertical n'a manifesté dans aucun moment le degré d'éclat que l'arc horizontal a fini par acquérir. Ce dernier, dès que les couleurs prismatiques étaient devenues parfaitement distinctes, a paru se rapprocher rapidement de l'observateur en se développant sous la forme d'un fer à cheval. Dès qu'il eut atteint son maximum d'intensité lumineuse jusqu'à devenir excessivement brillant, tout à coup on l'a vu d'abord pâlir, puis disparaître complètement au même moment où l'arc vertical disparaissait de son côté. Le phénomène, qui a été constamment accompagné d'une pluie fine, est resté visible pendant dix minutes environ, et pendant toute sa durée le sommet de l'arc horizontal a conservé exactement sa même position au-dessus de l'horizon, savoir, celle dans laquelle s'était d'abord montrée la vapeur lumineuse.

---

H. C. SORBY. SUR LA COULEUR DES NUAGES ET DU CIEL. (*Philosophical Magazine*, novembre 1867.)<sup>1</sup>

L'explication des couleurs variées que revêtent le ciel et

<sup>1</sup> Voyez aussi Recherches de M. Lommel sur le même sujet. (*Annales de Poggendorff*, vol. 131, p. 105.

les nuages repose, comme le fait remarquer l'auteur, sur des principes très-simples. On sait que la vapeur transparente d'eau, à l'état de fluide élastique, absorbe les rayons rouges en plus grande proportion que les autres, tandis que les couches inférieures de l'atmosphère, peu éloignées de la terre, offrent une plus grande résistance au passage des rayons bleus. Cela est surtout vrai au moment du lever et du coucher du soleil, et est dû très-probablement à une émanation de petites particules de poussière ou d'autres impuretés provenant de la surface du sol. Le phénomène devient beaucoup plus frappant par un brouillard épais et sombre, au travers duquel les rayons rouges pénètrent plus facilement que les rayons bleus, et donnent ainsi au soleil un aspect rouge. Ces brouillards, exceptionnellement denses, n'ont souvent que quelques centaines de mètres d'épaisseur, mais l'auteur estime que le résultat serait le même, si la lumière avait à traverser une couche d'air de cent kilomètres, par exemple, d'épaisseur, dans laquelle se trouverait disséminée une quantité de brouillard proportionnellement faible. Les deux hypothèses ci-dessus ont permis à M. Sorby de rendre compte de presque tous les cas qui peuvent se présenter à l'observateur. C'est ainsi que la couleur bleue du ciel serait due à l'absorption d'une portion considérable des rayons rouges par la vapeur élastique d'eau renfermée dans une atmosphère parfaitement transparente, telle qu'elle existe à une grande distance de la terre. S'il se trouve dans cette atmosphère de très-petites particules d'eau liquide sous forme de brume légère, la couleur bleue deviendra moins intense, et c'est par cette raison que, dans les pays froids, surtout en hiver, le ciel paraît d'un bleu plus pâle qu'en été ou dans les pays tropicaux. L'auteur attribue à la même cause la couleur bleue des montagnes éloignées, cet effet étant dû principalement, d'après lui, à l'influence de la vapeur d'eau contenue dans l'air qui se trouve entre la montagne et l'observateur, et aussi en partie à ce qu'il arrive souvent que les portions de montagnes qui se

trouvent à l'abri des rayons directs du soleil, sont surtout éclairées par la lumière bleue du ciel. Lorsque l'atmosphère est très-chargée de vapeur élastique transparente, la couleur bleue acquiert une teinte plus foncée, tandis qu'en cas de brume ou de vapeur visible, cette teinte devient plus sombre. C'est par cette raison que la couleur bleue foncée du ciel indique la présence dans l'air d'une grande quantité de vapeur aqueuse, et partant, la probabilité de pluie. L'auteur fait remarquer qu'au moment du lever ou du coucher du soleil, les rayons provenant de cet astre, pour éclairer un nuage situé à un kilomètre et demi de hauteur, auront à se frayer un chemin à travers plus de 300 kilomètres d'atmosphère, éloignée de moins de deux kilomètres de la surface du sol. Dans ce cas, et lorsqu'il y a une aussi forte couche d'air à traverser, les rayons bleus se trouveront absorbés en beaucoup plus grande quantité que les rayons rouges; il en sera de même des rayons jaunes par suite du grand nombre de lignes d'absorption dues probablement à la vapeur d'eau. Il s'en suit que les nuages doivent paraître rouges au moment du lever du soleil, mais à mesure que cet astre s'élève au-dessus de l'horizon, la lumière jaune tendra à passer plus facilement, et les nuages deviendront d'abord orangés, puis jaunes et enfin blancs. Des nuages situés dans différentes parties du ciel, ou à des hauteurs différentes, peuvent au même moment présenter ces différentes nuances. S'ils sont détachés les uns des autres, on pourra apercevoir entre deux la couleur bleue du ciel, modifiée le plus souvent jusqu'à un certain point par l'effet d'une brume excessivement fine qui réfléchira une plus ou moins grande quantité de lumière rouge ou jaune. Il en résulte que dans ce cas le ciel paraîtra bleu au zénith, présentera, en se rapprochant du soleil, d'abord une teinte verdâtre particulière due au mélange du jaune avec le bleu, et finira par devenir jaune ou rouge. Ces considérations permettent de rendre compte du magnifique spectacle de ces nuages rouges et jaunes paraissant s'ap-

puyer, pour ainsi dire, sur un ciel bleu, verdâtre ou orangé, et plus ou moins mêlés à des nuages obscurs et presque noirs, lesquels ne sont point éclairés par le soleil, ou bien sont assez denses pour intercepter complètement les rayons provenant de cet astre. Pour que le phénomène puisse se présenter, il est nécessaire que la lumière du soleil ne soit pas trop interceptée par la présence de gros nuages massifs. C'est pourquoi, lorsqu'on voit un beau lever du soleil d'un rouge vif, il est permis de conclure qu'il ne se trouve qu'un petit nombre de gros nuages à une distance de 100 à 200 kilomètres du côté de l'est ; tandis que, lorsque c'est le coucher qui est d'un rouge vif, nous en concluons qu'il ne doit se trouver qu'un petit nombre de nuages à la même distance du côté de l'ouest. Mais comme la pluie survient le plus souvent à la suite de nuages arrivant de l'ouest, il en résulte qu'un beau lever du soleil rouge indique l'arrivée probable de nuages poussés par un vent d'ouest, et par conséquent la pluie ; tandis qu'un coucher d'un rouge vif dénote, au contraire, qu'il ne doit se trouver que peu ou point de nuages du côté de l'ouest, et partant, annonce la probabilité du beau temps.

Les recherches récentes de Janssen (*British Association Report*, 1866) rendent compte d'une manière très-claire de la couleur bleue du ciel, ainsi que de l'intensité croissante des lignes atmosphériques noires que l'on remarque, à la lumière du matin et du soir, vers l'extrémité rouge du spectre ; mais elles ne fournissent aucune explication de l'affaiblissement si remarquable dans l'intensité de l'extrémité bleue, affaiblissement que l'auteur attribue, comme nous l'avons vu, à la présence de petites particules solides ou liquides émanées de la surface du sol.

---

## MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

## SUR LA GÉOLOGIE DU HAUT-TATRA.

Le Haut-Tatra, situé sur les confins de la Hongrie et de la Galicie, est le prolongement occidental de la chaîne des Carpathes. Ce grand massif a été exploré, pendant l'été de 1867, par MM. les géologues de l'Institut géologique de Vienne, en particulier par MM. O. Stache <sup>1</sup> et E. de Mojsisovics <sup>2</sup>. Les travaux de ces savants ont d'autant plus de mérite, que nous n'avions encore presque aucune donnée sur la géologie de ce pays.

La masse centrale du Haut-Tatra est granitique. Sur les granits reposent des gneiss, des micaschistes et des schistes amphiboliques.

Au-dessus de ces terrains, on observe successivement les formations suivantes :

Calcaires et dolomies triasiques (Muschelkalk).

Grès, schistes et quartzite de Pisana (Keuper).

Calcaires et schistes marneux noirs (étage rhétique).

Marnes et calcaires tachetés du lias (*Liasfleckenmergel*) :

a. horizon de l'*Ammonites nodotianus*, *A. raricostatus*, etc. ;

b. horizon de la *Terebratula numismalis*, *Ammonites hybrida*.

Calcaire et schistes rouges à *Aptychus*, observés en un seul point (au Babkiberg).

Calcaires et marnes néocomiennes, reconnus seulement dans la partie occidentale.

Dolomie du Choc (*Chocsdolomit*) ; dolomie crétacée, de mille à quinze cents pieds de puissance, reposant en stratification discordante sur les formations plus anciennes.

*Eocène*. Des conglomérats, des grès et des dolomies, contenant des nummulites, reposent sur la dolomie du Choc ou sur le granit lui-même. Ils sont recouverts, sur le versant

<sup>1</sup> Verhandlungen der k. k. Reichsanstalt, 1867, p. 377.

<sup>2</sup> Ibid., p. 354.

sud, du grès des Carpathes (*Carpathensandstein*). Sur le versant nord, on observe, au-dessus des couches nummulitiques, les schistes à ménilites (*Menilitschiefer*), dans lesquels on a constaté la présence de pétrole, et qui renferment des débris de plantes et de poissons. (*Meletta crenata*, etc.)

Les grès des Carpathes, qui reposent sur ces schistes, atteignent près de 2000 pieds d'épaisseur.

Le diluvium forme par places des dépôts puissants et les versants nord et sud de la montagne présentent de nombreuses traces de l'époque glaciaire.

Du milieu des grès tertiaires s'élèvent des masses calcaires isolées les unes des autres et formant des récifs (*Klippe*). Ces masses constituées par les terrains secondaires ont été évidemment déposées dans les circonstances ordinaires et contiennent des faunes très-diverses. La cause de leur soulèvement est encore peu connue; plusieurs savants ont déjà remarqué que de grandes masses trachytiques se trouvent sur la prolongation directe de ces récifs. M. Mojsisovics a distingué dans les *Klippe* du Tatra un grand nombre d'horizons différents, dont voici les noms :

*Lias*. Lias inférieur caractérisé par des *Ammonites capricornii* et lias supérieur avec des *Ammonites falciferi*.

*Dogger* :

- a. Schistes et calcaires à *Ammonites opalinus*.
- b. Couche à *Ammonites Murchisonæ*, *A. tatricus*, Pusch, *A. scissus*, Ben.
- c. Calcaire blanc à crinoïdes.
- d. Calcaire rouge à crinoïdes (= couches de Klaus?).

*Marbre* :

- a. Calcaires de *Csorsztin* et de *Stramberg (pars)* renfermant dans les couches supérieures la *Terebratula janitor*.
- b. Couches de *Rogoznik*, avec une faune de céphalopodes et de brachiopodes.
- c. Couches de *Nesseldorf*, calcaires bréchôides rouges.

*Terrain crétacé* :

Néocomien et gault.

M. Mojsisovics indique une discordance de stratification entre les couches crétacées et celles du terrain jurassique supérieur qui reposent elles-mêmes en concordance sur les autres termes de la série jurassique.

E. FAVRE.

---

Comte François de MARENZI. FRAGMENTE UEBER GEOLOGIE, etc.

FRAGMENTS DE GÉOLOGIE OU EXAMEN DE CETTE SCIENCE  
D'APRÈS LES PRINCIPES DE L'ASTRONOMIE ET DE LA PHYSIQUE  
COMBINÉS AVEC LES BOULEVERSEMENTS ET L'ÂGE DE LA TERRE.

M. le comte F. de Marenzi, correspondant de la Société impériale géologique, a consigné dans un petit volume imprimé à Trieste en 1865, sous le titre de *Simple fragments*, ses idées sur la formation de notre globe et les accidents de sa surface. Il traite à son point de vue les questions les plus élevées de la géologie ; il émet des idées qui ne seront peut-être pas partagées par tous les savants, mais qui ont du moins le mérite de la nouveauté et doivent engager à la méditation.

Partant de l'hypothèse de Laplace sur la formation de notre planète, M. de Marenzi la prend à son état de demi-fusion, se renflant à l'équateur et s'aplatissant aux pôles par l'effet de la rotation ; il se rend ou cherche à se rendre compte de ce qui a dû arriver à sa surface lorsque, se refroidissant avec le temps et par degrés, son volume a diminué successivement en proportion de l'abaissement de sa température. Il a dû, selon lui, se former des cavités au-dessous de la croûte déjà suffisamment refroidie pour que la vie organique commençât à s'y manifester. Il en serait résulté des *effondrements* ou enfoncements des couches géologiques primitivement horizontales. En un mot, l'auteur substitue à la théorie du soulèvement des chaînes osseuses de notre globe, celle de l'abaissement des vallées et des lacs.

Certes si l'on ne peut pas attribuer uniquement et exclu-

sivement à cette cause les accidents sans nombre qui, en tous pays, exercent la sagacité des géologues, on ne peut nier qu'elle doit y être entrée pour beaucoup et qu'il est bon d'en tenir compte. C'est en tout cas une idée qui a son poids et qu'on fera bien de ne pas rejeter sans examen.

L'auteur cherche à justifier ses assertions par une description topographique très-détaillée de la partie montueuse de la Carinthie, qu'il a fait suivre de celle de la Suisse. Cette dernière fait l'objet d'une seconde brochure publiée en 1866, et intitulée : Fragment géologique de la Suisse, selon la théorie de l'effondrement (*im Geiste der Einsturztheorie*). Elle doit particulièrement intéresser les géologues.

L'ouvrage que nous annonçons est composé de douze chapitres, auxquels l'auteur donne le simple nom de fragments, comprenant 104 pages, indépendamment d'une petite introduction et de la description de la Carinthie. Il est accompagné de quatre planches et d'une carte topographique.

D.

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Ch. MATTEUCCI. SUR L'ÉLECTROTONE DES NERFS ET DE CERTAINS FILS MÉTALLIQUES RECOUVERTS D'UNE COUCHE HUMIDE. (Lettre adressée à M. le professeur Claparède). Florence, 7 janvier 1868.

Je vous remercie, mon cher Claparède, d'avoir rendu compte, dans le dernier numéro des *Archives*, de mes expériences sur le pouvoir électromoteur secondaire des nerfs et ses applications à l'électro-physiologie.

Permettez-moi de répondre aux remarques que vous faites à la fin de votre article.

Avant tout, je veux répéter encore ici que je n'ai jamais dit qu'un nerf soit semblable à un fil de platine couvert

d'une couche humide : j'ai seulement insisté sur des analogies très-intimes et démontrées par des expériences rigoureuses entre l'électrotone des nerfs et les polarités secondaires, et voilà tout. A propos de vos objections contre cette analogie, je puis vous affirmer que *j'ai vu, au moins trente fois* dans ma vie, que l'état électrotonique *n'est pas arrêté*, mais qu'il est seulement affaibli par la ligature et la section du nerf. Hier encore je voyais un courant d'électrotone sur un nerf sciatique d'un poulet, qui donnait 36° au galvanomètre, en donner 13° après une ligature très-forte. Et sur un autre nerf semblable, après la section, en faisant bien toucher ensemble les deux parties de la section, l'aiguille se fixait à 8° par le courant électrotonique.

J'ai fait trois expériences semblables sur le fil de platine recouvert d'une couche humide. Le courant électrotonique, qui était fixé à 75° dans une expérience, est descendu à 61° après la ligature ; dans une autre expérience, de 70° à 58°, et dans la troisième, de 77° à 71°.

La section du fil de platine a donné les résultats suivants : si la couche liquide reste bien continue après la section, et surtout si l'on a soin d'ajouter une très-petite goutte de liquide dans le point de contact, il y a toujours diminution du courant électrotonique, mais elle n'est que de 2 à 3 degrés ; mais si la continuité de la couche liquide est un tant soit peu diminuée, tout en restant parfait le contact métallique, la diminution du courant électrotonique est très-grande. J'ai vu dans une expérience l'aiguille descendre de 70° à 27°, et avec une petite goutte liquide remonter à 67°.

Vous voyez que jusqu'ici les analogies se soutiennent, et qu'il est logique d'en tenir compte.

Ch. MATTEUCCI.

---

VAN DER HOEVEN. PHILOSOPHIA ZOOLOGICA ; 1 vol. in-8° de  
400 pages. Lugduni Batavorum, 1864.

La date de la publication de la *Philosophia zoologica* ne nous permet guère de parler ici de ce livre comme d'une production nouvelle. Cependant, en lisant l'annonce d'une traduction italienne de cet important ouvrage, sur le point de paraître à Turin, nous nous sommes pris à regretter que l'œuvre de M. van der Hoeven fût restée pour ainsi dire inconnue dans les pays de langue française. Mieux vaut tard que jamais, dit le proverbe, et nous pensons bien faire de le mettre ici en pratique.

Comme le titre le fait pressentir, la *Philosophia zoologica* a été inspirée par l'exemple de la *Philosophia botanica* de Linné. Toutefois, son cadre est bien autrement vaste. Il est composé de quatre livres dont le troisième seul, relatif à la distribution des animaux, à leur désignation et à leur description, est strictement comparable à la *Philosophie botanique*. C'est un compendium des résultats et par conséquent des principes de la science sous les points de vue les plus variés, et, en ce sens, l'œuvre de M. van der Hoeven mérite encore mieux son titre que celle de l'illustre Suédois. La complication de structure et la variété des animaux comparés aux végétaux, rend d'ailleurs compte en grande partie de la différence des deux ouvrages.

Le premier livre est consacré à la nature des animaux. Il résume les résultats de l'histiologie et de l'anatomie comparée. Le second traite de l'embryologie générale et comparée, y compris les métamorphoses et les divers modes de reproduction ; le troisième est consacré, ainsi que je l'ai dit, aux règles de la nomenclature ; le quatrième enfin s'occupe de la distribution géographique des animaux.

Quelque compendieux que soit cet ouvrage, on ne saurait le considérer comme un manuel de la science à l'usage des étudiants, bien qu'il puisse être à ceux-ci d'une utilité incon-

testable comme mine inépuisable d'aperçus nouveaux. On reconnaît dans l'auteur un savant qui a derrière lui une longue carrière de sérieuses recherches et de labours fructueux. Arrivé près du terme, il jette un regard en arrière et embrasse d'un coup d'œil le champ de la science qu'il a traversé. C'est ce coup d'œil à vol d'oiseau, pour ainsi dire, c'est ce tableau avec ses détails noyés dans l'harmonie de l'ensemble, que nous trouvons retracé dans la *Philosophia zoologica*. Tout ami de la science, tout savant de profession prendra ce livre en main, le savourera lentement, puis il le placera sur le rayon de sa bibliothèque le plus à portée de la main. C'est en effet un de ces rares ouvrages qu'il faut consulter souvent dès que le besoin d'un conseil et d'un guide se fait sentir.

M. van der Hoeven a écrit son ouvrage en latin et nous comprenons à peine qu'on ait senti le besoin de le traduire, surtout en italien. Aucune langue mieux que l'idiome de Tacite n'aurait pu convenir au laconisme précis d'un auteur appelé à résumer parfois un ouvrage tout entier en trois mots. *A priori* il aurait pu paraître téméraire de vouloir *quintessencier* les sciences zoologiques dans un volume de 400 pages. M. van der Hoeven y a réussi et cependant l'on peut affirmer hardiment qu'il s'est bien rarement rendu coupable d'omissions de quelque importance. Notre siècle est essentiellement verbeux et les langues modernes ont forcément le caractère des hommes qui les parlent. La sobriété antique dont fait preuve M. van der Hoeven nécessitait le retour à une langue antique aussi.

Nous ne saurions trop louer la prudence et la sage pondération dont l'auteur fait preuve d'un bout à l'autre de son ouvrage. A propos des règles de nomenclature, dans la partie du livre par conséquent qui correspond à la *Philosophie botanique* de Linné, il a su maintenir les lois essentielles établies par Linné lui-même ou consacrées par l'usage, tout en évitant l'écueil d'un rigorisme pédantesque. Si nous com-

parons cette partie du travail de M. van der Hoeven avec les lois de la nomenclature botanique récemment adoptées, sur la proposition de M. le prof. Alph. de Candolle, par le Congrès des botanistes réuni à Paris, nous la trouvons certainement bien moins stricte et positive sur des points divers. Est-ce un bien ou un mal ? Nous pensons que c'est dans tous les cas une nécessité. La botanique est une science relativement beaucoup plus avancée que la zoologie, parce qu'elle est bien moins vaste, et il est plus facile aux botanistes qu'aux zoologistes de porter un jugement sur l'opportunité de telle ou telle règle de nomenclature d'ailleurs souvent, quoi qu'on en dise, assez arbitraire. En outre, la constitution d'un système basé sur les affinités naturelles est aujourd'hui le but immédiat de la botanique. Sans doute la zoologie se propose un but semblable. Toutefois l'anatomie, l'embryologie et la physiologie qui doivent nous fournir dans chaque cas, la clef des affinités, sont encore dans bien des parties à leur début et l'étude de ces branches est pour une foule de savants le but véritable derrière lequel la constitution du système naturel n'est que vaguement entrevu. Ce fait explique comment et pourquoi la nomenclature zoologique est moins fixée, moins rigide que la nomenclature botanique. Elle est aux yeux de beaucoup d'observateurs moins un but qu'un moyen. Le jour où le système zoologique pourra être considéré comme un résumé suffisant de l'anatomie comparée, cette dernière science, aujourd'hui si importante, ne sera plus qu'une branche accessoire de la zoologie mieux comprise. Mais nous sommes encore loin de ce résultat.

Jusqu'ici je n'ai fait allusion qu'à l'excellence de la *Phylosophia zoologica*. Cet ouvrage serait-il sans défaut ? Non certes, car en esquisser le plan est déjà une œuvre de hardiesse, or la critique est aisée et l'art est difficile. Comment donc la critique ne trouverait-elle pas çà et là quelque épi à glaner. Une critique réduite à glaner ici et là, c'est d'ailleurs le plus beau des éloges. M. van der Hoeven a senti lui-même une

lacune dans son œuvre. Il y manque une cinquième partie qui devrait traiter de l'histoire de la zoologie. L'auteur a reculé devant l'augmentation que son ouvrage aurait nécessairement éprouvée par suite de l'adjonction d'un chapitre, peut-être moins facile à condenser que beaucoup d'autres. Aura-t-il plus de hardiesse lorsque le temps sera venu de faire paraître une seconde édition de son ouvrage ? Espérons-le.

Peut-on reprocher à un auteur d'être parfaitement conséquent dans l'application d'un principe posé par lui ? On doit à peine hésiter à répondre par la négation à une question ainsi posée, et pourtant il est des cas où une logique trop stricte peut avoir quelques inconvénients. C'est la remarque que nous faisons à la lecture du résumé d'anatomie comparée contenu dans le premier livre de la *Philosophie zoologique*, résumé admirable d'ailleurs de lucidité et de richesse. M. van der Hoeven a adopté une division purement physiologique dans cette partie de son travail. Il ne pouvait guère en être autrement, bien qu'une division morphologique fût en réalité plus rationnelle. L'adoption d'un plan purement anatomique rencontre des difficultés insurmontables, résultant de ce que les noms généralement admis pour désigner les organes, entraînent presque toujours l'idée de la fonction de ces organes, et lorsque des organes homologues ont, malgré leur homologie, des fonctions différentes, ils ont aussi des noms différents. Aussi est-on forcément obligé, dans l'enseignement de l'anatomie comparée, de prendre une subdivision physiologique du sujet comme point de départ. Il nous semble cependant que, pour bien répondre au but de l'anatomie comparée qui est la *science des homologues*, il ne faut pas poursuivre trop loin l'application de ce principe étranger. Ainsi, à la suite des poumons des mammifères, des oiseaux et des reptiles, nous aurions aimé à voir traiter de la vessie natatoire de poissons qui en est l'homologue. Toutefois, M. van der Hoeven laisse cet organe de côté parce que, sauf

chez les *Lepidosiren*, où il constitue un véritable poumon, il ne joue pas de rôle respiratoire. D'ailleurs, cette vessie natale ne trouvant précisément sa place dans aucun des chapitres physiologiques adoptés par l'auteur, il en résulte qu'elle est laissée entièrement en dehors de l'anatomie comparée. Je ne la trouve mentionnée que dans le livre de l'embryologie. De même, à la suite des arcs branchiaux et de l'os hyoïde des poissons, qui en est l'homologue, on pourrait désirer assister aux transformations de cet appareil devenant rudimentaire chez les vertébrés supérieurs. Il est vrai que cette lacune est suppléée par l'embryologie et que la concision défendait peut-être d'aborder ce sujet dans deux parties de l'ouvrage. A la suite de la description des vaisseaux des reins des poissons et des reptiles, on aurait pu désirer quelques mots sur la circulation à travers les reins des oiseaux. Les homologies existent en effet, bien que le sang veineux ne serve plus à la sécrétion. Ces légers dissentiments de méthode n'ont au fond pas grande importance. L'anatomie comparée et l'embryologie sont si intimement liées l'une à l'autre, qu'il n'est pas possible de les disjointre, ainsi que l'enseignement l'exige pourtant, sans qu'il en résulte quelques déchirures. Il est impossible de trouver une distribution du sujet parfaite à tous les égards. Le principal desideratum est qu'il n'y ait pas de lacune sensible. A ce point de vue, le bel ouvrage de M. van der Hoeven n'offre guère le flanc aux reproches, et si, pour notre part, nous eussions désiré y voir figurer certaines dispositions anatomiques passées sous silence, comme le larynx inférieur des oiseaux, les rapports divers de la vessie natale avec l'appareil de l'ouïe chez différentes familles de poissons, etc., nous nous empressons de reconnaître que les appréciations sur la valeur relative de ces dispositions peuvent n'être pas la même pour tous les observateurs<sup>1</sup>.

E. C.

---

<sup>1</sup> Ainsi M. van der Hoeven dit expressément qu'il ne peut s'étendre

D<sup>r</sup> C. KUPFFER. UNTERSUCHUNGEN, etc. RECHERCHES SUR LE DÉVELOPPEMENT DU SYSTÈME GÉNITO-URINAIRE. (*Schultze's Archiv für mikrosk. Anatomie*, I, p. 233, et II, p. 473.)

Les premières recherches embryologiques de M. Kupffer ont été faites sur des embryons de mouton à différents âges, et l'auteur s'est appliqué à rechercher la métamorphose que subit le canal de Wolff. Il est arrivé à la conviction que le système urinaire définitif apparaît dans l'origine comme un simple diverticule aveugle du conduit de Wolff. Ce résultat faisait désirer un examen à nouveau du développement du poulet, car, dans le beau travail de M. Remak, le rein encore rudimentaire est représenté comme parfaitement distinct du conduit de Wolff et comme s'ouvrant directement dans le cloaque. En commun avec M. Goette, M. Kupffer a repris cette étude et il est arrivé à des résultats différents de ceux de M. Remak. D'après M. Kupffer et en tenant compte des observations de Wittich sur les Batraciens, il faudrait admettre que chez les mammifères, les oiseaux et les reptiles, soit les reins primordiaux, soit les reins définitifs seraient des excroissances du canal de Wolff. A ce point de vue, le rein définitif des vertébrés doit être considéré comme résultant du développement ultérieur d'une partie du système du rein primordial. Ce développement ultérieur n'est, d'ailleurs, pas parfaitement identique dans ces trois classes de vertébrés. Chez les Batraciens, en effet, c'est du conduit de Wolff que naissent directement les bourgeons creux qui représentent le rein définitif, tandis que chez les oiseaux et les mammifères, le conduit de Wolff produit d'abord une branche secondaire sur laquelle naît le rein proprement dit.

sur les dispositions par lesquelles les vibrations sont conduites au labyrinthe, ce qui montre que l'omission de la connexion de la vessie nataoire et du labyrinthe n'a point été fortuite, mais intentionnelle de sa part. Il en est probablement de même de la plupart des autres.

Ces résultats une fois obtenus, il était intéressant de faire de nouvelles recherches sur la production des reins chez les poissons. L'auteur n'a étudié, sous ce point de vue, que deux espèces : une Epinoche et un Gobius. Les résultats n'en sont pas moins dignes d'intérêt. A l'époque où le blastoderme s'est étendu sur presque toute la superficie du vitellus, sauf le point désigné par M. Vogt sous le nom de *trou vitellaire*, M. Kupffer voit apparaître une vésicule située dans l'épaisseur du blastoderme entre l'extrémité de la chorde dorsale et le trou vitellaire. Dans le principe cette vésicule s'élève au-dessus de la surface du vitellus, au point qu'on peut hésiter à la considérer comme faisant partie du rudiment embryonnaire. Plus tard, cependant, la chorde dorsale en se prolongeant vers le trou vitellaire la refoule contre le vitellus. Cette vésicule tapissée d'un épithélium régulier a échappé jusqu'ici aux observateurs. Ni Baer ni Rathke n'en ont fait mention. M. Kupffer la considère comme l'allantoïde. Seul M. Vogt, après avoir décrit l'urètre chez les embryons de poissons, ajoute qu'il a vu une dilatation de ce canal près de son extrémité postérieure, dilatation qu'il considère comme un rudiment d'allantoïde. Toutefois les observations de M. Kupffer s'éloignent considérablement de celles de M. Vogt. L'urètre n'est pas, à ses yeux, l'organe primitif dont l'allantoïde ne serait qu'une dilatation vésiculeuse, mais cette allantoïde se forme pour son compte, comme une vésicule fermée de toutes parts, longtemps avant que la couche de cellules représentant l'intestin se soit différenciée. De cette allantoïde naît plus tard un cordon d'abord solide, placé au côté ventral de la chorde dorsale : c'est l'urètre ou pour mieux dire le conduit de Wolff. En second lieu, la vessie urinaire n'est pas un organe de formation postérieure, comme M. Vogt paraît le croire, mais elle est simplement le reste de l'allantoïde. Il est à remarquer que chez les poissons observés par M. Kupffer, le conduit de Wolff est d'abord impair ; il se divise plus tard en deux branches aveugles. Ces branches fonctionnent

pendant la vie embryonnaire comme de véritables glandes urinaires, car la vessie renferme déjà des concrétions d'acide urique. Le parenchyme des glandes rénales ne commence à se développer qu'après l'éclosion.

M. Reichert a cru trouver chez les Cyprins un rein primordial précédant le rein définitif. Rien de semblable chez les poissons étudiés par M. Kupffer. Chez eux, il ne se forme qu'un seul rein qui, dans la pensée de l'auteur, ne représente pas, comme on l'a cru souvent, le rein primordial des autres vertébrés, mais bien le rein définitif. M. Kupffer cherche l'homologue du rein primordial, soit au point de vue fonctionnel, soit au point de vue morphologique dans le conduit de Wolff primaire. La glande fort simple et digitée, à l'extrémité antérieure du corps de Wolff chez les Batraciens, formerait l'intermédiaire entre le simple tube aveugle des poissons et la glande complexe des vertébrés plus élevés dans la série. Il est possible que dans la classe même des poissons il existe déjà des cas de complication embryonnaire du conduit de Wolff ; il est même probable que les observations faites par M. Reichert chez les Cyprins doivent s'expliquer de cette manière.

Resterait à démontrer la réalité de l'homologie de la vésicule découverte par M. Kupffer avec l'allantoïde des vertébrés supérieurs. M. Kupffer fait bon marché de l'objection élevée par M. Reichert contre la prétendue allantoïde des poissons entrevue par M. Vogt, objection basée sur ce qu'une véritable allantoïde doit porter des vaisseaux ombilicaux. En effet, ces vaisseaux ombilicaux ne sont caractéristiques que de la partie extra-pelvienne de l'allantoïde et même seulement de sa couche externe, l'exochorion. Au contraire, l'allantoïde des poissons reste cachée dans la fosse pelvienne et correspond seulement au sac épithélial. Mais il subsiste une difficulté plus grande, résultant du mode de formation de l'organe. Chez les poulets, M. Remak décrit le premier rudiment de l'allantoïde comme un bourgeon solide qui ne devient creux que

par une invagination d'un diverticule du feuillet épithélial du cloaque, tandis que M. Kupffer représente la vésicule allantoïde comme naissant spontanément. Il est vrai que, soit M. Reichert, soit M. Bischoff, tout en représentant l'allantoïde comme étant d'abord solide chez le poulet et les mammifères, font apparaître la cavité dans son intérieur avant son union avec l'intestin. M. Reichert, en particulier, décrit le double rudiment de l'allantoïde comme apparaissant après la première formation de l'intestin, et comme entrant en communication dès cette époque avec les reins primordiaux par un mince cordon. Il est clair que si MM. Reichert et Bischoff devaient avoir raison contre M. Remak, l'homologie de l'allantoïde des poissons avec celle des vertébrés supérieurs ne souffrirait plus de difficulté.

E. C.

---

VITU GRABER. ZUR ENTWICKELUNGSGESCHICHTE, etc. OBSERVATIONS POUR SERVIR A L'HISTOIRE DU DÉVELOPPEMENT, etc. DES ORTHOPTÈRES. (*Sitzungsber. der Akad. d. Wissensch. Wien*, 1867.)

On reconnaît à première vue, dans ce travail, l'essai d'un débutant qui n'est pas encore entièrement familiarisé avec l'art d'observer; qui manque de coup d'œil et dont les observations sont incomplètes. Mais il est dû à un étudiant et à ce titre il mérite tous égards et indulgence. L'auteur étudie certains points des métamorphoses des Orthoptères; mais il ne paraît pas avoir connu les travaux de Yersin, qui a traité le même sujet avec un soin particulier. Il s'occupe d'abord des organes du vol. Dans les trois familles des Forficulides, des Blattides, des Mantides, ces organes apparaissent sous la forme de lobes horizontaux, formant le prolongement postérieur des angles du mésothorax et du métathorax. La dernière mue les degage entièrement, et ils apparaissent étendus horizontalement sur le dos de l'insecte. Chez les Orthoptères sauteurs, les premiers rudiments de ces organes forment des

prolongements latéraux à l'extrémité des mêmes pièces du thorax et sont placés verticalement, parce que dans ces familles les côtés de ces pièces sont rabattus à droite et à gauche du corps. Chez les Grilloniens où le corps est encore aplati, les rudiments des organes du vol sont étendus horizontalement sur le thorax, les élytres recouvrant les ailes. Chez les Locustaires et les Acridites les rudiments sont inclinés en forme de toit, circonstance qui tient simplement à la forme comprimée du corps. Mais le fait important qui semble avoir échappé à l'auteur et qui a été mis en lumière avec tant de clarté par Yersin, c'est que chez tous les Orthoptères sauteurs les ailes occupent, avant la dernière mue, une position inverse de la normale, à savoir qu'elles sont renversées en-dessus et recouvrent les élytres, en sorte qu'elles sont en contact par leur bord externe et non, comme le pense l'auteur, par leur bord interne. Ce caractère permettra toujours de distinguer une nymphe d'un insecte parfait à ailes rudimentaires, attendu que dans ces derniers la position des organes du vol est toujours la normale. L'auteur, du reste, en décrivant ces divers états, ne paraît pas en avoir suivi la transformation et n'en explique pas l'enchaînement. Au moment de la dernière mue, comme l'a si bien fait voir Yersin, la dépouille du corps se détachant de haut en bas entraîne l'aile dans ce mouvement et la renverse de manière à la placer dans sa position normale et de permettre à l'élytre de la recouvrir. L'auteur admet cinq mues successives chez les grillons, savoir : trois avant l'automne et deux après le printemps Fischer en admettait quatre, Gœbel six. Chez les Acridiens l'auteur admet quatre états successifs, savoir un de plus que n'en admettait Fischer. Yersin a suivi chez les grillons plus de douze mues; mais il est très-difficile de se fixer sur leur nombre réel, attendu que l'animal dévore sa dépouille aussitôt après l'avoir déposée, en sorte qu'il faudrait pour ainsi dire ne pas le quitter de l'œil pour les surprendre toutes.

On doit cependant à M. Graber un fait nouveau qui a un

véritable intérêt, à savoir que, chez les Acridiens imparfaitement ailés, qui ne possèdent à l'état d'imago que des rudiments d'élytres, les rudiments alaires existent bien réellement chez la nymphe, mais qu'ils tombent au moment de la dernière mue.

M. Graber étudie ensuite la composition du sabre chez les Locustaires en en suivant le développement. Il le croit formé de six lames juxtaposées deux par deux.

L'auteur donne encore le résultat de quelques expériences sur la reproduction des organes mutilés. Aucun organe ne se reproduit après la dernière mue ; les antennes coupées sur les larves reparaissent presque intégralement au moment des mues ; le sabre ne renaît qu'incomplètement ; les tarse pas du tout ; les ailes, échancrées sur la larve, restent après la mue plus petites et sinuées.

En somme, malgré la légère critique que nous nous permettons ici, le travail de M. Graber offre, dans les détails, des faits intéressants et, quoique ses principales observations ne soient pas toutes nouvelles, l'auteur mérite d'être encouragé dans ses recherches ; car il est rare de voir un jeune homme entreprendre, avant même d'avoir quitté les bancs de l'école, des travaux originaux qui exigent toujours une grande patience dans l'observation.

H. S.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1867.

Le 1<sup>er</sup>, le vent du SO. a soufflé avec une grande violence de 11 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à midi <sup>1</sup>/<sub>4</sub>, et de même dans la nuit du 1 au 2. Le maximum de température + 12°,1 a eu lieu dans la nuit; à 6 heures du matin le thermomètre marquait encore + 11°,8, il a baissé pendant toute la journée, à 2 h. après midi il ne marquait plus que + 3°,40 et — 1°,7 à 10 h. du soir.

3 et le 4, forte bise toute la journée.

6, neige le matin de bonne heure, et le soir; hauteur de la neige tombée 74<sup>mm</sup>. Cette neige est restée sur le sol pendant 6 à 7 jours. Le soir de 6 h. à 7 h. couronne lunaire et faible halo lunaire.

7, forte bise toute la journée, couronne lunaire dans la soirée.

8                    Id.                                    Id,

9                    Id.

11 et le 12, couronne lunaire dans la soirée, et le 12 le matin de bonne heure.

14, halo solaire partiel de 11 h. <sup>3</sup>/<sub>4</sub> à midi <sup>1</sup>/<sub>4</sub>.

16, couronne lunaire le matin de 6 h. à 7 h.

20, forte bise depuis midi.

21, forte bise tout le jour.

30                    Id.

31                    Id.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 4 à 10 h. matin.....	726,72	Le 2 à 7 h. matin.....	713,85
7 à 10 h. soir.....	731,44	6 à 2 h. $\frac{1}{4}$ après midi.	716,32
10 à 10 h. matin.....	728,22	8 à 2 h. et 4 h. ap.midi.	719,65
14 à 8 h. soir.....	733,78	11 à 6 h. matin.....	725,96
24 à 10 h. matin.....	734,14	19 à 6 h. matin.....	716,37
27 à 10 h. soir.....	732,35	26 à 8 h. soir.....	729,12
		31 à 2 h. et 4 h. ap.midi.	719,69

GENÈVE. — DÉCEMBRE 1867.

Jours du mois	Baromètre.		Température C.			Tensions de la vap.			Fract. de saturation en millimètres.			Pluie ou neige		Vent dominant.		Clairé moy. du Ciel.		Temp. du Rhône		Linnéité	
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	mm.	dir.	force.	Midi.	Écart avec la temp. normale.	cm.		
1	725,79	-0,97	6,94	+4,62	-4,3	+11,0	4,54	0,00	573	-263	380	790	0,3	1	SO.	2	0,98	0	93		
2	717,37	-9,42	3,63	+1,44	-2,0	+12,1	4,38	-0,12	767	-79	520	880	3,5	6	SSO.	2	0,89	7,8	93		
3	719,39	7,43	2,75	-4,81	4,9	-4,0	2,91	-1,55	785	-82	630	920	...	...	...	3	0,80	7,1	92		
4	725,63	1,22	1,69	-3,63	3,5	-0,4	3,25	-1,17	804	-53	730	930	...	...	...	3	0,46	6,3	98		
5	725,47	1,41	2,90	-4,72	5,8	0,3	3,14	-1,25	867	+10	760	930	...	...	...	1	0,83	5,5	92		
6	717,42	9,48	2,81	-4,51	6,2	+0,5	3,36	-1,00	900	+42	790	1000	4,1	3	SSO.	1	0,89	6,8	90		
7	719,09	7,83	1,89	-3,47	2,7	-0,8	3,29	-1,04	835	-23	760	950	4,6	5	NNE.	2	0,77	6,3	90		
8	720,15	6,80	1,96	-3,44	3,7	0,5	3,48	-0,82	874	+16	770	930	...	...	...	2	0,88	...	90		
9	722,92	4,96	2,74	-4,09	4,2	1,4	2,99	-1,28	805	-54	760	830	...	...	...	2	0,90	5,5	90		
10	727,26	0,26	3,49	-4,72	4,8	2,4	2,86	-1,38	831	-28	760	910	...	...	...	1	0,90	5,5	89		
11	727,05	0,02	2,29	-3,42	5,8	0,1	3,27	-0,94	841	+19	730	910	...	...	...	1	0,97	5,8	89		
12	730,89	3,84	0,13	-1,15	4,1	2,9	4,00	-0,19	866	+6	610	1000	0,4	2	variable	0,77	5,9	1,1	88		
13	730,80	3,72	1,77	-0,85	1,9	+1,1	4,41	-0,24	840	-91	680	940	...	...	...	1	0,81	6,5	84		
14	733,18	6,07	2,41	-1,58	0,9	7,1	4,18	+0,03	769	-22	690	940	...	...	...	1	0,76	6,5	83		
15	730,12	1,99	4,92	-4,18	1,6	+0,9	5,73	+1,60	876	+14	720	940	7,9	12	SSO.	1	1,00	6,7	83		
16	728,34	1,18	6,88	-6,23	4,2	+10,9	6,23	+2,12	834	-28	730	940	...	...	...	1	0,69	0,0	84		
17	725,78	1,40	5,26	+4,70	0,0	-13,8	5,85	+1,76	886	+23	630	990	...	...	...	0,02	6,9	0,3	85		
18	719,14	8,07	5,06	+4,59	1,6	+11,0	5,31	+1,24	791	-72	540	980	3,0	4	variable	0,74	6,8	0,3	86		
19	717,59	9,85	1,79	-1,40	0,5	+4,7	4,17	+0,11	810	-54	590	960	...	...	...	2	0,94	6,6	0,2	87	
20	721,63	5,63	0,31	-0,62	3,1	2,2	3,59	-0,46	798	-66	620	970	...	...	...	N.	2	0,43	5,9	0,4	87
21	726,36	0,92	0,78	-1,02	4,0	+1,5	3,19	-0,85	752	-113	610	790	...	...	...	NNE.	3	0,36	0,8	87	
22	730,46	2,16	1,72	-1,88	4,0	+0,1	3,31	-0,72	821	-44	730	910	0,4	3	SSO.	1	0,93	5,8	...	87	
23	731,94	4,62	0,89	-0,80	3,0	+0,4	4,33	+0,31	889	+23	790	1000	...	...	...	variable	0,17	5,8	...	87	
24	733,38	6,04	0,10	+0,07	2,6	3,0	3,97	-0,04	862	+4	700	1000	...	...	...	N.	1	0,40	5,5	...	87
25	733,27	5,91	1,85	-1,83	3,0	0,5	3,58	-0,42	912	+46	830	960	...	...	...	NNE.	1	0,99	...	88	
26	730,47	3,09	2,33	-2,25	3,5	1,6	3,68	-0,32	962	+15	930	970	...	...	...	variable	1,00	5,8	...	88	
27	731,24	3,84	2,59	-2,46	3,7	1,2	3,29	-0,70	879	+12	810	940	0,5	3	NNE.	1	1,00	5,8	0,0	87	
28	731,29	3,87	3,07	-2,88	3,8	2,0	3,23	-0,76	904	+37	840	960	...	...	...	E.	1	1,00	5,2	0,6	86
29	726,66	0,78	4,45	-4,21	5,7	2,8	3,17	-0,82	980	+112	910	1000	...	...	...	SSO.	1	1,00	...	85	
30	722,00	5,45	1,49	-1,21	5,0	+1,6	3,32	-0,66	809	-59	710	900	...	...	...	NNE.	3	0,54	5,1	0,5	84
31	720,18	7,28	6,95	-6,63	8,2	4,9	2,00	-1,98	763	-105	690	840	...	...	...	NNE.	3	0,96	2,4	3,2	84

# MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1867.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

## Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	721,61	721,92	722,47	722,02	721,73	721,92	722,23	722,28	722,07
2 <sup>e</sup> " "	726,41	726,54	726,91	726,38	725,94	726,02	726,31	726,68	726,69
3 <sup>e</sup> " "	728,85	729,10	729,46	728,85	728,31	728,41	728,45	728,55	728,70
Mois	725,73	725,96	726,38	725,85	725,42	725,54	725,76	725,92	725,91

## Température.

1 <sup>re</sup> décade	0,91	1,11	0,64	+ 0,20	+ 0,11	- 0,50	- 1,00	- 1,28	- 1,64
2 <sup>e</sup> " "	+ 0,35	+ 1,04	+ 3,25	+ 5,45	+ 4,50	+ 3,74	+ 2,89	+ 2,71	+ 2,27
3 <sup>e</sup> " "	- 2,63	- 2,31	- 1,90	- 1,06	- 0,99	- 1,38	- 2,14	- 2,95	- 3,26
Mois	- 1,11	- 0,84	+ 0,17	+ 1,44	+ 1,14	+ 0,55	- 0,15	- 0,58	- 0,95

## Tension de la vapeur.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	3,46	3,49	3,20	3,34	3,37	3,53	3,59	3,55	3,51
2 <sup>e</sup> " "	4,35	4,50	4,84	4,83	5,01	4,90	4,76	4,58	4,55
3 <sup>e</sup> " "	3,37	3,37	3,43	3,42	3,45	3,51	3,43	3,33	3,29
Mois	3,72	3,77	3,81	3,85	3,93	3,97	3,91	3,80	3,77

## Fraction de saturation en millièmes.

1 <sup>re</sup> décade	816	814	739	730	737	796	826	837	845
2 <sup>e</sup> " "	905	892	814	705	782	799	828	815	842
3 <sup>e</sup> " "	885	868	855	797	799	831	864	899	903
Mois	869	858	804	746	774	809	840	852	865

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	- 4,21	+ 1,68	0,83	6,35	6,5	91,7
2 <sup>e</sup> " "	- 1,10	+ 6,72	0,71	6,40	11,3	85,6
3 <sup>e</sup> " "	- 4,15	- 0,04	0,76	5,14	0,9	86,4
Mois	- 3,18	+ 2,70	0,77	5,98	18,7	87,8

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,84 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 18°1, E., et son intensité est égale à 37,3 sur 100.

TABLEAU  
DES  
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES  
FAITES AU SAINT-BERNARD  
pendant  
LE MOIS DE DÉCEMBRE 1867.

Le 2, brouillard le matin et le soir. La neige tombée a été enlevée par le vent.

3,	id.	à peu près toute la journée.
5,	id.	depuis 4 h. du soir.
6,	id.	depuis 10 h. du matin. La neige tombée a été enlevée par le vent.
7,	id.	tout le jour.
8,	id.	le matin.
9,	id.	dans la journée.
11,	id.	tout le jour.
12,	id.	à peu près toute la journée.
13,	id.	tout le jour.
14, 15, 16,		brouillard tout le jour.
18,		brouillard de 10 h. du matin à 6 h. du soir.
19,	id.	tout le jour.
21,	id.	jusqu'à midi.
22,	id.	depuis 2 h. du soir.
23,	id.	jusqu'à 10 h. du matin.
30,	id.	tout le jour.

*Variations extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 10 h. matin.....	556,16	Le 3 à 6 h. matin.....	547,08
7 à 10 h. soir.....	551,48	6 à 10 h. soir.....	547,73
12 à 10 h. soir.....	563,53	8 à 2 h. après-midi...	530,28
14 à 10 h. soir.....	564,89	13 à 4 h. après midi...	559,04
17 à 10 h. matin.....	564,12	15 à 10 h. soir.....	539,95
24 à 10 h. matin.....	567,39	19 à 6 h. matin.....	550,06
27 à 10 h. soir.....	564,42	26 à 8 h. soir.....	561,73
		31 à midi.....	548,87

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1867.

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.			Vent dominant.	Carté moy. du Clé.	
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.			Nombre d'heures.
1	563,39	+ 1,73	561,19	6,02	+ 1,01	8,2	5,0	70	4,2	6	SO.	0,94
2	551,91	- 9,74	549,77	6,59	+ 0,54	13,5	3,7	.....	.....	.....	NE.	0,97
3	559,48	- 12,11	547,08	19,39	- 12,17	20,4	18,5	.....	.....	.....	NE.	0,90
4	555,47	6,08	555,06	12,43	- 5,12	16,0	10,0	.....	.....	.....	NE.	0,26
5	554,72	- 6,79	553,49	11,05	3,65	12,7	8,9	.....	.....	.....	NE.	0,62
6	549,87	- 12,61	547,73	15,44	7,95	16,6	14,0	.....	.....	.....	NE.	0,89
7	550,55	- 11,71	547,97	16,72	9,14	17,9	15,4	.....	.....	.....	NE.	1,00
8	550,55	- 10,87	550,28	18,09	- 10,42	20,0	15,0	.....	.....	.....	NE.	0,59
9	564,69	6,70	551,77	13,97	6,22	15,2	12,0	.....	.....	.....	SO.	0,63
10	557,19	- 4,17	556,84	13,24	5,38	15,0	11,5	.....	.....	.....	NE.	0,99
11	558,67	- 2,66	556,61	9,76	1,85	11,3	8,8	.....	.....	.....	NE.	0,99
12	562,92	+ 1,62	562,25	7,73	+ 0,26	8,9	6,7	.....	.....	.....	NE.	1,00
13	560,08	+ 1,19	559,04	11,12	3,06	13,6	9,0	.....	.....	.....	NE.	0,92
14	563,31	+ 2,07	561,75	11,10	2,97	13,8	6,7	.....	.....	.....	NE.	1,00
15	561,23	+ 0,01	559,95	4,42	3,78	6,2	3,2	.....	.....	.....	NE.	1,00
16	562,29	+ 1,10	561,27	4,63	3,64	5,8	3,6	.....	.....	.....	NE.	1,00
17	563,21	+ 2,05	562,33	5,02	3,32	6,7	3,7	.....	.....	.....	NE.	0,41
18	556,44	- 4,69	552,67	7,17	+ 1,24	7,7	6,7	.....	.....	.....	SO.	0,78
19	550,83	- 10,28	550,06	12,12	3,65	13,9	10,4	.....	.....	.....	NE.	1,00
20	552,21	- 8,87	551,77	15,48	6,95	16,0	14,7	.....	.....	.....	NE.	0,91
21	552,22	- 4,83	554,25	16,16	7,57	16,8	13,0	.....	.....	.....	NE.	0,54
22	561,13	+ 0,10	560,39	7,98	0,67	11,4	3,3	.....	.....	.....	NE.	0,98
23	564,85	+ 3,85	562,92	6,15	2,55	8,5	4,0	.....	.....	.....	NE.	0,42
24	566,24	+ 5,26	564,94	3,80	4,95	5,8	2,7	.....	.....	.....	NE.	1,00
25	566,13	+ 5,17	565,90	4,55	4,25	6,0	2,1	.....	.....	.....	NE.	0,00
26	562,71	+ 1,77	561,73	7,19	1,66	9,0	3,6	.....	.....	.....	NE.	1,00
27	563,57	+ 2,65	562,51	7,84	1,06	9,7	6,2	.....	.....	.....	NE.	0,48
28	562,83	+ 1,93	562,23	8,32	0,63	9,3	6,5	.....	.....	.....	NE.	0,00
29	559,23	- 1,65	557,68	7,76	+ 1,23	9,0	7,1	.....	.....	.....	NE.	0,47
30	552,29	- 8,56	550,57	14,70	5,67	18,7	14,5	50	3,9	5	NE.	1,00
31	549,09	- 11,74	548,87	17,74	8,67	19,9	13,8	.....	.....	.....	NE.	0,21

Les chiffres renfermés dans ces colonnes démontrent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir. Le thermomètre-Étalon étant hors de service.

## MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1867.

6 h. m.   8 h. m.   10 h. m.   Midi.   2 h. s.   4 h. s.   6 h. s.   8 h. s.   10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	553,67	553,91	553,86	553,48	553,31	553,50	553,73	553,79	553,72
2 <sup>e</sup> " "	559,12	559,46	559,32	559,05	558,80	558,99	559,25	559,40	559,24
3 <sup>e</sup> " "	560,38	560,66	560,84	560,56	560,19	560,26	560,21	560,45	560,54
<b>Mois</b>	557,81	558,09	558,10	557,79	557,52	557,67	557,81	557,96	557,92

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-13,51	-13,33	-12,89	-12,12	-11,98	-13,26	-13,47	-14,32	-14,06
2 <sup>e</sup> " "	- 9,08	- 8,99	- 8,66	- 8,30	- 8,21	- 8,92	- 9,17	- 8,88	- 8,81
3 <sup>e</sup> " "	- 9,45	- 9,98	- 9,68	- 8,48	- 8,23	- 9,17	- 9,27	- 9,15	- 9,52
<b>Mois</b>	-10,64	-10,74	-10,39	- 9,60	- 9,43	-10,41	-10,59	-10,73	-10,75

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	0	0	0,69	mm 4,2	mm 70
2 <sup>e</sup> " "	-10,39	- 7,35	0,84	0,0	—
3 <sup>e</sup> " "	-11,28	- 7,25	0,37	3,9	50
<b>Mois</b>	-12,37	- 8,62	0,62	8,1	120

Dans ce mois, l'air a été calme 5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 14,89 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 139,4 sur 100.

\* Voir la note du tableau.



## RECHERCHES

SUR LA

# RÉDUCTION DU NIOBIUM ET DU TANTALE

PAR

M. C. MARIGNAC

---

Les recherches auxquelles je me suis livré depuis quelques années sur les combinaisons du niobium, m'ont conduit à attribuer à l'acide niobique une composition très-différente de celle qu'on lui assignait jadis.

Bien que ce résultat me paraisse établi par des preuves irréfutables, quoique indirectes, et qu'il ait gagné l'adhésion de la plupart des chimistes, on peut cependant objecter qu'il ne repose pas encore sur une démonstration directe. Il faut, en effet, si ma conclusion est fondée, que le niobium absorbe 42,5 pour cent d'oxygène, lorsqu'il se convertit par le grillage en acide niobique. Or, d'après les essais de H. Rose<sup>1</sup>, l'augmentation de poids ne serait que de 20,64 à 22,16.

Il est vrai que ce savant, ayant employé pour la préparation du niobium des composés de ce corps, dans lesquels il ne soupçonnait point la présence de l'oxygène, mais qui en renfermaient réellement (oxychlorures et oxyfluorures), on peut seulement conclure de là qu'il n'avait point obtenu le niobium libre, mais bien un protoxyde de niobium, NbO, qui doit en effet absorber 21,82

<sup>1</sup> *Poggendorffs Annalen*, tome CIV, page 310.

pour cent d'oxygène pour se convertir en acide niobique  $Nb^{\circ}O^5$ . Le véritable niobium nous est donc complètement inconnu.

Il y avait donc quelque intérêt à reprendre ces essais de réduction sur un composé non oxygéné de niobium. J'ai choisi pour cela le fluoniobate de potasse qui s'obtient facilement en faisant dissoudre le fluoxyniobate ordinaire dans de l'acide fluorhydrique et évaporant le produit à siccité.

La réduction de ce sel par le sodium est accompagnée d'une réaction très-vive, et il est difficile d'empêcher qu'une partie considérable des matières ne soit projetée hors du creuset. On évite facilement cet inconvénient en fondant préalablement le fluoniobate avec un poids égal de fluorhydrate de fluorure de potassium. La matière refroidie est pulvérisée et mêlée avec du sodium coupé en petits fragments, ou stratifiée dans le creuset avec le sodium réduit en feuilles minces. Une partie de ce métal suffit pour deux de fluoniobate. Le tout est recouvert d'une couche de chlorure de sodium.

La réduction ne peut se faire dans des creusets en terre; ils sont fortement attaqués et une scorie siliceuse, dure et insoluble, reste mêlée avec la matière réduite et ne peut en être séparée. Les creusets en coke de cornue ne m'ont pas mieux réussi. Bien que la matière ne puisse exercer aucune action chimique sur le charbon, celui-ci est désagrégé et se mêle à l'état pulvérulent avec le métal réduit, sans qu'il soit possible de les séparer. L'emploi d'un creuset en fer forgé m'a donné les meilleurs résultats; il n'est pas du tout attaqué et, si sa surface intérieure est bien polie, la masse fondue et refroidie ne contracte aucune adhérence avec les parois et s'en détache

en une seule fois par un coup de marteau un peu fort donné à l'extérieur.

La réduction se manifeste par une déflagration intérieure ; lorsqu'elle a cessé, on continue de chauffer jusqu'à ce que la flamme caractéristique du sodium cesse de se dégager. Il m'a paru inutile de pousser la calcination jusqu'à la limite la plus élevée que pourrait supporter un creuset de fer ; en effet, dans un essai effectué dans un creuset de graphite, à la plus haute température que j'aie pu atteindre dans un fourneau à vent, le niobium réduit avait conservé l'état pulvérulent, comme dans les essais à de plus basses températures.

La matière extraite du creuset est formée d'une scorie blanche à sa partie supérieure, dans laquelle le métal réduit est disséminé comme une poudre noire extrêmement ténue, concentrée surtout dans le centre du culot. On la concasse et on la traite par l'eau froide ou chaude. Avec l'eau bouillante la dissolution de la scorie est beaucoup plus rapide et accompagnée d'un dégagement très-faible mais constant d'hydrogène ; avec l'eau froide les matières solubles ne sont enlevées qu'après plusieurs jours de lavage, et en broyant fréquemment le mélange, il n'y a pas alors de dégagement visible d'hydrogène. Cependant, je n'ai pas pu constater de différence dans la nature du produit obtenu<sup>1</sup>. Le dégagement d'hydrogène tient sans doute à la présence d'une certaine quantité de sodium alliée au niobium ; il est probable que, quand on fait les lavages à l'eau froide, ce sodium est oxydé par l'oxygène de l'air dissous dans l'eau, vu la durée de cette opération.

<sup>1</sup> J'avais d'abord pensé que le produit lavé à l'eau froide retiendrait du sodium, mais je n'en ai point trouvé.

Dans le commencement de ces lavages, on peut facilement opérer par décantation. Mais, lorsqu'ils approchent de leur terme, le résidu insoluble ne se dépose plus qu'avec une extrême lenteur, ou même plus du tout. La séparation par filtration ne réussit guère mieux, la poudre est si ténue qu'elle passe au travers du filtre ou l'empâte de manière à arrêter complètement la filtration. Au reste, il serait inutile de vouloir pousser très-loin ce traitement par l'eau seule, car il ne suffirait point pour donner un produit pur. Le métal réduit est, en effet, mélangé d'une quantité notable d'acide niobique ou d'un niobate acide insoluble.

Malheureusement, je n'ai pu trouver aucun moyen de l'en débarrasser complètement. Le seul acide, en effet, qui dissolve bien ce produit accessoire est l'acide fluorhydrique, mais il agit aussi très-fortement sur le niobium lui-même. C'est cependant le seul moyen de purification qui m'ait donné des résultats à peu près satisfaisants.

Il faut donc, lorsque les lavages à l'eau ont été poussés jusqu'au point où la matière pulvérulente ne se dépose plus, faire bouillir avec de l'eau à laquelle on ajoute de l'acide fluorhydrique, jusqu'à ce que le dégagement d'hydrogène devienne très-sensible. On peut, après cela, très-bien séparer par filtration la partie insoluble. En répétant plusieurs fois cette opération, on obtient un produit de plus en plus pur, mais on en sacrifiant une grande partie.

Le résultat de ce traitement est une poudre, d'un noir foncé si la réduction a eu lieu à une température peu élevée, d'un noir grisâtre quand la chaleur a été très-forte. Sa densité, dans diverses préparations, a varié de 6 à 6,6. L'acide chlorhydrique, l'acide azotique et l'acide sulfurique étendu sont sans action sur elle, même à l'é-

bullition. L'acide sulfurique concentré et bouillant et le bisulfate de potasse en fusion l'attaquent assez facilement et la dissolvent. L'acide fluorhydrique concentré et froid, et l'acide étendu mais bouillant la dissolvent aussi très-bien, avec un abondant dégagement d'hydrogène et en se colorant en brun. Elle s'attaque aussi par l'ébullition avec une dissolution de potasse caustique.

Chauffé au contact de l'air, ce corps entre en ignition bien au-dessous de la chaleur rouge, et se convertit rapidement en acide niobique. Son oxydabilité varie beaucoup suivant la température à laquelle la réduction a été opérée. J'ai perdu une fois le produit d'une préparation faite à une température aussi basse que possible, pour avoir essayé de le dessécher dans une étuve dont la température n'a certainement pas dépassé cent degrés; il s'y est converti entièrement en acide niobique, tandis que dans plusieurs autres préparations ce mode de dessiccation n'avait eu aucun inconvénient.

Il est curieux que toutes les propriétés que je viens de signaler dans ce produit coïncident exactement avec celles que H. Rose a constatées dans le corps obtenu dans ses expériences. Il y a cependant entre eux une bien grande différence chimique; car, tandis que le corps obtenu par H. Rose ne subissait par le grillage qu'une augmentation de 21 à 22 pour cent environ, celui que j'ai préparé en présente une qui varie de 35 à 38 pour cent.

Cependant, ce résultat comparé à celui que devrait donner le niobium pur (42,5 pour cent), prouve qu'il m'a été impossible de le purifier entièrement des composés oxygénés qui l'accompagnent.

Mais il y a plus. Abstraction faite de ce mélange qu'on ne parvient pas à éviter complètement, le produit ainsi

obtenu n'est point le niobium lui-même, mais un niobure d'hydrogène. En effet, la présence de l'hydrogène s'y manifeste par une petite flamme bleue qui court sur sa surface au moment où il entre en ignition, et par la production d'eau lorsqu'on le brûle par un courant d'air ou d'oxygène sec dans un tube de verre. Le dosage de cette eau permet de déterminer exactement la proportion d'hydrogène. J'ai répété plusieurs fois cette détermination, et j'ai trouvé la proportion d'hydrogène comprise entre 0,9 et 1,05 pour cent; une seule fois elle a dépassé ce terme et atteint 1,26 pour cent. Le peu de variation que présente cet élément semble indiquer que ce produit est un composé défini  $NbH$  qui devrait renfermer 1,06 pour cent d'hydrogène, et qui devrait augmenter de 41 pour cent de son poids en se convertissant en acide niobique.

Ce niobure d'hydrogène chauffé dans un courant d'hydrogène à une chaleur rouge-sombre n'éprouve aucun changement dans son poids ni dans ses propriétés. En est-il de même au rouge-blanc? C'est ce que l'expérience suivante semble indiquer, bien qu'elle présente une légère cause d'incertitude.

Dans une nacelle de platine, disposée dans un tube de porcelaine traversant un fourneau à reverbère muni d'un dôme et d'une cheminée de tirage, j'ai calciné pendant plus d'une heure, dans un courant d'hydrogène, à la plus haute température qui ait pu être atteinte, trois grammes d'un produit présentant une densité de 6,15, et dont un essai préalable avait montré qu'il renfermait 1,26 pour cent d'hydrogène, et qu'il présentait une augmentation de poids de 38,18 pour cent en se convertissant en acide niobique.

Après le refroidissement on a trouvé que la matière

s'était sensiblement affaissée, sans présenter cependant aucune trace d'agglomération. Sa couleur était d'un noir un peu plus grisâtre qu'avant la calcination, sa densité s'était élevée à 7,37.

Au lieu d'une diminution de poids, il y avait eu une augmentation de 0,011, soit 0,37 pour cent. Une portion de ce produit, soumise au grillage dans un tube de verre, a présenté une augmentation de poids de 37,8 pour cent, et a produit une quantité d'eau correspondant à 0,90 pour cent d'hydrogène.

Il résulte évidemment de là que si le niobure d'hydrogène est décomposé au rouge-blanc, il ne l'est du moins que très-difficilement et partiellement. Mais si l'on remarque que cette décomposition a été accompagnée d'une faible augmentation de poids qui ne peut résulter que d'une oxydation, et qui prouve que je n'avais pas réussi à éliminer complètement l'air du courant de gaz hydrogène, il semblera peut-être probable que l'élimination d'une partie de l'hydrogène a été due à la même cause et que le niobure n'aurait éprouvé aucune altération dans du gaz hydrogène parfaitement pur.

On voit que si tous ces essais établissent d'une manière certaine que la composition de l'acide niobique est bien différente de celle qu'on lui attribuait autrefois, et correspond au moins approximativement avec celle que lui assignent des méthodes indirectes, elles ne nous donnent aucune notion sur les véritables propriétés du niobium à l'état de liberté. Il faudrait pouvoir opérer la réduction du fluoniobate de potasse par le sodium à une température excessivement élevée, afin que le produit obtenu ne retint plus de sodium; on ne peut, en effet, attribuer qu'à la présence de ce dernier métal la formation d'un hydrure

lorsqu'on traite par l'eau la matière réduite. L'emploi de creusets en fer ne permet pas d'atteindre des températures assez élevées pour cela.

La réduction du fluoniobate de potasse par le sodium ne m'ayant pas donné un résultat tout à fait satisfaisant, j'ai essayé de remplacer ce métal par le magnésium. Mais je ne cite cet essai, qui a complètement manqué, que pour signaler aux chimistes le danger qu'il peut présenter. Je n'opérais heureusement que sur un gramme de fluoniobate, mélangé avec 0,5 de magnésium en fragments d'un fil très-fin. Au moment où le mélange, chauffé dans un petit creuset d'acier (un dé à coudre), a atteint la chaleur rouge, il s'est produit une détonation semblable à un coup de pistolet, et toute la matière s'est dissipée en fumée.

La réduction par l'aluminium a lieu, au contraire, avec une grande facilité; j'ai employé 1  $\frac{1}{2}$  partie d'aluminium en limaille pour une partie de fluoniobate. On peut se servir d'un creuset en charbon de cornue ou simplement d'un creuset brasqué. Seulement, comme il faut éviter d'introduire le mélange dans une brasque humide, et pour que la cavité creusée dans celle-ci se conserve après la dessiccation, il convient de préparer le creuset avec de la poudre de charbon humectée avec une dissolution concentrée de sucre; on y creuse la cavité nécessaire, puis on chauffe le creuset au rouge, ce qui donne à la masse de charbon une assez grande cohésion.

La réduction a été opérée dans un fourneau à vent, à la température des essais de fer. On ne retrouve, après le refroidissement du creuset, qu'un culot métallique, la scorie s'étant entièrement infiltrée dans le charbon. Traité par l'acide chlorhydrique jusqu'à ce qu'il ne dégage plus d'hydrogène à froid, même dans un acide assez concentré,

le culot laisse dissoudre tout aluminium libre et donne pour résidu une poudre cristalline, grise, à éclat métallique assez vif, qui est un alliage défini d'aluminium et de niobium.

Sa couleur est d'un gris de fer ou de platine; il se pulvérise facilement, et donne une poudre d'un noir grisâtre. Sa forme cristalline n'a pu être déterminée. Sa densité est de 4,45 à 4,52.

Lorsqu'on le lave par lévigation, les parties les plus ténues restent quelque temps en suspension; si on les recueille sur un filtre, on obtient une poussière grise très-fine qui brûle avec de brillantes étincelles, quand on la projette dans une flamme. Mais la poudre cristalline plus grossière n'offre aucun phénomène d'ignition, lorsqu'on la chauffe sur une lame de platine. Elle s'oxyde cependant à la longue, mais après un grillage prolongé pendant plus d'une heure l'oxydation est encore tout à fait superficielle et l'augmentation de poids très-faible.

L'acide chlorhydrique attaque cet alliage à l'aide de l'ébullition, avec dégagement d'hydrogène; la liqueur se colore d'abord en brun, puis en brun verdâtre et en bleu sombre, puis elle se trouble et forme un abondant précipité bleu grisâtre, qui blanchit bientôt au contact de l'air. Mais on arrive difficilement à faire disparaître les dernières traces de métal. La composition de l'alliage attaqué ne paraît pas changer sensiblement par une ébullition prolongée avec l'acide.

L'acide azotique et l'acide sulfurique étendu sont sans action.

L'acide sulfurique concentré l'attaque fortement à la température de son ébullition, avec dégagement d'acide sulfureux et même de vapeur de soufre. Cependant,

il est difficile d'arriver ainsi à une dissolution complète.

L'acide fluorhydrique, même étendu, attaque et dissout facilement cet alliage en se colorant en brun.

Je l'ai analysé en le fondant avec du bisulfate de potasse; il faut employer un assez grand excès de ce sel et maintenir la fusion assez longtemps pour arriver à une dissolution complète. On sépare ensuite l'acide niobique par une ébullition prolongée avec de l'eau, puis, après avoir presque neutralisé la liqueur par l'ammoniaque, on précipite l'alumine par le sulfhydrate d'ammoniaque. Vu la grande quantité de potasse contenue dans la dissolution, il convient de redissoudre l'alumine par l'acide chlorhydrique et de la précipiter une seconde fois.

L'aluminium renfermant toujours un peu de silicium, j'ai dû rechercher l'acide silicique dans l'acide niobique en le fondant avec du fluorure de potassium, décomposant par l'acide sulfurique et dosant une seconde fois l'acide niobique. La diminution de poids, très-faible d'ailleurs, qu'il subit par ce traitement indique la proportion d'acide silicique.

J'ai fait ainsi plusieurs analyses sur des produits provenant de préparations différentes, ou qui avaient été traités plus ou moins longtemps par l'acide chlorhydrique. Tous m'ont donné de 53 à 56 de niobium et 44 à 47 pour cent d'aluminium, ce qui prouve que cet alliage a une composition assez constante, correspondant sensiblement à la formule  $NbAl^3$  :

Nb	94	53,34
3 Al	82,2	46,66
	176,2	100

Je ne rapporterai en détail que deux analyses faites

avec le plus de soin, dans le but d'en conclure l'augmentation de poids du niobium par l'oxydation.

0,549 ont donné	}	Acide niobique 0,413 = Niobium	0,2897 ou 52,77 %.
		Acide silicique 0,007 = Silicium	0,0032 ou 0,59
		Alumine . . . 0,481 = Aluminium	0,2564 ou 46,70
			100,06 %.

0,726 ont donné	}	Acide niobique 0,553 = Niobium	0,3879 ou 53,43 %.
		Acide silicique 0,008 = Silicium	0,0037 ou 0,51
		Alumine . . . 0,624 = Aluminium	0,3326 ou 45,81
			99,75 %.

Si, dans chacune de ces analyses, on retranche de l'alliage le poids de l'aluminium et celui du silicium, on voit que :

0,2894 de niobium ont produit 0,413 d'acide niobique ou 142,7 %.  
 0,3897 " " " 0,553 " " " ou 141,9

ce qui s'accorde autant qu'on peut le demander avec le calcul qui exigerait 142,5.

Le zinc seul n'exerce aucune action réductrice sur le fluoniobate de potasse, du moins jusqu'à la température où le zinc est complètement chassé par volatilisation.

J'ai essayé la réduction par un mélange de zinc et de sodium, dans l'espoir d'arriver à des résultats analogues à ceux qu'ont obtenus MM. Sainte-Claire Deville et Troost pour le zirconium, mais il n'en a rien été. Le niobium réduit est resté disséminé dans la scorie. Le culot de zinc dissous par l'acide chlorhydrique n'a donné qu'un très-faible résidu floconneux, brunâtre, contenant sans doute du niobium, mais fort impur.

Le fer détermine une réduction, mais fort incomplète. En calcinant au rouge un mélange intime de limaille de

fer et de fluoniobate de potasse, et traitant ensuite le produit par l'acide chlorhydrique, il reste un abondant résidu amorphe, noir, fort peu attaquable par cet acide, mais il est essentiellement formé de fer dont la surface seulement est recouverte de niobium. En opérant au rouge blanc, dans un fourneau à vent, au creuset brasqué, j'ai obtenu un culot semblable à de la fonte, mais beaucoup plus malléable. Traité par l'acide chlorhydrique concentré, il a laissé environ 2,5 p. 100 d'un résidu floconneux, d'un brun grisâtre. Chauffé au rouge au contact de l'air, ce résidu est entré en ignition et a pris une couleur grise, en ne présentant qu'une très-faible augmentation de poids. C'était un mélange de niobium, de silicium et de charbon.

Enfin j'ai essayé de faire passer le courant de la pile entre deux gros fils de platine plongés dans un bain de fluoniobate de potasse fondu dans un excès de fluorure de potassium à une chaleur rouge. En traitant par l'eau la masse refroidie, je n'ai obtenu qu'un résidu assez considérable de platine pulvérulent, provenant de la corrosion du pôle positif; il s'est complètement dissous dans l'eau régale, et ne renfermait par conséquent point de niobium réduit.

La réduction du fluotantalate de potasse par le sodium a été exécutée, soit par Berzélius, soit par H. Rose. Les détails donnés par ces savants montrent qu'elle se passe exactement comme celle du fluoniobate, et que le produit obtenu reste toujours mélangé d'une certaine proportion d'un oxyde du tantale. Il est également fort probable que le produit de cette préparation renferme aussi de l'hydrogène. J'ai jugé inutile de répéter ces expériences.

Mais j'ai essayé la réduction du fluotantalate de po-

tasse par l'aluminium. Elle a lieu exactement comme celle du fluoniobate. Le culot, traité par l'acide chlorhydrique, laisse un alliage, en poudre cristalline, de tantale et d'aluminium. Il présente une couleur d'un gris de fer, un éclat métallique, une densité de 7,02; sa poussière est presque noire.

Bouilli avec de l'acide chlorhydrique concentré, il ne détermine qu'un dégagement d'hydrogène à peine appréciable. Cependant il prend par là une couleur plus sombre, ce qui indique une dissolution superficielle de l'aluminium. L'acide azotique, l'eau régale, l'acide sulfurique étendu, sont sans action sur lui. Il s'attaque par l'acide sulfurique concentré à l'ébullition, par le bisulfate de potasse en fusion, et surtout par l'acide fluorhydrique même à froid.

Chauffé au rouge au contact de l'air, il prend un aspect bronzé et irisé, mais augmente à peine de poids. Son analyse m'a donné :

pour 0 <sup>gr</sup> ,600;	}	Acide tantalique 0,516 = Tantale 0,4230 = 70,50 %.
		Acide silicique. 0,024 = Silicium 0,0142 = 1,87
		Alumine. . . . 0,307 = Aluminium 0,1636 = 27,27
		99,64 %.

Résultats qui s'éloignent peu de la formule Ta Al<sup>3</sup>.  
On a en effet :

		Calculé.	Trouvé.
Ta	182	68,89	70,50
3 Al	82,2	31,11	27,27
	264,2	100	

L'excès du tantale sur l'aluminium tient probablement à ce que cette analyse a été faite sur un produit qui avait subi une ébullition assez prolongée avec l'acide chlorhydrique.

Bien qu'il résulte de l'ensemble de ces recherches que nous ne savons rien de précis sur les propriétés qu'offriraient le niobium et le tantale, si l'on parvenait à les obtenir à l'état de pureté, il me semble que l'on peut y voir la preuve de la grande analogie que ces éléments présentent avec le silicium. La stabilité de la combinaison du niobium avec l'hydrogène, et le fait que les composés que forment ces éléments avec l'aluminium, sont des corps fragiles, dont la poussière n'offre aucun éclat métallique, me paraissent démontrer que, si l'on veut conserver la division des corps simples en métalloïdes et métaux, on ne peut les maintenir dans cette dernière classe. Au groupe qui renfermerait ces corps et le silicium, il faut nécessairement joindre le zirconium et le titane.

Cependant les principales combinaisons que forment ces divers éléments ne présentent point toutes le même mode de constitution, de telle sorte que, suivant les vues actuelles sur l'atonicité des corps, le niobium et le tantale sont des éléments pentatomiques, tandis que les autres corps du même groupe sont tétratômiques.

Ce résultat général me paraît avoir quelque importance, car il prouve, avec bien d'autres faits du reste connus depuis longtemps, que le principe adopté dans plusieurs traités de chimie récents, et qui consiste à faire de l'atonicité des éléments la base fondamentale de leur classification, ne conduirait qu'à un système aussi peu naturel, et certainement moins utile pour la pratique, que le principe admis jadis par Thénard pour la classification des métaux, savoir leur degré d'affinité pour l'oxygène.

Sans doute l'atonicité des corps, c'est-à-dire le mode de constitution de leurs composés les plus fréquents, constitue un caractère important, et qui acquiert une très-

grande valeur quand il est accompagné d'autres analogies, celle des propriétés physiques, par exemple, et surtout celle qui résulte d'affinités semblables et d'un même rôle chimique, comme cela a lieu pour les diverses familles des métalloïdes établies pour la première fois par M. Dumas. Mais vouloir lui attribuer une importance exagérée et exclusive, c'est s'exposer à réunir dans un même genre des corps qui offrent sous tous les autres rapports les plus grandes différences, comme l'argent et les métaux alcalins, et à séparer au contraire ceux qui présentent les plus grandes ressemblances, comme le silicium et le niobium.

---

**DES PROGRÈS RÉCENTS**  
DANS  
**L'ÉTUDE DES INFUSOIRES**  
PRINCIPALEMENT D'APRÈS M. Fr. STEIN  
PAR  
ÉDOUARD CLAPARÈDE

---

De nombreux observateurs ont contribué, durant ces dernières années, à étendre nos connaissances relativement aux protozoaires en général et aux Infusoires en particulier. Mais, entre tous, MM. Balbiani et Stein, surtout ce dernier, méritent d'être nommés au premier rang.

Dès l'année 1859, M. Stein, dont les travaux sur les Infusoires avaient déjà attiré précédemment l'attention générale et provoqué de vives discussions, fit paraître le premier volume d'un ouvrage<sup>1</sup> important sur l'organisation des Infusoires. L'année 1867 a vu paraître le second tome<sup>2</sup> de ce magnifique ouvrage qui sera, avec le célèbre travail de M. Ehrenberg, le plus beau monument élevé par notre siècle aux recherches sur les animaux microscopiques. Ce second tome devait être consacré essentiellement aux animalcules ciliés constituant l'ordre que M. Stein désigne sous le nom d'hétérotriches. Toutefois, l'auteur a

<sup>1</sup> *Der Organismus der Infusionsthierchen nach eigenen Forschungen*, von Dr Fr. Stein, 1<sup>ste</sup> Abtheilung, 1 vol. in-folio. Leipzig, 1859.

<sup>2</sup> *Ibid.*, 2<sup>e</sup> Abtheilung, 1 vol. in-folio. Leipzig, 1867.

jugé nécessaire de faire précéder cette étude d'une analyse détaillée des nombreux travaux concernant les infusoires parus dans l'intervalle. La plus grande partie de l'exposé qui va suivre, sera empruntée à ce savant compte-rendu, de la richesse duquel il ne pourra, il est vrai, donner qu'une maigre idée. Nous tiendrons compte, cependant, de quelques travaux récents, postérieurs par leur publication au tome second de l'ouvrage de M. Stein.

Les limites de la classe des Infusoires sont toujours sujettes à certaines contestations. M. Stein en exclut, ainsi que l'avaient fait MM. Claparède et Lachmann<sup>1</sup> dans leur ouvrage, les Amibes et les genres voisins pour les réunir aux Rhizopodes. Sur la fin de sa vie, Lachmann<sup>2</sup> émit une opinion différente et voulut réintégrer les Amibes, dans la classe des infusoires sous le nom d'Infusoires-Rhizopodes. Cette manière de voir n'est pas acceptée par M. Stein. Les Infusoires-Rhizopodes ont leurs parents immédiats dans les Rhizopodes proprement dits et dans les Grégarines. Même ces dernières devraient donc prendre place dans la classe des Rhizopodes. Leur liaison avec les Amibes est si intime que le *Proteus tenax* d'O. F. Müller serait, selon M. Stein, une Grégarine du genre Monocystis qui aurait quitté de petits crustacés du genre Cyclope pour se mouvoir librement dans l'eau.

Si M. Stein rejette les Infusoires-Rhizopodes de la classe des Infusoires, il prétend, en revanche, y maintenir les Infusoires flagellés que M. Hæckel considère comme

<sup>1</sup> Pour la commodité de l'exposition, je parlerai toujours de mes propres travaux au style indirect. E. C.

<sup>2</sup> *Verhandl. des naturhist. Vereins der preussischen Rheinlande 1859. Sitzungsber.* p. 91.

appartenant tous au règne végétal<sup>1</sup>. Pour une grande partie de ces organismes, l'opinion de M. Hæckel est évidemment fautive, pour tous ceux, en particulier, qui sont munis d'une bouche et avalent de la nourriture. Cette question est d'ailleurs intimement liée avec celle de la structure intime du corps des protozoaires. M. Stein nie complètement que le corps des Infusoires puisse être considéré comme une agrégation de cellules. MM. Claparède et Lachmann qui, malgré des efforts soutenus, avaient tout aussi peu réussi que lui à y découvrir la moindre trace d'organisation cellulaire, n'en étaient pas moins disposés à admettre qu'à l'aide de moyens de recherche plus puissants, on arriverait peut-être un jour à reconnaître une certaine complication de structure dans le sarcode des Infusoires. Ils basaient cette opinion sur la multiplicité des fonctions remplies par ce sarcode, sur la structure fine et régulière des coques et membranes sécrétées par lui, etc. M. Stein ne voit pas de nécessité d'admettre une hypothèse pareille. Il objecte, avec raison, que le protoplasma des cellules végétales sécrète souvent des enveloppes à structure très-délicate, comme nous le voyons pour les diatomées, les grains de pollen, les cellules ligneuses, etc. L'existence chez certains infusoires de ces corpuscules particuliers, que MM. Allman, Claparède et Lachmann désignent sous le nom trichocystes et que M. Stein appelle corpuscules du toucher, n'implique point une nature cellulaire. M. Stein reconnaît maintenant ce qu'il s'était longtemps refusé à admettre, savoir que les longs filaments que l'on voit étendus en sens épars autour de certains infusoires ciliés tués par l'acide acétique et

<sup>1</sup> Ernst Hæckel, *Die Radiolarien*, 1 vol. in-folio avec atlas. Berlin, 1862.

dans d'autres circonstances proviennent de ces corpuscules. Cependant, il se refuse à voir dans ces derniers des capsules renfermant un fil préformé. Il ne s'agit, suivant lui, que de petites masses d'une substance propre à s'étirer en longs fils. En somme, M. Stein admet, dans tous ses traits principaux, la théorie sarcodique et il refuse de se joindre à MM. Schultze et Hæckel, lorsque ces savants veulent voir dans le corps des infusoires l'équivalent d'une agrégation de cellules fusionnées en une seule masse.

Sans doute, il se forme dans le sarcode, soit des Infusoires, soit des Rhizopodes, par voie spontanée, des nucléus en nombre simple ou multiple, ou même des cellules véritables (cellules jaunes des radiolaires); mais cette génération endogène de noyaux et de cellules dans le sarcode ne justifie point encore l'interprétation de MM. Schultze et Hæckel. Cette interprétation est pourtant liée à un point de vue d'importance majeure. Selon M. Gegenbaur, et M. Hæckel marche ici entièrement sur ses traces, l'animal comme la plante sont dans le principe une simple cellule, mais la plante ou bien conserve cette nature unicellulaire, ou bien se transforme par division spontanée en un organisme multicellulaire, dont les cellules s'entourent immédiatement chacune d'une membrane de cellulose et conservent ainsi leur indépendance; tandis que l'animal ne reste jamais unicellulaire; il se développe toujours par division de la cellule primitive en un organisme multicellulaire, dont les cellules gardent les unes leur indépendance par formation d'une membrane, tandis que les autres se réunissent pour former des tissus d'ordre supérieur dans lesquels les limites des cellules ne sont souvent plus reconnaissables. Cette thèse de MM. Gegenbaur et Hæckel a pour résultat de classer, sans hésitation, tous

les organismes unicellulaires parmi les végétaux. Mais, pourquoi n'y aurait-il pas des êtres unicellulaires aussi bien parmi les végétaux que parmi les animaux ? Les Arcelles qui renferment le plus souvent de nombreux nucléus n'en contiennent cependant, dans certains cas, qu'un seul, aussi M. Hæckel penche-t-il à les placer parmi les plantes. Mais les Arcelles mangent, et elles passent par transition insensible aux Polythalamies, dont personne ne voudra faire des végétaux. Cette nouvelle distinction entre le règne végétal et le règne animal semble donc aussi peu décisive, que toutes celles qu'on a tenté d'établir précédemment. Selon M. Stein, l'Infusoire est un être unicellulaire au moment de sa première formation. Chaque sphère germinative (Keimkugel) provenant de la division du nucléus de l'Infusoire parent se transforme directement en embryon, sa membrane en devient la cuticule, son protoplasma en devient le sarcode, son noyau en devient le nucléus. Mais l'Infusoire, entièrement formé, ne saurait plus être considéré comme un organisme unicellulaire. Ce n'est plus simplement une cellule modifiée dans son développement ; la structure primitive de la cellule a fait place à une organisation de toute autre nature.

M. Stein considère le corps entier de l'Infusoire comme formé par du sarcode plus dense à la périphérie, plus mou au centre. Il a déjà opposé cette manière de voir dans la première partie de son ouvrage à celle de MM. Claparède et Lachmann qui considéraient la région périphérique plus dense comme formant seule le parenchyme du corps, et la région centrale dans laquelle s'opèrent les phénomènes de digestion, comme une cavité digestive remplie d'un chyme épais. Ce chyme est donc vivant aux yeux de M. Stein, contractile et doué du pouvoir digestif,

manière de voir à laquelle nous ne saurions refuser aujourd'hui notre approbation. Dans la couche la plus externe et, par conséquent, la plus dense du sarcode, M. Stein s'était longtemps refusé à reconnaître aucune trace de muscles. Aujourd'hui, cependant, sans parler du muscle du pédoncule des Vorticelles, il admet, comme M. Schmidt en particulier, l'existence de véritables muscles sous la cuticule de beaucoup d'Infusoires. M. Ehrenberg avait déjà entrevu les muscles longitudinaux et spiraux des Stentors, mais maintenant, M. Stein, comme M. Schmidt, revendique la nature musculaire pour les stries granuleuses de tous les Infusoires dont la surface présente des systèmes de stries. La justesse de cette interprétation ressort de ce fait que les contractions du corps ont toujours lieu dans le sens de la direction des stries. Le *Spirostomum ambiguum*, avec ses stries granuleuses, décrivant plusieurs tours de spire autour de son corps et avec sa contractilité exceptionnelle, est un des animalcules les plus propres à l'étude de cette question. Lorsque cet Infusoire allongé se contracte, il ne se raccourcit pas simplement suivant son axe longitudinal, mais il se tord en même temps en spirale, comme une vis ; cette torsion est toujours léotrope, comme le système de stries. M. Stein pousse maintenant l'identification des muscles des Infusoires avec ceux des animaux supérieurs, au point d'assimiler les granules des fibres des Stentors aux disdiaclasses des muscles. Dans tous les cas, les systèmes de stries chez les Infusoires ne sont point liés, comme on l'a cru quelquefois, au vêtement ciliaire. En effet, certains Infusoires présentent des systèmes de stries dans des régions d'ailleurs entièrement glabres, tandis que d'autres sont ciliés sur toute leur surface sans présenter aucune trace de stries.

La nature des cils des Infusoires est restée jusqu'ici assez douteuse, bien qu'on ait considéré, en général, ces organes comme des appendices de la cuticule, M. Stein cite des observations concluantes prouvant que ces cils ne sont nullement cuticulaires, mais qu'il faut les considérer comme formés uniquement par le protoplasma, soit sarcode de l'animal. Il a été, en effet, témoin d'une véritable mue chez une Operculaire. L'animal contracté se détache de sa cuticule, à laquelle il reste adhérent pendant quelque temps par deux régions circulaires, correspondant l'une au cercle postérieur de cils vibratiles, l'autre à la réflexion du péristome. Puis tout à coup ces derniers points d'attache se rompent et l'animal se trouve libre dans l'intérieur de son ancienne cuticule. Il porte toujours son cercle de cils vibratiles à sa partie postérieure. Il faut donc admettre que ces cils traversaient la cuticule, grâce à l'existence de très-petits pores, mais qu'ils appartiennent réellement à la masse de sarcode de l'animal.

Relativement au mode de nutrition des Infusoires, M. Stein croit devoir réfuter avec soin un Mémoire récent de M. Ehrenberg<sup>1</sup>, dans lequel ce savant cherche à réhabiliter son ancienne théorie de la polygastricité. Cette peine était pour ainsi dire superflue : cette théorie a fait son temps, et M. Ehrenberg a lui-même moins cherché à la démontrer à l'aide de faits nouveaux qu'à solliciter une importance exagérée pour des préparations microscopiques desséchées pendant plus de vingt-sept ans. Ce n'est pas seulement aux Infusoires, mais c'est encore aux diatomées que M. Ehrenberg continue d'attribuer des

<sup>1</sup> *Ueber die seit 27 Jahren noch wohl erhaltenen Organisationspräparate des mikrosk. Lebens. — Abhdl. der Berliner Akad. der Wissens. aus dem Jahre 1862.* Berlin, 1863.

estomacs multiples. Une semblable assertion ne saurait plus se discuter aujourd'hui.

Les vésicules contractiles des Infusoires ont été interprétées de manières fort diverses depuis M. Ehrenberg, qui en faisait des vésicules séminales, jusqu'à Wiegmann, et M. de Siebold qui en faisaient le centre d'un appareil circulatoire, opinion qui a été soutenue aussi par MM. Claparède, Lachmann et Lieberkühn, et, enfin, à M. Oscar Schmidt qui en fit le centre d'un système aquifère. L'opinion de M. Schmidt était basée sur la découverte faite par lui d'une communication, chez certains Infusoires, de la vésicule contractile avec le monde extérieur. Cette observation, fort importante, fut bientôt confirmée par divers observateurs, tels que MM. Leuckart, Leydig, Carter. Sur la fin de sa vie, Lachmann en reconnut aussi la justesse. M. Stein, à son tour, démontre, avec beaucoup de soin, cette communication de la vésicule contractile avec l'extérieur, et à une époque toute récente ce sujet a été de nouveau étudié et élucidé avec beaucoup de zèle par M. Zenker<sup>1</sup> et M. Schwalbe<sup>2</sup>. De toutes ces nombreuses observations il semble ressortir que les vésicules contractiles jouent moins le rôle d'un système aquifère introduisant de l'eau dans le corps que celui d'un appareil excréteur. Les canaux qui, chez beaucoup d'Infusoires, sont en communication avec les vésicules contractiles, paraissent être de véritables canaux de drainage destinés à enlever au sarcode l'eau surabondante qui l'imprègne et qui y est apportée continuellement, soit par la bouche,

<sup>1</sup> *Beiträge zur Naturgeschichte der Infusorien*, von Dr W. Zenker. Archiv für mikr. Anatomie, 1866, II, p. 332.

<sup>2</sup> *Ueber die contractilen Behälter der Infusorien*, v. Dr G. Schwalbe. Ibid., p. 351.

soit par l'absorption de la surface du corps. Cette eau emmagasinée dans la vésicule contractile est chassée au dehors par les contractions rythmiques de celle-ci. Il semble d'ailleurs résulter de toutes les observations les plus récentes, que les vésicules contractiles n'ont pas de membrane propre, on peut donc leur rendre le nom de vacuole que leur donnait Dujardin. Leur mouvement de systole et de diastole est dû à la contractilité du protoplasma ou sarcode ambiant. Il faut, dans ce cas, admettre que les contractions de cette substance sont sollicitées, soit par l'action mécanique du liquide qui distend la vacuole, soit par la composition chimique de ce liquide. Peut-être les deux causes agissent-elles simultanément.

Dans tous les cas, il est probable que l'eau qui traverse continuellement les tissus de l'Infusoire, pour être ensuite éliminée par la vésicule contractile, joue un rôle important dans les phénomènes de respiration. Ce sujet a été scruté avec beaucoup de sagacité par M. Schwalbe, qui, à l'aide de quelques expériences, a rendu fort plausible le rôle respiratoire des courants d'eau traversant le sarcode.

Les progrès les plus remarquables de l'étude des Infusoires sont, sans contredit, ceux relatifs aux phénomènes de reproduction sexuelle chez ces animaux. La première impulsion fut donné par la découverte d'éléments comparables aux zoospermes, chez certains Infusoires, en l'année 1856, par Joh. Müller, Lachmann, Claparède et Lieberkühn, mais ce sujet fut immédiatement repris et développé d'une manière inattendue par M. Balbiani<sup>1</sup> et M. Stein. M. Balbiani eut le mérite de reconnaître le pre-

<sup>1</sup> Voyez différentes notes et plusieurs mémoires de M. Balbiani insérés soit dans les *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, soit dans le *Journal de Physiologie*.

mier que, chez le *Paramæcium Bursaria*, les zoospermes se développent dans le nucléole et il revendiqua pour ce petit organe le titre de glande sexuelle mâle, tandis qu'il considérait le nucléus comme un ovaire. Il poursuivit des couples de *Paramæcium* dans cet état d'union intime, qu'on désigne aujourd'hui généralement sous le nom de conjugaison, mais qu'il considéra, sans hésitation, comme un véritable accouplement. Pendant cet état de conjugaison, les deux individus de chaque couple échangent, selon M. Balbiani, leurs capsules séminales résultées de la transformation du nucléole et chacun de ces individus hermaphrodites se trouve ainsi fécondé. A la suite de ces phénomènes, M. Balbiani vit chaque nucléus donner naissance à des embryons acinétiiformes semblables à ceux que M. Cohn et M. Stein avaient précédemment décrits chez cet animal. Plus tard, il est vrai, M. Balbiani révoqua la dernière partie de ces observations, déclarant qu'il avait été victime d'une méprise, et que les prétendus embryons ne seraient que des acinétiiniens parasites appartenant au genre *Sphærophrya* Clap. et Lach. M. Stein, en revanche, maintient la nature embryonnaire de ces petits êtres, et il fournit des preuves abondantes et considérables en faveur de cette manière de voir. Chez certaines Stylonychies en particulier, dont les embryons ont également une forme de *Sphærophrya*, ces petits êtres quittent le corps de la Stylonychie par une ouverture dont la position est parfaitement constante. Cette constance serait bien singulière s'il s'agissait, comme le pense M. Balbiani, d'un passage que le parasite se serait frayé à travers les tissus de son hôte. Quoi qu'il en soit, l'interprétation donnée par M. Balbiani au phénomène même de la conjugaison, ne paraît pas avoir de valeur générale,

et ne serait pas même entièrement exact, selon M. Stein, pour le cas particulier du *Paramœcium Bursaria*. Chez cet animal, d'après le professeur de Prague, le nucléole de chaque individu se développe pendant la conjugaison en une ou plusieurs capsules séminales, qui n'arrivent à complète maturité que lorsque les deux individus conjugués se sont séparés de nouveau. Point d'échange réciproque, par conséquent, des nucléoles. Dans chaque individu, redevenu libre, les zoospermes pénètrent dans le nucléus et le fécondent. Celui-ci se divise alors en un certain nombre de masses germinatives, dont chacune devient le point de départ de la formation d'un embryon acinétiiforme.

Malgré les divergences considérables qui subsistent entre les nombreuses observations de MM. Stein et Balbiani, il est à peine permis de douter, aujourd'hui, que les infusoires dont les organes reproducteurs sont formés par un nucléus et un nucléole (en nombre simple ou multiple) doivent être considérés comme de véritables hermaphrodites, dans lesquels le nucléus joue le rôle d'organe femelle et le nucléole celui d'organe mâle. Toutefois, il est à remarquer que jusqu'ici le nucléole n'a été reconnu que chez un nombre d'Infusoires très-restreint. L'ordre entier des acinétiiniens, si bien étudié au point de vue de la reproduction par différents auteurs, n'en présente jamais la moindre trace, tellement que M. Balbiani se voit forcé de considérer sa reproduction comme asexuelle. L'ordre des Infusoires flagellés est, de même, formé par des êtres toujours dépourvus de nucléole. Même parmi les Infusoires ciliés, certains genres, et peut-être des familles entières, comme celle des Vorticellines, ont bien un nucléus, mais jamais de nucléole, et, cependant, chez

tous ces Infusoires dépourvus de nucléole, le nucléus donne naissance par sa division à des masses germinatives destinées à former de nouveaux individus. Cela est vrai, même des Infusoires flagellés, puisque M. Stein décrit en détail un tel mode de multiplication chez l'*Euglena viridis*. Aussi est-il peut-être imprudent de renoncer aux termes de *nucléole* et de *nucléus*, comme le fait M. Balbiani, pour les échanger contre ceux de *testicule* et d'*ovaire*. Les termes de nucléole et de nucléus ont d'ailleurs leur droit de bourgeoisie acquis dans la science et, comme le fait remarquer M. Stein, la signification vague de ces dénominations est fort avantageuse aussi longtemps que les phénomènes sexuels proprement dits, ne sont connus, pour ainsi dire, que comme des faits exceptionnels parmi les Infusoires. Au point de vue histologique, d'ailleurs, il y a une assez grande différence entre les organes en question et les glandes sexuelles d'autres animaux. Le nucléole, par exemple, est toujours formé d'une enveloppe dépourvue de toute structure et d'un contenu homogène qui se transforme directement en faisceau de zoospermes. Il ne renferme jamais d'éléments cellulaires, comme le fait tout vrai testicule. Il est tout aussi difficile, malgré les efforts faits par M. Balbiani dans ce sens, de reconnaître au nucléus les caractères histologiques d'un ovaire et aux fragments dans lesquels il se divise ceux de véritables ovules.

Les phénomènes de conjugaison, dont l'étude avait soulevé entre les mains de M. Balbiani de si intéressantes questions, ces phénomènes, disons-nous, ont été poursuivis avec plus de soin encore et sur un nombre d'espèces bien plus considérable par M. Stein, mais ce savant est loin d'admettre les conclusions, peut-être un peu pré-

maturées de son confrère. Pour M. Balbiani, la conjugaison est un véritable accouplement, ainsi que nous l'avons dit, et cet observateur admet, dans certains cas tout au moins, l'existence d'ouvertures sexuelles permettant l'échange des capsules séminales. M. Stein conteste entièrement l'existence de ces ouvertures. Leur présence ne serait d'ailleurs point nécessaire pour expliquer la fécondation, puisque les cavités du corps des deux individus conjugués sont toujours en communication plus ou moins large l'une avec l'autre. Mais, sans nier que, dans certains cas, une fécondation puisse intervenir pendant une conjugaison, M. Stein ne voit dans ce fait qu'un simple accident d'importance secondaire, et il se refuse, par conséquent, à échanger le terme de conjugaison contre celui d'accouplement.

Dans l'état actuel de la science, il faut, pense M. Stein, envisager la conjugaison comme un phénomène ayant pour résultat le développement complet des organes générateurs jusqu'alors rudimentaires. De quelle manière la conjugaison engendre-t-elle cette modification ? c'est là un problème, il est vrai, encore à résoudre, mais le fait même est indubitable. A ce point de vue, la conjugaison serait un prélude nécessaire de la fécondation. Dans la plus grande partie des cas, la conjugaison se termine par une nouvelle séparation des individus conjugués. Leur soudure avait-elle eu lieu sur une faible étendue seulement, de telle sorte que les deux individus fussent restés en majeure partie distincts, ils se séparent de nouveau suivant la ligne de soudure comme par une division spontanée. Mais, si les individus conjugués sont arrivés à un degré de fusion tel que des régions entières du corps de l'un ou l'autre individu aient complètement disparu, comme

c'est le cas chez les Oxytrichiens, une simple division ne suffit plus pour séparer les individus fusionnés. On ne voit point dans ce cas, à la fin de la conjugaison, se reformer les parties disparues, mais dans le cadre de la sizygie, tel est le nom que M. Stein donne à l'être résulté de la fusion de deux individus conjugués, on voit apparaître deux nouveaux petits individus qui croissent aux dépens des individus primitifs, qui en résorbent les éléments et finissent par s'en détacher pour vivre d'une manière indépendante. Ces nouveaux individus sont différents des Oxytrichiens normaux par le fait qu'ils ne possèdent plus les deux nucléus biarticulés si caractéristiques de ces Infusoires. Dans la règle, ils paraissent ne prendre aucune nourriture. Ils contiennent à la place des nucléus normaux, d'après les observations identiques de M. Stein et de M. Engelmann, un corps central unique qu'on peut appeler le placenta. De ce corps se détachent un certain nombre de masses germinatives destinées à former autant d'embryons acinéiformes. Après quoi les restes du placenta se divisent en deux fragments biarticulés qui reprennent la forme des nucléus normaux. Il est probable enfin que lorsque la conjugaison est plus intime encore, comme c'est le cas chez les Stylonychies, les individus conjugués restent réunis en un seul d'une manière définitive.

Dans trois familles d'Infusoires, celles des Vorticellines, des Ophrydines et des Trichodines, il était réservé à M. Stein de faire connaître un mode de reproduction très-inattendu. Chez les Vorticellines, il est vrai, d'autres observateurs, en particulier MM. Claparède, Lachmann et Engelmann, avaient déjà suivi pas à pas la formation de jeunes individus dans des fragments du nucléus des adultes. L'exactitude de ces faits n'est nullement révoquée en

doute par M. Stein; il les a, au contraire, entièrement confirmés. Mais il a, en outre, constaté des phénomènes différents qu'il désigne sous le nom de conjugaison gemmiforme, phénomènes qui, s'ils sont interprétés justement par lui, ouvrent à l'observation un champ entièrement nouveau. Les familles d'Infusoires en question ont été depuis longtemps remarquées comme présentant des phénomènes de gemmiparité, mode de reproduction étranger aux autres Infusoires. Or, d'après M. Stein, tous les observateurs se seraient trompés sur ce point, lui-même comme les autres, et les prétendus bourgeons ne mériteraient point ce nom. L'apparence d'un individu parent, engendrant un bourgeon, serait le résultat de la conjugaison de deux individus d'inégale grosseur. Dans ce cas, de même que dans celui de la conjugaison d'individus de grosseur semblable, découvert dans l'origine chez les Vorticellines par MM. Claparède et Lachmann, les individus conjugués se fondent en un seul pour ne plus jamais se séparer. La conjugaison d'individus de grosseur égale n'a été constatée jusqu'ici que chez les genres Vorticelles et Carchesium. Toutefois, selon M. Stein, la conjugaison gemmiforme, serait de beaucoup la plus fréquente, même dans ces deux genres. Il l'a constatée, en outre, chez les Zoothamnium, les Lagenophrys et les Trichodines. Le petit individu nécessaire à une conjugaison gemmiforme naît, dans une famille de Vorticellines par exemple, par la division plusieurs fois répétée d'un individu normal. On voit alors la place d'un des individus de la famille occupée par un groupe formé le plus souvent de huit petits individus serrés les uns contre les autres. Ces rosettes de petits individus ont frappé dans certains genres tous ceux qui se sont occupés d'Infusoires, sans qu'on ait

cru cependant devoir leur attribuer de fonction particulière. Ces petits individus, que M. Stein désigne sous le nom de microgonidies, sont munis chacun d'un cercle de cils natatoires; ils se détachent de leur pédoncule et vont se fixer sur un gros individu de la même espèce avec lequel ils se conjuguent. Au commencement de la conjugaison, l'apparence des deux individus conjugués est tout à fait celle d'un gros individu portant un petit bourgeon. Toutefois, le petit individu s'enfonçant toujours plus dans le grand et se fondant avec lui, finit par disparaître<sup>1</sup>.

Le résultat de cette singulière conjugaison est toujours la production par les nucléus des individus conjugués d'un nombre plus ou moins grand de petits segments circulaires qui tantôt restent isolés les uns des autres, comme c'est le cas dans le genre *Vorticelle*, tantôt finissent par se réunir en un seul corps, le placenta, comme cela arrive pour la plupart des autres *Vorticellines* et pour les *Trichodines*. Dans le premier cas, une partie des segments du nucléus se transforme en masses germinatives pour former autant d'embryons, tandis que les autres se réunissent pour reproduire un nucléus de forme normale; dans le second cas, le placenta produit d'abord

<sup>1</sup> Quelque inattendue, et je dirai même invraisemblable, qu'ait été pour moi au premier abord cette nouvelle doctrine de M. Stein, je dois dire, cependant, que je trouve parmi mes propres observations certains faits qui s'accordent assez bien avec elle. C'est ainsi que j'ai décrit et figuré avec M. Lachmann chez les *Epistylis* des cas de bourgeonnement dans lesquels une ligne parfaitement nette délimite dans les tissus du parent les contours du bourgeon. Cette apparence s'explique fort bien si le prétendu bourgeon est un individu plus petit s'enfonçant par degrés dans un individu plus grand. Nous avons également décrit un cas de conjugaison d'un bourgeon en voie de formation avec un autre individu. Dans la doctrine de M. Stein, il s'agirait de la conjugaison d'un microgonidie avec deux gros individus.

un certain nombre de masses embryonnaires, puis le reste reprend la forme du nucléus ordinaire. Les embryons, une fois formés, quittent le corps de l'individu parent par une ouverture de parturition. Leur ressemblance avec les adultes est nulle. Ce sont des corps ovales privés de bouche et d'anus, munis d'un nucléus et d'une vacuole contractile, vêtus de cils sur toute leur surface ou au moins ornés d'une ceinture ciliaire. Ils tourbillonnent avec une grande rapidité et n'ont pu être poursuivis dans le cycle de leurs métamorphoses.

Les exemples de conjugaison gemmiforme apparaissent, selon M. Stein, toujours isolément dans les familles de Vorticellines. Il semble, au premier abord, difficile de concilier ces observations avec celles de MM. Claparède et Lachmann. En effet, ces deux zoologistes ont toujours vu chez l'*Epistylis plicatilis* les embryons se former simultanément chez la plus grande partie des individus d'une même famille, individus remarquables d'ailleurs par une forme plus élancée que celle des familles non reproductrices. L'exactitude de ces observations ne saurait être révoquée en doute; elles ont été confirmées par M. Engelmann et par M. Stein lui-même. Le savant professeur de Prague cherche à les expliquer de la manière suivante. Les individus des familles reproductrices n'auraient point passé eux-mêmes directement par une conjugaison, mais ils descendraient par voie de fissiparité d'un ancêtre qui, après avoir été fécondé à la suite d'une conjugaison, se serait détaché de son pédoncule pour aller fonder une famille nouvelle. Cette hypothèse est attrayante, mais c'est encore une pure hypothèse.

Nous ne saurions quitter cet aperçu des phénomènes reproducteurs chez les Infusoires sans rappeler que

M. Stein s'est efforcé jadis d'établir une liaison génésique entre les Vorticellines et les Acinétiens. Cette opinion était basée sur une longue série de faits tous fort bien observés, mais rapprochés les uns des autres d'une manière malheureuse. Elle fut combattue d'abord par M. Cienkowski, puis et surtout par MM. Claparède et Lachmann. Il faut rendre à M. Stein la justice de reconnaître que, malgré la vivacité du débat, il a su céder aux arguments de ses adversaires dès qu'ils ont été concluants. Habitué cependant depuis de longues années à considérer tous les Acinétiens comme des formes larvaires, M. Stein, tout en renonçant à voir en eux le jeune âge des Vorticellines, se laissa entraîner à les intercaler dans le cycle de développement d'autres Infusoires. Aujourd'hui cependant, avec une parfaite franchise, M. Stein reconnaît que, pour la seconde fois, il avait fait fausse route dans l'interprétation des Acinétiens. Cette erreur était d'ailleurs fort compréhensible. Le fait que les embryons de tant d'Infusoires sont munis de suçoirs semblables à ceux des Acinétiens pouvait facilement entraîner vers une hypothèse aussi séduisante. Il reste dans tous les cas acquis à la science que les Acinétiens conservent à l'état adulte une organisation voisine de celle des embryons d'autres Infusoires.

Nous ne saurions clore ce bref aperçu sans indiquer notre opinion sur l'état actuel de la classification des Infusoires. Nous avons vu se succéder à des intervalles divers les tentatives de MM. Ehrenberg, Dujardin, Claparède et Lachmann. Chacune d'elles a constitué un progrès incontestable, mais toutes souffraient encore de bien des défauts. Le nombre considérable de genres nouveaux découverts durant ces dernières années, surtout par M. Stein, doit

conduire dans bien des cas à des groupements nouveaux. Les nombreuses familles nouvelles établies par M. Stein, comme aussi les restrictions que ce savant a apportées à beaucoup de familles admises avant lui, méritent, sans contredit, dans la plupart des cas une complète approbation. Mais le plus grand mérite de M. Stein, concernant la classification, consiste dans la subdivision très-naturelle qu'il a su introduire parmi les Infusoires ciliés. Il les répartit selon la forme et la distribution de leur vêtement ciliaire dans les quatre ordres des Pérित्रiches, des Hypoत्रiches, des Hétéroत्रiches et des Holoत्रiches. Ce mode de subdivision nous paraît fort naturel, et recevra sans aucun doute l'approbation générale. M. Stein donne à ces divisions le nom d'ordres, ce qui semble indiquer qu'à ses yeux les Infusoires ciliés, les Acinétiens et les Infusoires flagellés, forment trois classes distinctes.

Nous regrettons de ne pouvoir aborder l'examen de la partie spéciale de l'ouvrage de M. Stein. Les limites qui nous sont imposées par cette analyse nous l'interdisent. La richesse des faits nouveaux renfermés dans ce travail conduira nécessairement tous ceux qui s'intéressent spécialement aux Infusoires, à recourir directement au nouveau volume de M. Stein.

---

A. FAVRE.

**RECHERCHES GÉOLOGIQUES**

DANS LES PARTIES

**DE LA SAVOIE, DU PIÉMONT ET DE LA SUISSE**

VOISINES DU MONT-BLANC

3 vol. in-8°, avec un atlas de 32 planches. Paris, V. Masson et fils, 1867,

PAR

**M. B. STUDER.**

---

La Haute-Savoie a été depuis un siècle le pays classique de la géologie et de la physique des hautes Alpes. Le voyage que de Saussure fit à Chamonix, en 1760, à l'âge de vingt ans, avec ses amis J.-L. Pictet et Jallabert, paraît avoir fixé la direction de son esprit vers l'étude des problèmes que nous pose la structure du Mont-Blanc et des phénomènes qui ont lieu dans les parties élevées de l'atmosphère, et c'est de cette époque que date une nouvelle ardeur dans l'étude de la physique du globe. De Saussure cependant était plutôt minéralogiste et physicien que géologue, dans le sens qu'aujourd'hui on attache trop exclusivement à ce titre ; ses observations dans les Alpes n'avaient pas pour but la stratigraphie des terrains et leur âge relatif, mais la composition des roches cristallines et la recherche des agents auxquels elles doivent leur origine et leur position actuelle, et pour tout ce qui se rapporte à ces questions difficiles ses recherches servent en-

core de modèle. C'était la géologie de son temps qui l'inspirait. Après sa mort, au commencement de ce siècle, l'on ne connaissait dans le pays qui s'étend du lac de Genève jusqu'en Maurienne, ainsi que dans presque tous les autres, ni la disposition des terrains stratifiés, ni leurs rapports avec les terrains des pays environnants. A peu près tout ce que l'on entend aujourd'hui par la connaissance géologique d'un pays restait à faire. Un premier pas, pour atteindre ce but, fut fait par Brochant, qui, en 1808, dans son remarquable mémoire sur la Tarentaise, démontra que la plus grande partie des roches du Mont-Blanc, regardées jusque alors comme primitives, devaient être classées parmi les terrains neptuniens de transition de Werner. En 1823, Bakewell publia ses *Travels*, dans lesquels il reconnut le terrain houiller dans la puissante masse de schistes et de grès qui, en Savoie et en Dauphiné, renferment des anthracites, et le lias dans les calcaires qui leur sont superposés. Peu d'années après, M. Élie de Beaumont, dans ses éminents travaux sur les Alpes du Dauphiné, effleura aussi la Savoie et donna une bien plus grande extension au lias en y réunissant les schistes que Bakewell avait regardé comme appartenant au terrain houiller et même des schistes en partie cristallins. La même opinion fut soutenue par M. Sismonda, qui fit beaucoup de courses en commun avec M. Élie de Beaumont, et c'est à lui, sinon à M. Élie de Beaumont lui-même, que nous devons le premier essai d'une carte géologique de la Savoie, comprise dans la grande carte géologique de la France, publiée en 1841, et dans celle du Piémont, publiée en 1862. Mais ce fut particulièrement Necker qui, par l'étude des terrains de sédiment de la Savoie, voulut combler la lacune laissée par son illustre

grand-père. Les travaux géologiques sur les Alpes qu'il nous a laissés, malheureusement en trop petit nombre, témoignent de son éminent talent d'observateur consciencieux, de son esprit juste, trempé par de fortes études, de l'élégance et de la clarté de son style. De son temps, cependant, les obstacles qui s'opposaient à faire la géologie spéciale d'un pays alpin étaient insurmontables. On manquait de cartes, même médiocres, la paléontologie était dans l'enfance, et les fossiles que l'on trouvait ne pouvaient être déterminés. A peine venait-on de reconnaître, d'après Al. Brongniart et Buckland, la conformité des fossiles des Fiz avec ceux de Folkstone. En France même, où les fossiles sont si abondants, les terrains du Dauphiné et de la Provence, qui sont la continuation de ceux de la Savoie, n'avaient pas été étudiés. L'on ne s'était pas habitué enfin aux énormes contorsions et dislocations des couches qui trop souvent troublent et égarent le jugement sur l'ordre véritable de la succession des terrains. Ce sont probablement ces difficultés, et peut-être aussi le plan trop vaste qu'il s'était proposé, qui ont découragé Necker de continuer ses *Études géologiques dans les Alpes*. Il n'en a paru qu'un seul volume, en 1844, qui traite des terrains récents, quaternaires et miocènes des environs de Genève, et l'ouvrage devait embrasser la Savoie, l'Istrie et les parties intermédiaires des Alpes qu'il avait visitées.

Depuis les premiers mémoires de Necker sur la Savoie, qui datent de 1826 et 1828, la géologie de ce pays a fait de notables progrès. Sous le patronage éclairé de Monseigneur l'archevêque Billiet, un centre scientifique s'est établi à Chambéry, et MM. Chamousset, Vallet et Pillet nous ont fait connaître la géologie des Alpes calcaires de leurs environs par des communications qui sont parfaite-

ment au niveau de la science actuelle. Un autre centre, plus restreint, encouragé par Monseigneur l'évêque Rendu, s'est formé à Annecy, où M. de Mortillet, auteur d'une *Géologie et Minéralogie de la Savoie*, 1858, avait établi pendant quelques années sa résidence. Nous devons à MM. Pictet et de Loriol la connaissance des fossiles, à M. Favre celle de la géologie des Voirons, du Salève, du Môle et d'autres parties de la Savoie. Dans les pays alpins qui touchent à la Savoie l'on n'est pas resté en arrière. Le Dauphiné a été exploré et décrit par MM. Gueymard et Sc. Gras, et la description classique de cette contrée, accompagnée d'une belle carte, que nous devons à M. Lory est justement appréciée comme l'un des meilleurs ouvrages de géologie alpine. En Suisse, nous avons cherché à nous tenir au niveau, et plusieurs de nous ont poussé leurs recherches sur la rive gauche du Rhône et au delà. Tous ces travaux n'auraient guère été possibles sans les nouvelles cartes à grande échelle, publiées à Chambéry et à Turin, et sans les immenses progrès que la paléontologie a faits depuis environ trente ans.

Malgré ces informations partielles, il nous manquait un ouvrage qui embrassât l'ensemble de la géologie de la Savoie, de ses terrains de sédiment aussi bien que de ses massifs de roches cristallines, et c'est cette lacune que M. Favre vient de combler heureusement par ses *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc*. Ce splendide ouvrage était vivement attendu depuis la publication, en 1862, de la belle carte géologique de la Savoie, à laquelle il doit servir de texte.

Nul doute qu'en comparant la position de l'auteur de ces ouvrages à celle de Necker, on ne doive reconnaître

que M. Favre a pu jouir des grands avantages que la science des temps modernes a mis à notre disposition, et la revue littéraire qu'il donne au commencement de plusieurs chapitres, ainsi que les nombreuses citations, toujours courtoises, lors même que l'auteur diffère d'opinion, témoignent qu'il en a largement profité. L'on serait injuste cependant si, pour se rendre compte du mérite supérieur de ce nouvel ouvrage, l'on faisait trop grande la part qui est due à ces avantages. Les principales raisons du succès, qui, sans doute, attend cette publication, doivent, si nous ne nous trompons, être cherchées ailleurs. Ce succès sera d'abord dû au choix d'un pays intéressant sous tous les rapports, parcouru par la plupart des géologues et des touristes, célèbre par des travaux antérieurs, et cependant assez limité pour autoriser l'espoir d'acquérir une connaissance suffisante de sa constitution géologique, en consacrant à son exploration la meilleure part de la vie d'un homme. C'est ensuite à la persévérance dans la poursuite d'un même but, car, quoique M. Favre, après avoir fixé son plan de travail, il y a près de trente ans, ait fait bien des voyages et séjours en différentes parties de l'Europe, il n'a jamais perdu de vue son objet principal, et y est retourné avec la même ardeur après toutes ses absences et autres distractions. Ses courses dans les montagnes ont toujours été dirigées par l'intérêt de la science, et il ne s'en est jamais laissé détourner, ni par la difficulté ou le danger des passages, ni par l'ardeur d'escalader des pics réputés inaccessibles ; il a même résisté à la tentation bien naturelle d'atteindre la cime du Mont-Blanc qui domine son champ de travail, cette course ne lui promettant aucun résultat d'un intérêt quelconque sous le rapport géologique. C'est

enfin à l'indépendance de ses recherches de toute idée préconçue et systématique. Nous ne voulons pas dire par cela qu'il ait observé sans s'être posé des questions à résoudre, des hypothèses à examiner, mais bien qu'il n'a jamais été dominé par une opinion à ce point de ne voir que ce qui paraît lui être favorable. Dans tout l'ouvrage les faits sont posés en première ligne, et ce sont les observations de détail, accompagnées par les dessins de l'atlas, qui lui donnent sa grande valeur. L'aridité des descriptions est habilement évitée par la revue et la critique des principales théories par lesquelles on a cherché à les expliquer, et lorsqu'à la fin l'auteur propose sa propre opinion, c'est toujours avec réserve et sans la moindre tentative de l'imposer au lecteur qui ne se trouve jamais fatigué par de longs raisonnements.

L'auteur, en partant des bords du lac Léman vers la limite méridionale de sa carte, décrit au fur et à mesure les différents terrains et groupes de montagnes qui se présentent sur cette route. C'est à peu près le plan que de Saussure paraît avoir eu en vue, mais qu'il a abandonné dans la suite. En effet, le premier volume de l'ouvrage de M. Favre traite des mêmes objets que la majeure partie du premier volume des *Voyages* de de Saussure. Nous y trouvons la description des terrains récents, diluviens et tertiaires des environs de Genève, du mont Salève, des Voirons et du Môle. Le même ordre paraît avoir été adopté par Necker qui, cependant, dans le premier volume de ses *Études*, ne parvient que jusqu'à la mollasse rouge. Il est d'un grand intérêt, en comparant ces trois ouvrages, de suivre les progrès de notre science dans les intervalles de l'un à l'autre. Quelle masse de faits remarquables, inconnus à de Saussure, ne trouve-t-on pas dans les études de son

petit-fils! et, cependant, cet ouvrage même de Necker nous paraît presque suranné, si l'on réfléchit qu'il est antérieur à la grande discussion sur le terrain erratique, qui nous a occupés pendant le quart de siècle qui s'est écoulé depuis son apparition. Des 217 pages que M. Favre a données aux terrains modernes et quaternaires, 120, ou plus de  $\frac{5}{6}$ , sont consacrées au *terrain erratique*, à la dispersion des blocs alpins, aux anciennes moraines et aux galets striés. L'auteur se déclare convaincu, avec la plupart des géologues vivants et tous les géologues suisses, que l'hypothèse d'une grande extension des glaciers quaternaires explique, mieux que toute autre, tous les détails du phénomène erratique, et ne trouve pas même nécessaire de faire mention des objections qui, dernièrement encore, ont été faites contre cette thèse. Quant aux causes qui peuvent avoir produit cette extension prodigieuse, M. Favre adopte l'explication proposée par M. de la Rive à la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles à Genève en 1865, et qui revient au fond à celle que de Charpentier avait exposée dans son *Essai sur les glaciers*, 1841. Le fait que, si nous exceptons quelques localités dans les parties basses, le terrain erratique repose immédiatement sur les couches les plus récentes qui ont pris part au dernier soulèvement des Alpes, paraît favorable à l'hypothèse, admise aussi par de Buch, qu'entre ce soulèvement et la dispersion des blocs il doit y avoir une connexion causale.

En comparant la nouvelle description du Salève de M. Favre, à ce que l'on en savait jusqu'ici, l'on se confirme de nouveau dans l'idée de l'inépuisable richesse de la nature. Peu de montagnes ont été étudiées si attentivement par autant de géologues distingués. M. Favre lui-même

en avait publié, en 1843, une excellente monographie, mais, en lisant ce qu'il nous en dit aujourd'hui, l'on trouve tant d'observations nouvelles et importantes que les descriptions antérieures rentrent presque dans l'ombre. Un grand mérite, il est vrai, en revient à M. de Loriol qui, par une détermination des fossiles conforme à l'état actuel de la paléontologie, a donné à la série des terrains une précision impossible auparavant. Il ne reste de l'incertitude, faute de fossiles, que pour les grès et sables quartzeux situés à la surface méridionale de la montagne. Dans une note, l'auteur nous instruit que le terrain corallien du Salève, de même que l'oxfordien des Voirons et le valangien de M. Desor rentrent dans le terrain tithonien d'Oppel.

On pourrait facilement se laisser induire à ne voir dans les Voirons que la continuation du Salève, séparé de lui par les érosions de l'Arve, et cependant les terrains et la structure de ces montagnes sont très-différents. Après les essais de plusieurs géologues d'éclaircir par des coupes la structure des Voirons, M. Favre en donne une nouvelle qui nous prouve que cette structure est plus compliquée encore qu'on ne la supposait. La connaissance paléontologique du terrain néocomien des Voirons est due à M. Pictet qui, à cette occasion, signale la remarquable différence entre le facies alpin et jurassique de ce terrain.

Nous connaissons encore moins la géologie du Môle qui, vu des environs de Genève, se présente entre le Salève et les Voirons. La structure du massif principal de cette montagne et de son avant-poste, le Réret, est des plus embarrassantes : malgré l'examen spécial qu'il a consacré à ces montagnes et les fossiles très-carac-

téristiques qui s'y trouvent, M. Favre ne paraît pas satisfait de la coupe qu'il en donne dans l'Atlas. Il y a évidemment un renversement de couches dans la partie orientale du Réret qui touche au Môle, et M. Favre croit en voir un second, inverse, dans la partie occidentale, de manière que le néocomien se trouverait comme enveloppé par une sphère jurassique. S'il était permis de séparer les couches  $n$  de la partie occidentale de la coupe, dans lesquelles M. Favre ne signale aucun fossile, des couches néocomiennes  $n'$ , remplies de fossiles, et d'en faire un terrain jurassique, l'on pourrait admettre une faille dans la partie marquée  $x$ , ce qui simplifierait la coupe.

Le deuxième volume débute par la géologie du Chablais, limité à l'est par le Rhône, à l'ouest par le Giffre, au midi par la haute chaîne de la Dent-du-Midi et du Criou au dessus de Samoëns. Malgré la monotonie sous le rapport pittoresque, dont M. Favre se plaint, et qui continue au delà du Rhône dans les vallées de la Sarine et de la Simme, ce pays offre au géologue des attraits, que l'auteur a bien réussi à mettre au grand jour. C'est d'abord l'apparition inattendue et isolée du terrain houiller à Taninge, séparé, par les larges chaînes calcaires de la Dent-du-Midi et du Buet, de la zone houillère qui traverse la Tarentaise et le Faucigny. C'est ensuite la houille kimmérienne de la vallée d'Abondance, avec ses nombreux fossiles marins déterminés par M. Merian. C'est aussi en Chablais que l'on découvrit les premiers fossiles infraliasiques dans les Alpes occidentales, ce qui nous procura un nouvel horizon géologique d'une grande valeur, et conduisit à l'introduction du trias dans la série de nos terrains alpins; et si la présence du terrain miocène inférieur que M. Heer signale dans le Val-d'Illiez se con-

ferme, ce sera encore un nouvel appel à notre intérêt. N'oublions pas, enfin, la belle découverte d'une grande masse de serpentine dans la vallée du Foron, au-dessus de Taninge, isolée, au milieu de ce pays calcaire, comme l'oasis du terrain houiller au débouché du Foron. Dans le midi du Chablais l'auteur donne, sur sa carte, une grande extension au lias, en se fondant sur la présence du gypse et de la cargneule à la base et sur la superposition à l'infralias dans le nord du Chablais. L'absence de fossiles rend une détermination plus précise à peu près impossible.

Le pays montagneux qui, au sud-ouest de l'Arve, s'étend vers le lac d'Annecy et dans lequel on croirait retrouver la continuation des terrains du Chablais, en diffère presque totalement. Le lias et les terrains jurassiques n'y paraissent qu'en îlots restreints et isolés, le terrain kim-méridien ne paraît plus, et ce sont les terrains crétacés et éocènes qui dominent. C'est dans le plateau qui, vers l'est, sépare l'Arve du Giffre, et dans les montagnes qui, au midi du Chablais, s'élèvent, au-dessus de Samoëns, vers la Dent-du-Midi, qu'il faut chercher le prolongement oriental de ce groupe. L'auteur réserve la description de ces parties pour d'autres chapitres et passe de suite à celle des monts Vergys, à l'ouest de Cluse, et de la Tournette, à l'est du lac d'Annecy. L'attention est d'abord dirigée vers la disposition arquée des chaînes qui entourent, comme des ondes procédant d'un centre, le massif du Mont-Blanc, disposition dont on croit retrouver encore les traces dans la forme du lac de Genève et du pays situé entre Genève et Chambéry. Une conformation analogue se retrouve dans l'est de la Suisse, de Coire à Wessen, autour du massif central de Glaris. Le flysch, pour

lequel M. Favre préfère le nom plus long de Macigno alpin, joue un grand rôle dans ce groupe. Il y est souvent associé au grès de Taviglianáz, que nous regrettons de ne pas voir désigné à part sur la carte. C'est un grès quartzeux dioritique, ce qui rend peu probable sa dépendance des mélaphyres du Tyrol ou des basaltes du Vicentin ; aussi n'en trouve-t-on pas une trace dans toute l'étendue du revers méridional des Alpes. Ne pourrait-on pas y voir plutôt le détritit de rochers sous-marins amphiboliques ou dioritiques mêlé au sable quartzeux des grès éocènes ? Au-dessous du flysch suivent, en série normale, le terrain nummulitique, les divers étages crétacés et, sur quelques points, le terrain jurassique, le lias et l'infralias, qui, en plusieurs localités, sont riches en fossiles. La principale dépression, de Cluses à Faverges, se présente en fond de bateau, les deux chaînes latérales des Vergys et de la Pointe-Percée, composées de terrains nummulitiques et crétacés, plongeant vers le fond de la vallée, qui est recouverte d'une puissante masse de flysch. Sur trois points, cependant, qui se suivent dans la direction de la serpentine de Taninge, le flysch est percé par des roches plus anciennes, qui s'élevèrent en monticules, et que l'on croirait volontiers lui être superposées. Elles se composent, aux montagnes des Almes et de Sulens, de lias, d'infralias et de gypse, en position normale, au mont Maisy de terrains nummulitique et urgonien. Sur la même ligne se trouvent, au col de Châtillon et dans la vallée du Giffre, des dégagements de gaz hydrogène-carboné et des amas de gypse qui peut-être ne sont pas étrangers à cette grande dislocation qui pourrait aussi avoir mis au jour le terrain houiller à Taninge. De nombreuses coupes et des vues

pittoresques accompagnent la description détaillée de ce pays riche en faits d'un grand intérêt.

La partie orientale de ces terrains, celle qui s'étend de l'Arve au Rhône, ne présente pas moins d'attraits et les fossiles, surtout dans le nummulitique et le gault, y sont peut-être encore plus abondants. Le groupe entre l'Arve et le Giffre est classique, étant le berceau de la stratigraphie paléontologique de la Savoie et de la géologie moderne. Ce furent les fossiles des Fiz que Brongniart et Buckland reconnurent identiques avec ceux de la perte du Rhône et de Folkstone; ce fut là que le premier de ces géologues acquit la conviction que les caractères minéralogiques des roches qui, d'après l'école de Werner, caractérisaient leur âge géologique, devaient céder leur place aux caractères paléontologiques. Ce fut dans ce même groupe que Necker fit les belles recherches stratigraphiques qu'il a publiées. Les environs de Pernant, au-dessus des escarpements élevés du calcaire urgonien de Magland, sont connus par des couches de houille nummulitiques. Sur la rive droite du Giffre, le terrain s'élève à de grandes hauteurs et prend l'aspect des hautes Alpes. Entre Samoëns et l'intéressante vallée de Sixt, nous trouvons le Criou, les Avoudruz, les Dents-Blanches et, plus à l'est, la magnifique Dent-du-Midi, chargée de glaciers. Les terrains crétacés et nummulitiques forment et couronnent la plupart de ces sommités, et fournissent de riches collections de fossiles. Le fait le plus important que M. Favre signale dans ce groupe, c'est le contournement extraordinaire des couches, qui ne s'explique guère autrement qu'en admettant le renversement d'une grande voûte, couchée sur son flanc septentrional par une pression exercée de l'intérieur des Alpes. Les coupes de l'atlas

font voir cette structure à la Dent-du-Midi, à la Vouille et à l'ouest de l'Arve, dans les monts Vergys. A l'est du Rhône, nous la connaissons dans les montagnes de Bex, au Rawyl, au Morgenberghorn, et, dans la chaîne de Brienz, elle continue jusqu'au centre de la Suisse. A la base extérieure de ce contournement affleurent des gypses, en contact avec du flysch, et indiquent une faille qui s'étend du lac d'Annecy jusqu'au passage du Brünig, et peut-être au delà.

Les difficultés augmentent pour le géologue, lorsqu'il s'approche des massifs cristallins, quoique ces parties aient été plus particulièrement étudiées par de Saussure, Necker et d'autres géologues d'un grand nom dans la science. La connaissance minéralogique et chimique des roches cristallines a fait, sans doute, de notre temps de grands progrès, mais leur origine, le mode de leur formation, reste toujours couvert d'un voile épais. Les résultats de la chimie géologique sont en grande partie négatifs, ils nous disent que des opinions avancées sur l'origine du granit et d'autres roches cristallines sont inadmissibles, et, de leur côté, les géologues trouvent que des théories enfantées dans un laboratoire ne répondent pas à ce qu'ils observent dans la grande nature.

Les terrains nummulitiques et crétacés, si facilement reconnaissables par leurs fossiles, manquent aux approches du Mont-Blanc. Les puissantes masses calcaires, superposées aux roches cristallines, ne présentent des restes organiques que sur quelques points isolés, et souvent ce n'est que par des analogies avec des localités éloignées, ou par la nature de la roche que l'on arrive à se former une opinion sur leur âge géologique. Ce n'est que pour le terrain houiller, reposant immédiatement sur

les roches cristallines, que les empreintes végétales ne nous laissent heureusement pas en doute. M. Favre a redoublé ses efforts, pour vaincre ces obstacles, et si plus tard peut-être, on trouvait qu'il n'ait pas toujours réussi, il faudra s'en prendre à l'état actuel de la science, et personne, si l'on est juste, ne l'accusera d'un manque de persévérance ou de sagacité. La moitié à peu près de son ouvrage est consacrée à la description de ces massifs et de leurs dépendances. L'on y trouve un résumé complet de ce qui a été fait avant lui, augmenté d'un grand nombre d'observations qui lui sont propres, et l'on peut affirmer sans crainte d'être démenti que, de tous les massifs dont se composent les hautes Alpes, celui du Mont-Blanc est maintenant un des mieux étudiés et dont la description laisse le moins à désirer.

Cette partie de l'ouvrage commence par la géologie du Brévent et des Aiguilles-Rouges, à laquelle se joint celle du Buet, que peut-être on s'attendait à voir plutôt réunie à celle de la base des Fiz et de la Dent-du-Midi. La cagneule, les schistes rouges et verts et le grès quartzite qui, à la base méridionale des Fiz, séparent la masse calcaire du terrain houiller et des schistes cristallins, sont regardés comme triasiques, peut-être avec raison, quoique, ni dans cette localité, ni dans tous les gîtes analogues dans les Alpes, on n'ait réussi, jusqu'à ce jour, à trouver le moindre vestige d'un fossile du trias, de l'infra-lias ou même du lias. Le fameux poudingue de Valorsine est réuni au terrain houiller. Quoi qu'il en soit, nous aurions préféré voir sur la carte une roche aussi remarquable que celle-ci indiquée par une couleur particulière; nos cartes géologiques rempliront mieux leur but, si on les rend, autant que possible, pétrographiques aussi bien que stratigraphiques.

La fin du second volume donne la géologie de Chamonix et du revers nord-ouest du Mont-Blanc. C'est le commencement de la description géologique détaillée de ce grand massif. L'auteur continue ce sujet dans le troisième volume, en faisant le tour de la montagne par la vallée de Mont-Joie, le col du Bon-Homme, Cormayeur et Val-Ferret jusqu'à Martigny, et en s'élevant sur tous les points accessibles assez haut, pour constater les faits géologiques remarquables. Sans perdre de vue l'objet principal, M. Favre ne néglige pas de nous donner sur les environs des localités visitées, sur Saint-Gervais, les Chapius, Cormayeur, Orsières, Martigny, tous les renseignements que le géologue peut désirer.

En terminant cet examen soigneux des roches et de la structure du Mont-Blanc, l'auteur est naturellement conduit à se poser la question délicate de l'origine de la structure en éventail des massifs granitiques alpins, car c'est au Mont-Blanc que cette structure a été signalée pour la première fois par de Saussure. En passant en revue les idées proposées par de Saussure, Dolomieu, Necker, de Buch, Rogers, l'auteur s'arrête à celle que, dernièrement, M. Lory a publiée, comme à la seule admissible. D'après M. Lory, les massifs en éventail sont les faibles restes de voûtes gigantesques, dont les parties supérieures ont été détruites par des fractures, causées par leur soulèvement et leur tension, et par l'érosion postérieure, de même que cela se voit ordinairement dans les chaînes calcaires du Jura. L'écorce terrestre, si j'entends bien M. Lory, fut plissée par contraction ou par des pressions latérales exercées sur elle, et ses couches, d'origine horizontales, se soulevèrent et formèrent des voûtes ;

mais les couches les plus inférieures, schisteuses et granitiques, forcées de sortir par une crevasse trop étroite, et gênées par les voûtes supérieures déjà consolidées, s'épandirent sur celles-ci, en formant leur voûte, de manière que leurs parties inférieures, les seules qui n'ont pas été détruites, s'inclinent vers l'intérieur de la crevasse. Le fait, cependant, que les strates cristallines sont verticales, là même où le soulèvement a été très-peu énergique, et que jamais on ne les voit en voûtes fermées, comme les terrains anciens le sont souvent dans le Jura, que les couches de sédiment reposent horizontalement sur ces strates verticales et ont été, comme le démontre leur position aux Aiguilles-Rouges, déposées avant le soulèvement; ces faits ne paraissent guère pouvoir s'accorder avec la théorie proposée. M. Favre, du reste, juge très-bien que la décision entre cette théorie et une autre assez analogue, qui fait sortir les granits de l'intérieur à l'état pâteux, dépend surtout de la manière d'envisager la stratification de la protogine, ce qui formait déjà, il y a près d'un siècle, un sujet de discussion entre de Saussure et le père Pini. MM. Lory et Favre, d'accord avec de Saussure et d'autres grandes autorités, regardent les strates de la protogine comme de véritables couches, horizontales à l'origine, tandis que les partisans de l'autre théorie voient dans cette stratification un effet de division en plaques, pareille à celle qu'on voit quelquefois dans les porphyres, analogue à l'espèce de clivage qui, par un effet de mouvement sous une grande pression latérale, se produit dans les glaciers et dans les courants de lave. Les filons de granit à Valorsine, au glacier de Trient, au revers méridional de la Dent-de-Morcles, où ils traversent le calcaire, au glacier de l'Aar et ailleurs, d'un gra-

nit qui ne paraît pas être différent de la protogine, sont plutôt favorables à cette dernière manière de voir. Du reste, les coupes de l'Oberland bernois, dans lesquelles on voit des gneis à stratification verticale ou fortement inclinés recouvrir des couches horizontales de calcaire (*Bulletin géologique*, 1<sup>re</sup> série, II, 2<sup>de</sup> série, IV) semblent trancher la question. Il est impossible que l'on voie dans ces strates du gneis, qui ne commencent à être distinctes qu'à quelques pieds au-dessus de la surface calcaire, de véritables couches.

L'auteur passe ensuite à la description du pays granitique de Beaufort, séparé par le col de Bon-Homme du massif du Mont-Blanc et formant le commencement des Alpes cristallines occidentales et, en dépassant les limites de sa carte, il ajoute un grand nombre d'observations précieuses sur la plus grande partie de la Tarentaise et sur plusieurs localités de la Maurienne.

L'ouvrage se termine par une revue générale de tous les terrains, dont l'auteur s'est occupé. C'est un résumé de géologie alpine, dont le mérite sera justement apprécié par tous les géologues. En commençant par le granit, M. Favre reconnaît la justesse des objections récentes contre son origine ignée et explique la formation de cette roche par la décomposition des laves souterraines par l'eau et une nouvelle cristallisation. En d'autres termes, cela revient à admettre que les éléments primitifs du granit se trouvent à l'état liquide sous l'écorce solide, et que dans sa formation l'eau a joué un grand rôle. Par la même théorie, en faisant baisser la température de l'eau et les dépôts se stratifiant, l'auteur explique, en rejetant l'hypothèse du métamorphisme, l'origine des schistes cristallins et argileux. Un catalogue de tous les

minéraux trouvés jusqu'ici au Mont-Blanc et dans ses environs, termine ce chapitre. La majeure partie de ce résumé est consacrée au terrain carbonifère. L'auteur qui, dans les longues discussions sur le terrain anthracifère des Alpes occidentales, a toujours soutenu la thèse qui enfin a triomphé, donne toute l'histoire de cet épisode remarquable de la géologie des Alpes. Nous y trouvons aussi le catalogue de tous les végétaux fossiles que l'on connaît en Savoie et en Dauphiné dans ce terrain. Le terrain triasique, qui est dépourvu de fossiles, se compose, de bas en haut, de grès quarzite, de schiste argileux rouge et vert, de cargneule et de gypse associés à des schistes gris et noirs lustrés. Dans sa carte de la Savoie, M. Favre avait réuni ces schistes gris lustrés, qui forment la masse la plus puissante des Alpes centrales, au lias; depuis, il s'est rangé à l'opinion de M. Lory, qui les regarde comme triasiques. Cependant, de ce qu'au Mont-Genève une partie de ces schistes gris se trouve entre le terrain houiller et l'infra-lias, il ne paraît pas découler nécessairement qu'ils appartiennent au trias, et encore moins que tous les autres schistes gris de nos Alpes centrales soient du même âge et dans la même position, ce qui, pour beaucoup d'eux, est très-peu probable. L'infra-lias est représenté par un nombre considérable de fossiles, mais dont aucun, excepté ceux de la Maurienne, n'appartient aux chaînes intérieures, les plus proches des roches cristallines. Le même fait se rencontre dans la liste des fossiles du lias. Les plus nombreux sont ceux de Bex, de Meillerie, du Grammont, du Môle, de la Pointe-d'Orchez, et il n'y a que ceux des cols de la Madeleine et des Encombres et ceux, encore douteux, du mont Chemin, au-dessus de Martigny, qui fassent excep-

tion. Dans les chaînes intérieures de la Savoie, les fossiles les plus anciens, au-dessus du terrain houiller, appartiennent aux terrains jurassiques inférieurs et moyens, et proviennent du Buet et des crêtes voisines, ainsi que des Aravis. Dans les chaînes extérieures, les terrains jurassiques inférieurs, moyens et supérieurs sont bien représentés, de même que les terrains plus récents, le crétacé et le nummulitique. De tous ces terrains, l'auteur donne des listes très-riches de fossiles. Le terrain du flysch ou du calcaire et schiste à fucoides occupe entre l'Arve et l'Aar deux positions différentes. Dans les vallées et sur les chaînes extérieures, auxquelles les terrains crétacés et nummulitiques manquent, le flysch, que l'auteur désigne sous le nom de schiste à fucoides, repose immédiatement sur le terrain jurassique. Plus à l'intérieur, à l'ouest de l'Arve et à l'est de l'Aar, où les terrains crétacés et nummulitiques sont très-développés, le flysch repose sur le nummulitique, et l'auteur le nomme Macigno alpin. Dans les deux positions il n'est recouvert par aucun terrain plus récent, il est composé des mêmes roches et renferme les mêmes fucoides, à l'exclusion de tout autre fossile. Il n'y a donc, jusqu'à nouvel ordre, si nous ne nous trompons, pas de raison suffisante pour faire une distinction entre ces terrains à fucoides, comme l'auteur paraît l'admettre, et comme nous l'avions nous-même proposé dans l'un de nos premiers ouvrages (*Alpes suisses occidentales*, 1834). Et quand même on se priverait du seul caractère paléontologique, qui nous reste, en regardant les fucoides comme trop peu caractérisés, ou que l'on découvrirait en d'autres pays un terrain analogue, renfermant les mêmes fucoides, dans une autre position stratigraphique, cela ne changerait pas

la classification, si l'on n'arrivait à prouver l'identité de ce schiste à fucoides d'un âge différent avec l'un ou l'autre de nos Alpes occidentales. L'indication des plantes miocènes, signalées par M. Heer au Val-d'Illiez, des fossiles d'eau douce et terrestres de la mollasse aux environs de Genève, la récapitulation des principaux faits de l'époque quaternaire et des réflexions de géologie générale terminent le troisième volume de cet ouvrage remarquable duquel rejailit un grand honneur sur son auteur, sur Genève et sur la Suisse.

Nous pouvons ajouter que tous les soins ont été apportés à l'exécution matérielle de l'ouvrage. Le texte sort des presses de MM. Ramboz et Schuchardt et l'atlas des ateliers de MM. Pilet et Cougnard.

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

William P. BLAKE. LES GLACIERS DE L'ALASKA, AMÉRIQUE RUSSE<sup>1</sup>.  
(*Silliman Journal*, juillet 1867.)

En approchant de la côte nord-ouest de l'Amérique, la chaîne de montagnes de l'intérieur présente un caractère alpin et élevé. Les arêtes sont dentelées et aiguës, et s'élèvent en forme d'aiguilles, dont le contour, en se détachant sur le ciel, forme un contraste frappant avec les pentes douces du cône tronqué d'Edgecombe, beau volcan éteint, qui marque l'entrée du port de Sitka.

Les pics rocheux de l'intérieur s'élèvent au-dessus de vastes champs de neige, qui donnent naissance à une foule de glaciers, tandis qu'Edgecombe, et les montagnes de la côte sont en grande partie couvertes d'une forêt épaisse de sapins et de pins. On ne trouve pas de glaciers sur la côte à Sitka, ni plus au sud, parce que sous l'influence des courants chauds du Pacifique, le climat est comparativement doux, tandis qu'à une petite distance à l'intérieur les hivers ressemblent presque à ceux des régions arctiques.

Le principal courant d'eau, dans le voisinage de Sitka, est le Stickeen, qui prend sa source dans les montagnes Bleues, à la même hauteur que le Mackensie, mais sur l'autre revers. La direction du Stickeen est généralement celle du sud-est, c'est-à-dire parallèle à la côte, jusqu'à ce qu'il s'échappe à travers les montagnes situées à l'est, et un peu au nord de Sitka. Lorsque les neiges fondent, la rivière devient très-gonflée, et elle est alors navigable pour les petits bateaux à

<sup>1</sup> Ces observations ont été faites en 1863.

vapeur, mais non sans difficultés, sur une longueur de cent vingt-cinq milles au-dessus de son embouchure. La vallée est, en général, étroite et les terrains d'alluvion qui la bordent n'ont pas une grande étendue.

En remontant cette rivière, on voit apparaître les glaciers les uns après les autres ; tous sont situés sur la rive droite du fleuve, et descendent des pentes intérieures des montagnes. Quatre grands glaciers et plusieurs petits sont visibles à la distance de soixante ou soixante-dix milles de l'embouchure. Le premier glacier que l'on observe remplit une gorge rocheuse très-rapide, à environ deux milles de la rivière, et ressemble à une énorme cascade. Il agit énergiquement sur la montagne en la rongant, car il est dominé par des parois de rochers fraîchement usées et ravivées, évidemment par l'action du glacier. Le second glacier est beaucoup plus grand et moins incliné. Il descend majestueusement jusque dans la vallée par une ouverture entre de hautes montagnes, et son lieu d'origine n'est pas visible. Il se termine au niveau de la rivière en une masse irrégulière de glace, d'un mille à deux milles de long, et de cent cinquante pieds de haut. Deux moraines terminales ou plus le protègent contre l'action directe du fleuve. Ce qui au premier coup d'œil paraît être une rangée de collines ordinaires le long de la rivière, est, en réalité, une moraine terminale ancienne, ayant la forme d'un croissant, et couverte d'une forêt. Elle s'étend devant tout le front du glacier.

J'extraits de mes notes la description suivante de l'extrémité de ce glacier. Nous trouvâmes le rivage composé de grands blocs angulaires de granit, mêlés de plus petits fragments et de sable. C'est une moraine extérieure et plus ancienne, séparée de la seconde par un espace marécageux, couvert d'aulnes et d'herbe, et coupé de mares d'eau. Après avoir traversé cet espace déprimé, nous gravîmes les débris granitiques détachés de la moraine supérieure, qui est tout à fait dépourvue de végétation et a l'apparence d'une forma-

tion plus récente. Ces élévations ont de vingt à quarante pieds de haut, et forment une ligne continue parallèle à l'ancienne moraine extérieure. Depuis leurs sommets, nous voyions librement les parois de glace situés à l'extrémité du glacier, s'élevant devant nous comme un mur, mais séparées de la moraine par une seconde ligne de marécages. Là, cependant, il n'y avait pas de plantes ou d'arbres: c'était une scène de désolation complète. De grands blocs de granit étaient entassés confusément au milieu d'éminences de sable ou de cônes; ailleurs ils étaient perchés sur d'étroites colonnes de glace, paraissant prêtes à se briser au premier attouchement. On pouvait distinguer les arêtes des grandes masses de glace autour des mares d'eau; mais la plus grande partie de la surface était cachée par un dépôt de boue, de gravier et de roc brisé. Il était évident, cependant, que le tout reposait sur un sol de glace, car çà et là on la voyait apparaître en grandes masses soulevées, laissant entre elles des crevasses remplies de boue et d'eau. Au-dessus de ce passage effrayant et dangereux, nous parvinmes à la pente de glace, comparativement unie, située au pied de la masse, et ensuite nous ne quittâmes plus la neige ou la glace, en cherchant à atteindre le sommet du glacier. D'en bas, il nous avait semblé tout à fait possible d'y parvenir, en suivant la partie la moins disloquée de la pente; mais nous vîmes que cela était impossible. Nous rencontrâmes de grandes fissures qui n'étaient pas même visibles à une petite distance, et dont quelques-unes étaient si larges, que nous devions nous détourner. A mesure que nous montions, les crevasses devenaient plus nombreuses, mais elles étaient en général remplies de neige dure, sur laquelle nous nous hasardâmes quelquefois. La surface se rompait plus loin en blocs irréguliers, ayant la forme d'escaliers, dont les marches étaient si élevées que nous ne pouvions les escalader sans échelles ou sans hache pour tailler des marches. Là, nous nous retournâmes pour admirer la vue de cette grande étendue de glace, brisée

et disloquée en pyramides énormes. Le soleil illuminait les crevasses des plus belles teintes d'aigue-marine, passant au bleu de mer foncé, là où elles étaient étroites et profondes. D'un côté, la glace présentait l'apparence remarquable d'une succession de cônes ou pyramides à faces arrondies. Dans la direction opposée, et à la même hauteur, les lignes extérieures étaient tout à fait différentes, ne présentant qu'une série de terrasses ou de marches inclinées intérieurement vers le glacier, et brisées par des crevasses longitudinales. . . . .

Il est évident que ce glacier se rompt en une série de grands escaliers sur presque toute sa partie frontale. Ces marches s'élèvent de vingt à trente pieds, les unes au-dessus des autres, tandis que de nombreuses fissures parallèles à angles droits brisent la surface en blocs rectangulaires, qui s'amincissent en forme de cônes et de pyramides du côté exposé aux rayons du soleil. C'est ainsi que s'explique la différence d'aspect que présentent les deux directions opposées.

J'étais disposé à attribuer à la fusion dans l'eau de la rivière, cette rupture abrupte de l'extrémité du glacier. Il peut, cependant, y avoir dans cette partie-là un abaissement subit dans les roches sur lesquels le glacier repose, de manière à produire une cascade de glace.

Un ou plusieurs courants d'eau descendent sous le glacier et atteignent la rivière à différentes places. Le bruit de l'eau s'élançant et grondant retentissait fortement près de quelques crevasses.

En jugeant d'après la quantité de blocs détachés qu'on trouve au pied du glacier, la surface supérieure doit en être couverte, mais la chose n'a pu être vérifiée par l'observation. Le temps ne nous permit pas d'étendre davantage nos investigations. Il ne serait sans doute pas difficile d'atteindre la surface du glacier par le côté, et peut-être par d'autres points le long de la partie frontale; mais il nous fut impossible

de décider notre guide à nous accompagner, à cause d'une tradition des Indiens relative à la mort d'un de leurs chefs sur ce glacier.

L'existence de l'ancienne moraine terminale de ce glacier montre que le climat s'est adouci. Il est aussi intéressant de remarquer l'effet que cette accumulation de débris sur le glacier a eu sur la rivière. Ils ont agi comme une digue pour les eaux, les refoulant dans la vallée pendant un certain espace.

Il ne sera pas sans intérêt de joindre ici les notes suivantes sur l'existence de grands corps de glace, des glaciers, sans aucun doute, dans les parties les plus septentrionales de l'Amérique russe.

D'après Sir Edward Belcher<sup>1</sup>, les rives de la Baie de Glace au pied du mont St-Elie, latitude 60°, sont bordés de glaciers. On a trouvé que l'ensemble de cette baie et la vallée située au-dessus sont composés (en apparence) de neige glacée, formant sur la mer une paroi d'environ trente pieds de hauteur, et reposant probablement sur un banc de boue plus bas. Au cap Suckling, sous la même latitude et à l'ouest de la Baie de Glace, le même voyageur a observé une vaste masse de glace s'inclinant vers la mer, dont la surface présentait l'aspect singulier d'une masse de pyramides tronquées à quatre faces. Il ne pouvait s'expliquer ce phénomène, et ajoutait : « Qu'est-ce qui peut produire ces formes spéciales ? Si quelqu'un pouvait se représenter placé sur une éminence située à cinq cents pieds au-dessus d'une ville composée de maisons pyramidales d'une blancheur de neige, avec des toits plats, couleur de fumée, couvrant plusieurs milles carrés de surface, et s'élevant monticules sur monticules en escaliers, il pourrait se former une idée de ce magnifique jeu de la nature. »

De grandes masses de glace se terminant en falaises sur la

<sup>1</sup> *Voyage du Sulphur*, I, 78-80.

mer sont fréquentes dans le Sund du Prince William ; Vancouver<sup>1</sup> entendit la chute de grands blocs de glace.

Une masse de glace compacte s'étendait à quelque distance sur les bords d'un bras du Stephens-Passage (au nord-ouest de Sitka) lors de la visite de Vancouver, et d'immenses corps de glace sortant des vallées escarpées des montagnes d'alentour arrivaient perpendiculairement jusqu'à la mer, en sorte que les bateaux ne pouvaient aborder. On a fait, en général, des observations pareilles sur les montagnes de la côte opposée à l'île de l'Amirauté. Deux grandes baies, ouvertes au nord et à l'ouest du cap Couverdeen, sont terminées par des montagnes de glace solide, s'élevant perpendiculairement au bord de l'eau.

De ces différentes observations, nous pouvons conclure que la région montagneuse de l'Amérique russe et anglaise, depuis la latitude 55° jusqu'à la mer polaire, est couverte de glaciers, usant et rongant les montagnes à mesure qu'ils descendent, et charriant des accumulations de débris rocheux, soit dans l'Océan, soit dans les rivières intérieures.

---

P. FRANÇOIS DENZA. SUR LES VALEURS DE L'ÉLECTRICITÉ ET DE L'OZONE, OBSERVÉS A MONCALIERI A L'ÉPOQUE DU CHOLÉRA. (*Bulletin météorologique de l'Observatoire du Collège royal Charles-Albert*, vol. II, n. 10.)

L'action que l'ozone exerce sur l'organisme animal comme agent météorologique est encore passablement contredite parmi les savants. Maintes observations et maints travaux ont été faits jusqu'à présent pour découvrir la relation qui peut exister entre la présence de cet élément dans l'atmosphère et quelques maladies prédominantes telles que les fièvres intermittentes, la grippe, le choléra, etc. MM. Bil-

<sup>1</sup> Les *Voyages de Vancouver*, III, 185 (1794).

liard à Corbigny, Schœnlein à Berlin, Wolf à Berne, Bœckel à Strasbourg, Berigny à Versailles, et Silbermann à Paris, entre autres, ont constaté que l'ozone manquait entièrement dans l'atmosphère durant le temps où le choléra sévissait dans les villes où ils faisaient leurs observations, et qu'il reparaissait de nouveau à fur et mesure que la maladie décroissait.

Comme l'électricité atmosphérique doit avoir une étroite liaison avec l'ozone, et une influence certainement plus grande sur les phénomènes vitaux, il est important, de rechercher quelle liaison il peut y avoir entre cet élément météorique et les diverses phases de l'hygiène publique. De sérieuses études ont été faites dans ce but, et l'on a même fait remarquer l'absence totale ou partielle du fluide électrique dans l'atmosphère à l'approche du choléra.

Toutefois des observations faites ailleurs, particulièrement dans ces dernières années, ont donné des résultats tout à fait contraires : on a trouvé de l'ozone et de l'électricité en quantité suffisante même dans les lieux où le choléra était plus intense et plus meurtrier. De là surgit la nécessité de multiplier les observations dans de pareils cas, pour pouvoir déterminer nettement les corrélations que nous recherchons, et qui, il faut l'avouer, sont assez délicates et assez difficiles à découvrir. Dans ce but nous avons continué attentivement nos observations électriques et ozonoscopiques durant les mois passés où la funeste épidémie parcourait toutes les contrées d'Italie ; nous pouvions le faire aisément, parce que dans notre Observatoire on examine l'électricité atmosphérique toutes les trois heures, depuis 6 heures du matin jusqu'à 9 heures du soir, et l'on observe l'ozone à des périodes de 12, de 6, de 3 heures.

Par bonheur, non pour nos observations, mais pour la santé publique, le choléra ne se fit sentir que très-peu à Moncalieri, tandis que dans les environs, et surtout à Turin, il prit de l'intensité vers la fin d'août et le commencement de

septembre. Or, en examinant les valeurs de l'électricité et de l'ozone, obtenues pendant ces jours, nous avons été surpris de voir que l'électricité manquait presque entièrement, contrairement à ce qui avait lieu pour l'ozone.

Pour que l'on puisse se former une juste idée de la marche de ces deux éléments durant ce temps, nous donnons ici un tableau contenant les valeurs moyennes obtenues pour l'électricité et pour l'ozone dans la dernière décade du mois d'août et la première du mois de septembre. Les valeurs moyennes de l'électricité sont déduites des observations faites de trois en trois heures; pour l'ozone nous avons jugé convenable d'indiquer les valeurs moyennes résultant des observations faites aux périodes de trois et de six heures.

*Valeurs moyennes de l'électricité et de l'ozone, observées à Moncalieri depuis le 21 août jusqu'au 10 septembre 1867.*

AOÛT.				SEPTEMBRE.			
Jours.	Électricité.	Ozone.		Jours.	Électricité.	Ozone.	
		3 h.	6 h.			3 h.	6 h.
21	8,1	2,8	3,5	1	0,5	2,3	4,1
22	5,0	3,5	5,3	2	1,6	2,1	3,3
23	21,8	4,8	6,0	3	2,2	2,7	3,9
24	9,1	4,9	5,3	4	0,0	3,4	4,7
25	0,1	3,2	4,5	5	0,1	3,2	4,8
26	0,0	4,3	5,3	6	0,1	3,0	4,3
27	13,4	4,5	5,8	7	5,2	2,6	4,5
28	18,7	5,1	5,9	8	7,0	3,3	5,2
29	0,1	2,6	4,0	9	9,2	1,5	4,1
30	0,0	1,0	3,8	10	9,0	2,8	5,2
31	0,3	2,9	3,5				

D'après ce tableau il est manifeste :

1° Que l'électricité a manqué entièrement ou presque entièrement du 25 août au 6 septembre (jours à peu près où

le choléra eut plus de force à Turin). Depuis ce jour elle reprit sa marche régulière. Les valeurs trop fortes du 27 et 28 août doivent être attribuées aux orages qui eurent lieu ces deux jours.

2° Que l'ozone a diminué aussi depuis le 28, mais d'une manière beaucoup moins sensible et beaucoup plus incertaine; il ne s'est élevé de nouveau que dans la 2<sup>me</sup> décade de septembre, comme il résulte des observations, faites alors, mais que nous avons cru inutile de rapporter ici.

Donc, quoique l'observatoire de Moncalieri soit situé à huit kilomètres de Turin, les conditions électriques de l'atmosphère se sont ressenties de la maladie qui dominait dans cette ville, et cela beaucoup plus que les conditions ozonoscopiques; le défaut de fluide électrique ne saurait être attribué à d'autres causes, car les autres circonstances atmosphériques n'offraient rien de particulier durant les jours dont nous parlons. Quoique dans les conditions normales de l'atmosphère il ne manque pas de cas où l'électricité fasse entièrement défaut, néanmoins cela n'arrive que d'une manière passagère et jamais avec autant de persistance que dans les jours cités plus haut. Quant à l'ozone, nous ne devons pas dissimuler que nous l'avons observé dans des circonstances peu propices, non-seulement parce que les papiers ozonométriques étaient exposés à une trop grande distance de Turin, mais encore parce qu'ils se trouvaient à une hauteur considérable; en effet, les observations de Bœckel et d'autres ont montré que l'ozone, en général, se produit avec d'autant plus de persistance que le point d'observation s'élève au-dessus du sol.

Nous avons seulement voulu simplement rapporter le fait observé; il nous parut digne d'attention et l'on pourra le rapprocher de tous ceux que des observateurs habiles en cette matière nous ont fournis; nous n'en abordons pas la discussion, d'autant plus que nous ne sommes pas encore trop persuadés, soit de l'exactitude du mode d'observation

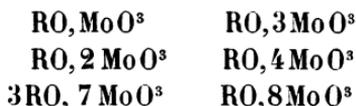
de l'ozone, soit des nombreuses propriétés que l'on attribue à cet élément qui a été jugé avant d'être bien connu.

### CHIMIE.

F. ULLIK. UNTERSUCHUNGEN, etc. RECHERCHES SUR L'ACIDE MOLYBDIQUE ET SES SELS. (*Annalen der Chemie und Pharm.*, tome CXLIV, p. 204.)

Les *Annalen der Chemie* de novembre et de décembre 1867 nous ont apporté un mémoire étendu, riche en faits nouveaux, quoique encore assez incomplet sur plusieurs points, consacré aux sels que forme l'acide molybdique en se combinant avec les bases. J'ai publié moi-même dans ce recueil <sup>1</sup> deux travaux sur les principaux molybdates et, en particulier, sur les sels neutres et les sels  $\frac{7}{3}$  acides. Dans ce que nos recherches ont eu de commun, M. Ullik, tout comme M. Rammeisberg antérieurement, confirme les résultats auxquels j'étais arrivé: il n'y a désaccord que sur un point seulement dont je parlerai plus bas. Je ne m'arrêterai donc pas à cette partie de son travail, me contentant de résumer ce qu'il contient de nouveau.

Les molybdates unibases se rapportent aux 6 formules générales suivantes :



1° *Molybdates neutres*. Svanberg et Struve avaient admis une demi-molécule d'eau dans le sel de potasse; M. Ullik a trouvé dans ses cristaux que la proportion d'eau, variable d'ailleurs, s'élevait à peine à un quart de molécule, et il en conclut qu'elle n'était qu'interposée; sa formule pour le molybdate neutre de potasse est en équivalents  $KO, MoO^3$ .

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, 1865, tome XXIII, et 1867, tome XXX.

L'hydrate à cinq molécules d'eau que j'ai décrit, ne serait selon l'auteur qu'un sel double  $2\text{NaO}$ ,  $\text{KO}$ ,  $3\text{MoO}^3 + 14 \text{aq}$ . Il l'a préparé dans des conditions assez différentes telles que l'addition de carbonate de soude au tri-molybdate de potasse, l'addition de carbonate de potasse au tri-molybdate de soude, la dissolution d'acide dans une lessive de potasse falsifiée avec de la soude. Le produit obtenu par l'un ou l'autre de ces procédés cristallise en prismes hexagonaux réguliers offrant les mêmes combinaisons que ceux dont j'ai donné les angles d'après M. Marignac<sup>1</sup>.

2° *Bi-molybdates*. L'étude du sel de soude a fourni l'occasion d'une observation assez intéressante : lorsqu'on fond du nitrate de soude avec son équivalent d'acide molybdique, on ne parvient à chasser que la moitié de l'acide nitrique, en sorte que le résidu consiste en nitrate et en bi-molybdate. Le même fait se présente avec le nitrate de potasse. Il en résulte donc une analogie de plus entre l'acide sulfurique et l'acide molybdique.

3° *Molybdates*  $\frac{1}{3}$  *acides*. Nous passerons sous silence

<sup>1</sup> Je n'ai certainement aucune prétention à ne pas commettre d'erreurs, mais dans le cas présent, je dois dire que je ne suis pas tombé dans celle que m'attribue M. Ullik.

Le composé  $\text{K}^2\text{O}$ ,  $\text{Mo O}^3 + 5 \text{aq}$ ., obtenu dans deux opérations différentes, avait été préparé avec des matériaux purs et, en particulier, avec du carbonate de potasse exempt de soude.

Pour plus de certitude, comme il me restait encore quelques cristaux de ce molybdate, j'ai transformé leur base en un perchlorate qui n'a pas cédé à l'alcool la moindre parcelle de perchlorate de soude et possédait toutes les propriétés de celui de potasse.

M. Ullik dit également, en parlant du même sel, que je me suis borné à en doser l'eau, et il part de là pour montrer combien est insuffisante une simple détermination de l'eau de cristallisation quand on veut établir la formule d'un sel. Le chimiste dont je parle n'a, sans doute, pas pris garde à la phrase de mon mémoire où il est dit expressément que je me suis assuré de la neutralité du molybdate en question, par une fusion avec du carbonate de soude, — phrase qui rend ses observations superflues en ce qui me concerne.

ceux de potasse, de soude et d'ammoniaque dont l'histoire est bien connue. Celui de magnésie  $3 \text{MgO}$ ,  $7 \text{Mo O}_3 + 20 \text{aq}$ . prend naissance quand on traite le sel neutre par la quantité calculée d'acide nitrique. Il cristallise en petits prismes tabulaires, transparents, solubles dans l'eau froide ou chaude.

4<sup>o</sup> *Tri-molybdates*. La couleur exceptée, les sels de ce groupe offrent tous le même aspect qui est celui de choux-fleurs à structure fibro-radiée. Peu solubles dans l'eau froide, ils se dissolvent bien plus facilement dans ce liquide bouillant. Ils prennent toujours naissance quand on fait bouillir les carbonates avec une quantité d'acide molybdique telle qu'il en reste une portion notable non dissoute; la liqueur filtrée et évaporée lentement, laisse cristalliser, en premier lieu, le tri-molybdate de la base employée. On les obtient encore en traitant avec précaution, par un acide, les sels moins riches en acide molybdique. Presque tous les traités de chimie annoncent que, dans les dissolutions des molybdates, les acides déterminent la production d'un précipité d'acide molybdique soluble dans un excès de réactif. M. Ullik s'est assuré que ce précipité n'est jamais autre chose qu'un sel très-acide.

Le *tri-molybdate de soude* est susceptible de cristalliser avec deux proportions d'eau différentes. Le premier hydrate renferme sept molécules d'eau, il a déjà été décrit par Svanberg et Struve, sa solubilité croît d'une manière très-rapide avec la température; en effet, M. Ullik a trouvé que 100 parties d'eau dissolvent 3,88 parties de sel à  $+20^\circ$  et 137 parties à  $100^\circ$ . En se plaçant dans des conditions telles que la dissolution de ce molybdate s'évapore rapidement dans une atmosphère sèche, on obtient une masse gommeuse, fragile, transparente, amorphe, très-soluble dans l'eau froide et qui ne renferme que quatre molécules d'eau.

Le *tri-molybdate de magnésie* renferme dix molécules d'eau; il se prépare en traitant le sel neutre par l'acide acétique en excès et faisant évaporer.

Le sel de chaux cristallise avec six molécules d'eau, ceux de cobalt et de zinc avec dix, celui de cuivre avec neuf et avec six et demi.

5° *Quadri-molybdates*. Les liqueurs qui fournissent les tri-molybdates (voyez ci-dessus) par l'évaporation spontanée renferment en réalité des quadri-molybdates, mais ceux-ci se décomposent par la concentration. On peut cependant les obtenir en évaporant d'une manière très-rapide, leur dissolution concentrée; le résultat de cette opération consiste en une masse amorphe, transparente, fragile, qui se dissout aisément dans l'eau froide ou chaude.

La *quadri-molybdate de soude*,  $\text{Na}^2\text{O}, 4\text{MoO}_3 + 5\frac{1}{2}\text{aq.}$ , exposé longtemps à l'air perd sa transparence en se décomposant, mais il se conserve intact dans un vase clos. Il n'est pas incolore ordinairement; par suite d'une réduction partielle de l'acide, il prend une couleur un peu verdâtre ou bleuâtre. Quand on le chauffe, il perd son eau, devient semblable à de l'émail blanc, puis fond, au-dessous du rouge, en un verre jaune que le refroidissement fait prendre en une masse fibro-cristalline.

La décomposition spontanée de la dissolution du quadri-molybdate de soude paraît s'effectuer dans quelques cas par un dédoublement du sel en tri- et en quinti-molybdate.

M. Ullik a obtenu une fois un hydrate à 6 aq. du sel qui nous occupe dans les eaux-mères de l'octo-molybdate de soude. Le même hydrate prend encore naissance dans le traitement du sel neutre par la quantité calculée d'acide chlorhydrique. Le quadri-molybdate  $\text{Na}^2\text{O}, 4\text{MoO}_3 + 6\text{aq.}$ , forme des croûtes brillantes qui sont formées par l'agrégation de très-petits cristaux difficilement solubles dans l'eau froide mais très-solubles dans l'eau bouillante.

La *quadri-molybdate de chaux* est une masse amorphe brunâtre, transparente, renfermant neuf molécules d'eau. Le sel de zinc est semblable au précédent, mais il ne contient que huit molécules d'eau.

L'étude du sel de soude montre, pense l'auteur, que les quadri-molybdates sont susceptibles d'effectuer deux modifications, l'une amorphe, facilement soluble à froid et l'autre cristalline, peu soluble dans l'eau froide. Je ferai remarquer, toutefois, que les deux modifications de M. Ullik ne renfermaient pas la même quantité d'eau, ce qui peut à la rigueur expliquer leur différence de solubilité.

*Acide molybdique soluble.* L'auteur prépare l'acide molybdique dans son état soluble, en décomposant le molybdate de baryte par l'acide sulfurique. Le sel de baryte doit être précipité en ajoutant du chlorure de baryum à une dissolution bouillante de molybdate ordinaire d'ammoniaque ou de quadri-molybdate de soude<sup>1</sup>. Il faut également calculer d'une manière exacte la quantité d'acide sulfurique à employer pour la décomposition.

La liqueur filtrée est presque incolore, sa saveur est fortement acide et métallique, elle ne précipite ni par l'acide sulfurique, ni par l'acide chlorhydrique, ni par le chlorure de baryum. Quand on la concentre, elle se colore d'abord en jaune, en vert, puis en bleu, et finit par donner, si on l'abandonne sur de l'acide sulfurique, une masse solide, amorphe, bleue, transparente, fendillée, qui se détache facilement des parois de la capsule. L'acide molybdique soluble est rapidement réduit par les matières organiques sous l'influence de la lumière solaire.

La masse solide qui vient d'être décrite, se redissout assez facilement dans l'eau froide, si on effectue cette dissolution peu de temps après avoir préparé l'acide; dans le cas contraire, il faut chauffer doucement.

La dissolution d'acide molybdique se modifie quand on l'évapore au bain-marie, et donne alors un abondant pré-

<sup>1</sup> L'auteur ne dit pas s'il s'est assuré, comme MM. Svanberg et Struve l'ont annoncé, si son molybdate de baryte retenait du molybdate alcalin, ce qui aurait, sans doute, quelque influence sur la solubilité de l'acide molybdique.

cipité blanc qui est probablement un hydrate peu soluble.

L'acide solide perd longtemps de l'eau sous l'influence de la chaleur; au rouge-naissant, la déshydratation est totale.

*Octo-molybdates.* On les obtient facilement en traitant les sels des séries précédentes par les acides forts. Ils sont solubles, cristallisables; le cyanoferrure de potassium les précipite en brun-rouge, tandis qu'il n'a pas d'action sur les molybdates moins acides. Tous les octo-molybdates, étudiés par l'auteur, affectent la forme de prismes obliques à quatre pans terminés par une base, sans modifications.

L'*octo-molybdate de soude*,  $\text{Na}^2\text{O}, 8\text{MoO}_5 + 17\text{aq.}$ , a été préparé en traitant huit molécules du sel neutre par sept molécules d'acide chlorhydrique et laissant évaporer spontanément. Les cristaux peuvent atteindre jusqu'à un demi-pouce de longueur; petits, ils sont transparents, plus grands, ils prennent un éclat un peu gras. Ils sont efflorescents à l'air et finissent par prendre l'apparence de l'acide stéarique fondu.

Facilement soluble dans l'eau, même froide, ce sel peut cristalliser de nouveau sans altération; il se comporte au feu comme tous les molybdates acides.

L'*octo-molybdate de potasse*,  $\text{K}^2\text{O}, 8\text{MoO}_5 + 13\text{aq.}$ , s'est formé quand M. Ullik a ajouté du tri-molybdate de potasse à de l'acide molybdique soluble. Le tri-sel se dissout bien dans l'acide jusqu'à un certain moment où il se forme instantanément un abondant dépôt cristallin qui se redissout quand on chauffe la liqueur et cristallise de nouveau par le refroidissement. Ce corps est décomposé par l'eau.

L'*octo-molybdate de magnésie* forme de petits cristaux nets, éclatants, qui renferment vingt molécules d'eau, s'effleurissent à l'air, se dissolvent bien dans l'eau froide, fondent au rouge naissant et perdent ensuite une partie de leur acide qui se vaporise.

L'*octo-molybdate de baryte* cristallise avec dix-huit molécules d'eau. Il prend naissance, quand on ajoute du carbonate de baryte à de l'acide molybdique soluble aussi longtemps qu'il

s'en dissout; par l'évaporation il se dépose de petits prismes obliques, insolubles dans l'eau froide et décomposables par l'eau chaude.

Le sel de *chaux* correspond au précédent; il a été préparé en décomposant le molybdate neutre de cette base par la quantité voulue d'acide chlorhydrique. Ses cristaux sont très-petits, presque insolubles dans l'eau froide, beaucoup plus solubles à chaud.

*Molybdates doubles.* J'ai déjà parlé au commencement de cet article du molybdate sodico-potassique  $K^2O, 2Na^2O, 3MoO^3 + 14 aq.$ ; c'est celui que M. Ullik identifie avec mon sel neutre de potasse.

*Molybdate de magnésie et de potasse:*  $K^2O, MgO, 2MoO^3 + 2 aq.$  Il se forme par l'union directe des deux sels simples. Il affecte la forme de croûtes cristallines assez lentement solubles dans l'eau froide, inaltérables à l'air.

*Molybdate d'ammoniaque et de magnésie.*  $Am^2O, MgO, 2MoO^3 + 2 aq.$  Les cristaux sont plus gros que ceux du précédent avec lequel ils semblent isomorphes. Ces deux sels doubles correspondent aux sulfates ferroso- et manganoso-potassiques décrits par M. Marignac.

L'auteur a obtenu des cristaux dans lesquels la moitié de l'acide molybdique étaient remplacés par de l'acide chromique, en dissolvant ensemble des poids atomiques égaux de molybdate neutre de magnésie et de chromate neutre de potasse. La formule de ces cristaux est  $\begin{matrix} K^2O \\ MgO \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} MoO^3 \\ CrO^3 \end{matrix} \right\} + 2 aq.$ ; ils ont la couleur du chromate jaune de potasse, se dissolvent bien dans l'eau, fondent au rouge et peuvent être intégralement redissous après le refroidissement.

L'auteur n'a pas réussi à obtenir un composé analogue dans lequel l'acide chromique serait remplacé par l'acide sulfurique<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Il est à regretter que M. Ullik n'ait pas déterminé ou fait déterminer les formes cristallines des sels nouveaux qu'il a obtenus.

En terminant le mémoire important que je viens d'analyser brièvement, M. Ullik donne quelques considérations théoriques sur la constitution de l'acide molybdique. Il envisage l'acide molybdique comme résultant de l'union d'un atome d'oxygène avec un atome de bi-oxyde de molybdène  $\text{MoO}^2$ , ce dernier fonctionnant comme radical bi-atomique, tandis que le molybdène lui-même serait hexatomique. Comme je n'ai pas foi en la doctrine de l'atonicité, telle que la chimie moderne l'enseigne actuellement, je passerai sous silence les formules rationnelles qui font la fin du mémoire du chimiste de Graz.

M. DELAFONTAINE.

A. WURTZ. SUR LA SYNTHÈSE DE LA NÉVRINE OU NEURINE.  
(*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome LXV, p. 1015.)

Sous le nom de *protagon*, M. Liebrich a fait connaître une substance définie, cristallisable, peu stable, contenant du phosphore et de l'azote, qui se rencontre dans le cerveau et la substance nerveuse, et probablement aussi dans le pus, le jaune d'œuf, les corpuscules blancs du sang et le sperme. L'acide cérébrique de Frémy et la cérébrine sans phosphore de W. Müller paraissent être des produits de décomposition du protagon.

Sous l'influence de l'eau de baryte bouillante, le protagon se dédouble en acide phospho-glycérique et en *neurine* base énergique, volatilisable, identique avec la *choline*, l'un des constituants de la bile de porc et de celle de bœuf<sup>1</sup>, et probablement aussi avec la *sinikaline* base provenant de la décomposition de la sinapine<sup>2</sup>.

M. Ad. Beyer a démontré récemment que la neurine<sup>3</sup> est

<sup>1</sup> Dybkowski, *Journ. für prakt. Chemie*, t. 100, p. 153.

<sup>2</sup> Claus et Keesé, *idem*, t. 102, p. 24.

<sup>3</sup> M. Würtz traduit le mot *neurine* par *névrine*.

une base oxyéthylénique correspondant à un hydrate d'ammonium ( $\text{Az}^2\text{H}^6, \text{H}^2\text{O}$ ) dans lequel six atomes d'hydrogène seraient remplacés par six molécules de méthyle et les deux derniers par une molécule d'oxyde d'éthylène. Partant de là, M. Würtz a tenté et réalisé la synthèse de la neurine en faisant réagir la triméthylamine sur le glycol monochlorhydrique. Cinq grammes d'ammine et dix grammes de glycol monochlorhydrique ont été chauffés au bain-marie, dans un tube scellé, pendant vingt-quatre heures, au bout desquelles on a vu, par le refroidissement, le tube se remplir de beaux cristaux prismatiques de chlorhydrate de neurine, parfaitement incolores, très-solubles dans l'alcool absolu d'où l'éther les précipite, très-déliquescents, susceptibles de s'unir avec le chlorure d'or pour former de petites aiguilles jaunes de chloro-aurate, formant avec le chlorure de platine un chloro-platinate soluble dans l'eau mais non dans l'alcool.

Le chlorhydrate obtenu dans la réaction qui vient d'être décrite et traité par l'oxyde d'argent humide, donne la névrine très-soluble dans l'eau, et qui reste, après l'évaporation, sous forme d'un liquide sirupeux qui se décompose quand on le chauffe, en répandant une vive odeur ammoniacale.

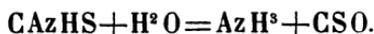
M. D.

---

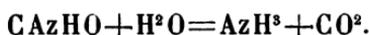
Carl THAN. UEBER DAS... SUR L'OXYSULFURE DE CARBONE. (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 5 Suppl.-Band, 236.)

L'oxysulfure de carbone COS est une substance gazeuse qui se forme dans les circonstances suivantes: 1° Par l'union directe de l'oxyde de carbone avec le soufre. Si l'on fait traverser un tube de porcelaine chauffé au rouge sombre, par un courant de vapeur de soufre en excès et d'oxyde de carbone, il se forme une quantité appréciable d'oxysulfure de carbone mélangé d'oxyde de carbone impossible à séparer.

2° Par la décomposition de l'acide sulfocyanhydrique par les acides étendus :



Cette décomposition correspond à celle de l'acide cyanique :



Voici le procédé à suivre : on projette du sulfocyanure de potassium en poudre dans un mélange refroidi formé par cinq vol. d'acide sulfurique et quatre vol. d'eau, tant que la masse demeure liquide. Le dégagement de gaz commence de lui-même : s'il est trop rapide, il faut refroidir le ballon ; s'il est, au contraire, trop lent, il suffit de tenir le vase sur la flamme du gaz pendant un temps très-court et agiter vivement. Le gaz qui se dégage d'une manière constante et tranquille, renferme une trace d'acide cyanhydrique, de sulfure de carbone et de vapeur d'eau ; pour le purifier, on le conduit dans trois tubes en U dont le premier est rempli de coton imprégné d'oxyde de mercure humide, tandis que le second contient du caoutchouc non vulcanisé en menus morceaux et le troisième de chlorure de calcium. Le gaz se recueille sur le mercure, qu'il n'attaque pas quand il est sec. L'oxysulfure a une odeur qui n'est pas désagréable et rappelle tout ensemble celle de l'acide carbonique, de la résine et de l'hydrogène sulfuré. L'eau dissout son volume de ce corps dont elle prend ainsi l'odeur. Cette dissolution saturée a une saveur sucrée d'abord, puis un peu piquante et sulfureuse tout à la fois ; au bout de quelques heures, elle exhale une forte odeur d'hydrogène sulfuré. Le gaz a une réaction plus faiblement acide encore que l'acide carbonique. Lorsqu'on l'allume, et il s'enflamme même avec une allumette presque éteinte, il brûle avec une belle flamme bleue, peu lumineuse, en produisant de l'acide sulfureux et de l'acide carbonique. Il est aussi susceptible d'une combustion incomplète, avec dépôt de soufre. Une bougie allumée s'éteint quand on la plonge dans une atmosphère de ce gaz, qui

prend feu à l'orifice du flacon où se fait l'expérience. Mélangé avec un volume et demi d'oxygène, il constitue un gaz qui détone fortement à l'approche d'un corps enflammé. La potasse et les autres hydrates alcalins l'absorbent lentement, mais complètement en produisant une molécule de mono-sulfure alcalin, une molécule de carbonate et deux d'eau. Il n'agit pas sur les dissolutions neutres ou acides des sels de plomb, de cuivre ou d'argent. A la température ordinaire le chlore et l'acide nitrique fumant ne l'attaquent pas. Le sodium s'y recouvre, à froid, d'une croûte blanche, mais au rouge, il y brûle avec explosion : le résidu consiste en charbon, sulfure et carbonate de sodium.

L'oxysulfure de carbone se décompose partiellement, déjà au rouge sombre, en soufre et en oxyde de carbone; son poids spécifique = 2.410. L'auteur pense que ce gaz se dégage naturellement dans quelques localités, mais qu'il ne tarde pas à se décomposer en présence de l'eau; il lui est à peu près démontré que deux sources, celles de Hackany et de Parad en Hongrie, en contiennent.

M. D.

---

### ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Will. CARPENTER. RESEARCHES, etc. RECHERCHES SUR LA STRUCTURE, LA PHYSIOLOGIE ET LE DÉVELOPPEMENT DE L'ANTEDON (COMATULA Lam.) ROSACEUS, 1<sup>re</sup> partie. (*Philos. Transact.* 1866, p. 671.) — Wyville THOMSON. ON THE EMBRYOLOGY, etc. SUR L'EMBRYOLOGIE DE L'ANTEDON ROSACEUS. (*Ibid.* 1865, p. 513.) — LÜTKEN. OM VESTINDIENS PENTACRINER, etc. SUR LES PENTACRINIDES DES INDES OCCIDENTALES, AVEC REMARQUES SUR LES CRINOÏDES EN GÉNÉRAL. (*Vidensk. Meddelelser af Naturhist. Forening* 1864.)

Les Comatules ont donné lieu récemment à des recherches importantes de la part de M. Carpenter et de M. Wyville Thomson. Ces deux auteurs se sont distribué le travail de

telle manière que leurs recherches se complètent réciproquement. M. Carpenter, en effet, a pris pour lui les considérations purement zoologiques et la structure, soit de l'animal parfait, soit de la phase pentacrinoïde; M. Thomson s'est réservé l'étude de la première larve et de l'apparition, dans son intérieur, de la forme pentacrinoïde.

M. Carpenter débute par une réforme de synonymie: au nom générique de *Comatula* Lam., divers auteurs ont substitué celui d'*Alecto* Leach, qui date de 1814, tandis que le premier ne fut publié qu'en 1816. Toutefois, dès 1811, M. Fréminville avait établi ce genre d'une manière parfaitement claire sous le nom d'*Antedon*. M. Carpenter revient donc à ce nom et, sous la désignation spécifique d'*Antedon rosaceus*, il réunit un grand nombre de prétendues espèces de Crinoïdes libres. En effet, beaucoup de caractères sur lesquels ces distinctions ont été établies paraissent n'avoir qu'une importance très-secondaire. C'est le cas même pour la présence ou l'absence de plaques inter-radiales.

J. V. Thomson et Edward Forbes ont déjà insisté sur l'activité avec laquelle les Antedons nagent, lorsqu'on les place librement dans l'eau. Toutefois, il suffit de les conserver quelque temps dans un aquarium pour savoir que la natation n'est qu'exceptionnelle chez eux. Dès que ces Crinoïdes ont saisi un corps étranger à l'aide de leurs cirres, ils y restent fixés pour ne plus guère changer de place. Dans leur position normale, les bras sont tournés élégamment vers le haut; mais, contrairement à l'opinion généralement répandue, M. Carpenter nie le rôle directement préhensile de ces organes. Jamais on ne leur voit exécuter non plus qu'à leurs pinnules de mouvements appropriés à ce but. M. Carpenter les considère comme des organes sensoriels destinés à protéger les parties molles qui occupent la surface ventrale du disque et à empêcher les particules trop grosses d'être entraînées dans le courant buccal. Si l'on irrite une des pinnules ordinaires d'un bras à l'aide d'une baguette, ce bras réa-

git par un simple mouvement ondulatoire fort lent qui peut cependant s'étendre au bras voisin. Mais si l'on touche de la baguette l'une des grandes pinnules de la base des bras, on voit ceux-ci se fermer immédiatement avec énergie et ensemble. La nourriture paraît être conduite à la bouche par les sillons qui convergent vers celle-ci, sillons dans lesquels M. Carpenter a réussi à distinguer un courant sans reconnaître cependant de cils vibratiles. Les pinnules paraissent d'ailleurs jouer, en outre, un rôle respiratoire. En effet, en outre du canal dit ambulacraire et de ses expansions tentaculaires, chaque bras et chaque pinnule contiennent un canal afférent et un canal efférent dans lesquels le liquide nutritif est exposé à l'action oxygénante du milieu ambiant. Les différentes pièces du squelette sont formées, selon M. Carpenter, par un dépôt calcaire réticulé dans un sarcode homogène.

L'existence de cette base sarcodique, de nature albuminoïde, est aussi admise par M. Thomson. Les segments des bras et de leurs pinnules latérales, comme aussi jusqu'à un certain degré, ceux des rayons qui les portent, sont susceptibles de se mouvoir, grâce à un appareil musculaire de fibres non striées. Ces muscles ne sont nullement parcourus par des vaisseaux sanguins, mais leur surface forme le sol du canal rempli de liquide nutritif.

M. Carpenter étudie avec grand soin toutes les pièces du squelette. La base de l'animal est formée par une plaque pentagone imperforée convexe extérieurement, concave intérieurement : cette plaque est l'homologue du premier article de la tige des autres Crinoïdes, comme le savait déjà J. S. Miller, seulement cette plaque n'est pas perforée, puisqu'il n'y a pas de prolongement du canal alimentaire destiné à nourrir une tige. Cette plaque centro-dorsale porte à sa surface externe une série de petites cavités pour l'articulation des cirres dorsaux, dont le nombre peut s'élever jusqu'à une quarantaine. Ces cirres, extrêmement simples, servent uniquement à fixer l'animal. Ils sont formés d'une série de seg-

ments perforés chacun par un canal axial. Ce canal des cirres se continue jusque dans la concavité de la plaque centro-dorsale. Müller le supposait occupé par un vaisseau sanguin provenant d'un cœur qu'il plaçait dans la cavité de la plaque centro-dorsale, et duquel il faisait procéder d'autres vaisseaux se rendant dans les plaques radiales. Toutefois, selon M. Carpenter, ces prétendus vaisseaux axiaux des cirres sont des cordons de substance sarcodique non consolidée, et le prétendu cœur est aussi un reste de l'axe crinoïde originaire.

Lorsque la plaque centro-dorsale a été détachée du reste du calice, on trouve la base de celui-ci formée par un disque pentagonal résultant de l'adhésion réciproque des cinq pièces radiales de premier ordre. Ce disque présente une cavité occupée du côté dorsal par une plaque unique de conformation très-délicate, qui paraît avoir échappé jusqu'ici aux observateurs, et que M. Carpenter appelle la *rosette*. Puis viennent les pièces radiales du second et du troisième ordre. Dans les Antedons de l'estuaire de la Clyde il n'existe jamais trace de pièces interradales. En revanche, M. Carpenter en trouve dans les échantillons d'Ilfracombe et de quelques autres localités. Toutefois, M. Thomson ayant observé un Antedon des Shetland possédant des plaques interradales dans trois angles, mais dépourvus de ces plaques dans les deux autres, ce caractère paraît n'avoir pas d'importance.

Les dix bras résultant de la bifurcation des rayons sont formés par des segments en nombre indéfini. Chaque segment est, en principe, un tronçon cylindrique perforé par un canal axial, et les déviations que l'on observe de ce type fondamental sont intimement liées au mode d'attache des muscles et des ligaments aux faces articulaires. Les différents segments, sauf dans les points connus sous le nom de *syzygies*, sont séparés par un espace qu'occupe un ligament élastique, antagoniste des muscles fléchisseurs placés sur le côté ventral des bras. La contraction de ces muscles fléchisseurs peut aller jusqu'à produire un enroulement spiral de

chaque bras comparable à celui d'un ressort de montre. Dès que les muscles se relâchent, l'élasticité des ligaments du côté dorsal amène l'extension des bras, et peut même produire un léger degré de flexion en sens opposé. Les bras possèdent aussi un léger degré de flexion latérale, en vertu semble-t-il d'une inégalité d'action des deux muscles fléchisseurs de chaque articulation.

Le canal axial des bras est occupé par un *cordon solide* de substance sarcodique que M. Carpenter considère de même que les cordons des cirres dorsaux comme une branche de de l'axe crinoïde primitif. Les syzygies ne résultent point, comme on l'a cru parfois, d'une subdivision imparfaite des segments des bras, mais, au contraire, de la coalescence partielle de deux segments originaires bien distincts.

Les Antedons jouissent à un haut degré de la propriété de reproduction des parties mutilées. Dans ces cas de reproduction on voit si fréquemment la fracture procéder d'une syzygie, qu'on peut se demander si ces articulations particulières ne jouissent pas d'un pouvoir reproducteur spécial analogue à celui que nous trouvons dans l'extrémité basilaire de la première phalange chez les Crustacés Décapodes. Cependant, il semble plus vraisemblable que la fréquence des fractures aux syzygies dépend plutôt de la grande fragilité des bras en ces points, les segments réunis dans une syzygie n'étant accollés ensemble que par une couche de substance sarcodique sans muscles et sans ligaments. Il est certain, dans tous les cas, que le pouvoir reproducteur, au lieu d'être limité comme chez les crabes et chez les écrevisses à une articulation déterminée, est, au contraire, l'apanage de tous les points du bras et même du rayon.

L'embryon des Antedons se présente d'abord dans l'intérieur de la membrane vitelline sous la forme d'un corps ovoïde cilié. Plus tard, les cils se concentrent en quatre bandes transversales, l'animal prend une apparence légèrement réniforme avec une cavité représentant la bouche vers le

hile. A ce moment, la membrane vitelline se déchire et la larve est mise en liberté. Un long faisceau de cils continuellement vibrants est fixé à l'extrémité la plus étroite (postérieure) du corps. La dépression représentant la bouche est située entre le troisième et le quatrième cercle de cils. Ses bords sont richement ciliés. Immédiatement en arrière et séparé d'elle seulement par la largeur du quatrième cercle de cils se trouve une autre petite dépression, l'anus. Ces deux ouvertures sont mises en communication par un tube arqué, extrêmement court, qui est le canal intestinal. Ce sont là, au fond, les seuls organes de la larve dont les tissus sont formés par un sarcode tout à fait comparable à celui des Infusoires. Bientôt, dans l'épaisseur de ce sarcode, on voit apparaître de petits spicules calcaires qui augmentent peu à peu de nombre, et se soudent les uns aux autres pour former des plaques réticulées très-élégantes.

Voilà donc les rudiments de la phase pentacrinoïde de l'Antedon se dessinant et se développant rapidement dans le corps de la première larve, qui conserve néanmoins sa forme indépendante et ses organes spéciaux de locomotion et d'assimilation. M. Thomson n'a pas réussi à reconnaître la première formation des viscères du pentacrinoïde. Le réseau calcaire oppose, en effet, à l'observation des difficultés difficiles à surmonter.

Lorsque le pentacrinoïde s'est allongé, il paraît enveloppé d'une épaisse couche de sarcode, qui n'est que le corps de la première larve uniformément contracté sur le corps et la tige du pentacrinoïde. Cette couche devient plus tard le périosome de l'animal. Les plaques du calice et les pièces orales ainsi que la bouche se forment. La tige s'allonge graduellement par l'addition de nouveaux anneaux au sommet de la tige, immédiatement au-dessous de la plaque centro-dorsale. L'estomac est suspendu dans une sorte de cavité périviscérale, attaché aux parois du corps par des filaments sarcodiques. On voit les canaux rayonnants naître de l'anneau oral,

traverser le disque et longer la partie supérieure des bras pour entrer en communication avec les tentacules et les feuilles respiratoires.

La première larve des Antedons ressemble beaucoup à la phase de pupe décrite par Joh. Müller chez certaines Holothuries. Cependant les jeunes Holothuries ont passé auparavant par la phase d'auriculaire, munie d'une bouche, d'un canal alimentaire et de lobes natatoires et présentant une symétrie bilatérale régulière. Dans la phase de pupe, l'animal se transforme en un cylindre de sarcode cerclé de bandes ciliées et dépourvu d'organes spéciaux. Chez les Antedons la phase d'auriculaire et celle de pupe paraissent fondues en une seule. Il subsiste, cependant, toujours une ou deux différences importantes : chez les Antedons, à l'inverse de ce qui a lieu chez les Holothuries, le crinoïde naissant n'emprunte à la larve aucune partie de son canal alimentaire. En outre, chez les Holothuries, la pupe entière se transforme par une simple métamorphose dans la forme définitive, tandis que, chez les Antedons, le développement des organes de l'embryon est restreint à la région antérieure de la larve, la région postérieure étant occupée par le pédoncule, organe temporaire. Enfin, chez les Holothuries, le tubercule madréporique et le canal pétreux existent au moins à l'état rudimentaire chez la larve. Rien de semblable chez les Antedons.

Dans la phase pentacrinoïde, selon M. Carpenter, l'intestin est encore dépourvu d'ouverture anale et même peut-être de tout calibre. Les cinq plaques orales importantes pour la comparaison avec d'autres crinoïdes sont extrêmement distinctes, mais avant l'époque où le pentacrinoïde se détache de son pédoncule, leur résorption commence.

M. Lütken a consacré aussi une étude intéressante, il est vrai plus zoologique qu'anatomique, non-seulement aux Antedons, mais encore aux Pentacrines. Il montre que les premiers sont autre chose que des Pentacrines détachés de leur pédoncule, et les seconds aussi autre chose que des An-

tedons qui auraient conservé leur pédoncule larvaire. Parmi les Pentacrines fossiles on en connaît un seul, figuré par Buckland, dont le calice soit entièrement conservé. On voit sortir du disque de cet animal une sorte de rostre recourbé avec une ouverture au bout, qu'on a considéré comme la bouche. Toutefois, comme le remarque M. Lütken, les Pentacrines vivants se comportant comme les Antedons au point de vue de la bouche et de l'anus, il est évident que le prétendu rostre est un tube anal. C'est ce que Müller savait déjà. Il faut remarquer cependant que, parmi les Comatules, les unes, savoir les Antedons, ont une bouche centrale avec un tube anal plus ou moins excentrique, tandis que les autres, savoir les Actinomètres, ont un tube anal central et une bouche tout à fait latérale. On pourrait donc fort bien rencontrer des différences analogues chez les Pentacrines. Chez les genres fossiles on ne peut donc guère déterminer la bouche et l'anus par leur position, mais seulement par leur forme. Aussi chez beaucoup de Crinoïdes paléolithiques où l'on trouve un rostre plus ou moins long formé de petites plaques dures, M. Lütken pense que, s'il faut voir dans cet organe un tube buccal ou un tube anal, c'est plutôt pour cette dernière opinion qu'il faut se prononcer. Il y a, il est vrai, une autre hypothèse admissible: à savoir que la bouche et l'anus aient été réunis chez ces Crinoïdes en une seule ouverture, comme cela a lieu aujourd'hui chez les Ophiurides et certaines Astérides, chez lesquelles, du moins, en l'absence d'un véritable anus, la bouche fonctionne comme ouverture anale. Il est à remarquer que, dans tous les cas jusqu'ici connus où la bouche et l'anus sont fonctionnellement réunis, c'est, en réalité, toujours l'anus qui fait défaut et la bouche qui en remplit les fonctions. Au contraire, chez les Crinoïdes paléolithiques, si la réunion fonctionnelle des deux ouvertures a eu lieu, c'est la bouche qui a disparu, et c'est l'anus qui en remplit les fonctions. En présence d'une pareille conclusion on a bien le droit de se demander si cette absence

apparente de bouche était bien réelle et si les plaques qui entouraient l'orifice buccal ne se fermaient pas après la mort d'une manière si hermétique, qu'il n'est plus possible aujourd'hui d'en reconnaître la place. Il ne faut pas oublier, cependant, que M. Murchison figure un *Marsupiocrinus* armé d'un long rostre sur lequel est placé un mollusque voisin des *Capulus*, et cet auteur nous apprend, qu'il n'est point rare de rencontrer cette association de ces deux animaux. Il en conclut que le Crinoïde a été fossilisé dans l'acte de sucer sa proie. Si cette manière de voir était exacte, il faudrait revenir à l'opinion que le rostre des Crinoïdes paléolithiques n'était pas seulement un anus, mais encore une bouche.

E. C.

---

S. DE LUCA et P. PANCERI. RICERCHE, etc. RECHERCHES SUR LA SALIVE ET LES ORGANES SALIVAIRES DU *DOLIUM GALEA*. (*Rendiconto d. R. Accad. di Sc. fis. e matem. di Napoli*. Agosto 1867.) — LES MÊMES. RECHERCHES SUR LES ORGANES SALIVAIRES DU *DOLIUM GALEA* ET D'AUTRES MOLLUSQUES. (*Ibid.*, settembre 1867.)

M. Troschel fit, il y a une dizaine d'années, la découverte fort inattendue de la présence d'une forte proportion d'acide sulfurique libre dans la salive d'un Gastéropode, le *Dolium Galea*. MM. de Luca et Panceri ont repris récemment l'étude de ce sujet, et ils ont confirmé dans leurs grands traits les résultats obtenus par leur devancier. Ils trouvent, en effet, la quantité d'acide sulfurique anhydre libre variant de 3,42 à 3,3 pour cent, quantité même un peu supérieure à celle constatée par M. Troschel. En revanche, les savants de Naples n'ont trouvé aucune trace d'acide chlorhydrique libre, tandis que l'analyse, faite précédemment par Boedeker, à l'instigation de M. Troschel, en indiquait 0,4 pour cent. Il était intéressant de rechercher jusqu'à quel point ce phénomène est isolé. MM. de Luca et Panceri ont donc étudié à ce point de

vue la salive de divers mollusques, et ils ont trouvé de l'acide sulfurique libre, en proportion notable, chez quatre espèces de Tritonium, chez un Casque, une Cassidaire, deux Murex et une Aplysie. En outre, chez tous ces mollusques, y compris les Dolium, ces savants ont vu se dégager un gaz du liquide salivaire, au moment de la déchirure de la glande. Ce gaz s'est trouvé être de l'acide carbonique pur, dont le volume s'est élevé, dans un cas, jusqu'à 206 centimètres cubes pour une glande du poids d'environ 75 grammes.

Ces différents liquides salivaires ont la propriété de ne point s'altérer spontanément au contact de l'air, et de conserver sans altération les substances albuminoïdes qu'on y plonge.

Le rôle de ces acides sécrétés en quantité si considérable est encore fort obscur. Les auteurs remarquent, chez les mollusques en question, que le sang ne cesse pas d'être alcalin. C'est un sujet sur lequel ils nous promettent d'ailleurs des recherches ultérieures.

E. C.

**Alb. KÖLLIKER. NOTE SUR LE POLYMORPHISME DES ANTHOZOAIRES  
ET LA STRUCTURE DES TUBIPORES. (*Würzburger Zeitung*,  
4 janvier 1868.)**

Le polymorphisme des individus, si remarquable chez les Acalèphes, n'avait pas jusqu'ici de correspondant parmi les autres Cœlentérés. C'est donc une découverte assez inattendue que celle d'un véritable polymorphisme, faite par M. Kölliker chez divers genres d'Anthozoaires, soit Alcyonnaires. Ce polymorphisme consiste en ce que outre les gros individus susceptibles de prendre la nourriture et munis d'organes générateurs, il en existe d'autres plus petits, asexués, qui paraissent présider essentiellement à l'introduction de l'eau de mer dans l'organisme, puis à son expulsion, et qui sont peut-être en même temps le siège d'une sécrétion excrémén-

titielle. Ces individus asexués possèdent, comme les autres, une cavité du corps, divisée en chambres par huit cloisons, et un estomac piriforme muni de deux ouvertures. En revanche ils sont entièrement dépourvus de tentacules et au lieu des huit filaments mésentériques ordinaires on n'en trouve plus que deux appuyés sur deux cloisons consécutives. La cavité du corps de ces individus est toujours en communication avec celle des individus sexués, mais la manière dont s'établit cette communication est sujette à varier avec les genres.

On peut distinguer deux types quant au mode de distribution des individus sexués sur les polypiers. Dans le premier ils sont distribués en grande quantité dans toute la région polypigère du polypier, entre les individus sexués. Ainsi chez certains *Alcyonium* que M. Kölliker fait rentrer dans le genre *Sarcophyton*, chez les *Vérétilum*, chez les *Lituaria*, chez les *Cavernularia* et chez les *Sarcobelemnon*. Dans le second cas, les individus asexués sont restreints à certaines places parfaitement définies mais variables avec les genres. Ainsi chez certains *Ptérooides*, on les trouve à la face inférieure des feuilles pennées de la région servant d'attache sous la forme d'une plaque plus ou moins grande; chez d'autres espèces du même genre on les trouve, en outre, au sommet du polypier; chez les *Pennatules*, les varicosités du tronc correspondent aux places où siègent les individus sexués; la *Funiculina quadrangularis* les montre disposés en rangées longitudinales entre les individus sexués: les *Virgulaires*, enfin, présentent toujours en arrière de chaque feuillet, sur leur tronc, une simple rangée transversale d'individus asexués.

Il est probable que toutes les *Pennatulides* présentent un pareil dimorphisme, du moins chez les *Renilla* voit-on entre les polypes bien développés des corps rudimentaires qui paraissent être des individus d'une forme différente. En revanche, sauf l'exception citée plus haut du genre *Sarcophyton*, M. Kölliker a cherché en vain le dimorphisme chez les

Alcyonides et les Gorgonides. Il ne faut d'ailleurs pas oublier qu'il paraît exister des rapports entre les bourgeons des individus sexués et des individus asexués dans les polypiers polymorphes, car chez les Veretillum tout au moins, les individus asexués paraissent dans de certaines circonstances pouvoir se transformer en individus sexués.

M. Kölliker a pu aussi étudier un polypier de Tubipore encore enveloppé des parties molles et provenant de l'archipel Viti. Malgré la grande ressemblance des polypiers de Tubipores avec ceux des madrépores, l'auteur a pu se convaincre que par toute leur structure et leur développement, ces Polypes sont des Alcyonaires qui doivent prendre place à côté du genre Clavularia. Soit les tentacules, soit les corps des polypes de Tubipores renferment des spicules. E. C.

---

Prof. Wilh. KEFERSTEIN. ÜBER EINE ZWITTER-NEMERTINE. SUR UN NÉMERTIEN HERMAPHRODITE (BORLASIA HERMAPHRODITICA) DE SAINT-MALO. (*Nachr. v. d. k. Ges. d. Wiss. u. G. A. Univ. zu Göttingen*, 15 janvier 1868.)

Autrefois on accordait une grande importance en zoologie à la réunion des sexes sur un même individu ou à leur répartition sur des individus distincts. Encore récemment un savant français a tenté de répartir en classes les invertébrés en grande partie d'après ce caractère.

Il est certain cependant aujourd'hui que la monœcie et la dioécie n'ont qu'une valeur secondaire. Ne savons-nous pas, par exemple, que, soit chez les Annélides, soit chez les Nématodes qui ont dans la règle des sexes séparés, on trouve un certain nombre d'espèces hermaphrodites? Nous connaissons aussi quelques Trématodes dioïques dans un groupe d'ailleurs entièrement hermaphrodite. Et récemment dans le groupe des Planaires hermaphrodites n'a-t-on pas fait connaître une espèce à sexe séparé (*Planaria dioica* de St-Vaast)?

Aussi la découverte faite par M. Keferstein à Saint-Malo d'un Némertien hermaphrodite n'est-elle point trop surprenante. Mais c'est dans tous les cas un fait important, puisque c'est le premier exemple d'hermaphroditisme dans ce groupe. Chez cet animal, auquel M. Keferstein donne le nom de *Borlasia hermaphroditica*, les testicules ont été trouvés remplis de zoospermes mûrs et les ovaires pleins d'ovules en voie de formation. L'auteur n'ayant étudié qu'un seul individu, on pourrait soupçonner dans les organes désignés par lui sous le nom de testicules des réceptacles de la semence remplis de sperme. Toutefois M. Keferstein croit s'être convaincu que cette interprétation serait fautive.

Quoi qu'il en soit, l'auteur se demande si la découverte d'un némertien hermaphrodite ne serait pas propre à jeter un peu de jour sur les némertiens dans la cavité périsvécérale desquels M. Max Schultze, M. Claparède et M. Keferstein lui-même ont rencontré des petits vivants bien développés.

E. C.

BRUNNER DE WATTENWYL. NOUVEAU SYSTÈME DES BLATTAIRES.  
Vienne, 1865 ; 1 vol. in-8°.

Dans l'ordre des Orthoptères, les Blattes ou Kakerlacs forment une famille nombreuse, caractérisée par l'aplatissement du corps, la position de la tête qui est appliquée sous le prothorax, et l'absence d'organe musical. Ces insectes, dont le nombre des espèces connues devient chaque jour plus considérable, offrent dans leurs mœurs ceci de remarquable qu'habitent souvent les maisons et étant du reste fort vagabonds, ils pénètrent dans les vaisseaux, se transportant ainsi d'un continent à l'autre et tendent, par l'effet du commerce, à devenir de plus en plus cosmopolites. Un assez grand nombre de Blattaires, même appartenant aux plus petites espèces, se sont ainsi répandues sur tout le pourtour de notre globe

entre les limites des climats chauds ou tempérés, tandis que d'autres, telles que notre petite *Ectobia lapponica*, tendent à devenir entièrement cosmopolites, ou le sont même devenues complètement, comme la *Periplanata orientalis*. Pour les espèces les plus vagabondes, on ignore quelle fut la patrie première ; ainsi les *Periplanata Surinamensis* et *Australasiae* étaient déjà du temps de Linné répandues sur plusieurs continents.

L'ouvrage de M. Brunner constitue une monographie très-complète et très-soignée de ces insectes, établie à l'aide des très-riches matériaux de sa belle collection et de divers musées. Les recherches bibliographiques les plus étendues, faites avec la plus grande attention, ont conduit l'auteur à rectifier la synonymie ; la comparaison de matériaux abondants lui a permis d'établir pour la première fois une classification rationnelle des Blattides. Ce livre est donc un modèle dans son genre. Malheureusement, sa publication a presque coïncidé avec celle des travaux de M. H. de Saussure sur le même sujet, d'où il est résulté une foule de doubles emplois pour les noms de genres et d'espèces, dont la réduction exigera de la part des auteurs une soigneuse comparaison de leurs types respectifs.

S'il nous était permis de formuler un reproche sur le livre de M. Brunner, nous dirions que, dans notre opinion, l'auteur a trop multiplié les genres. Ainsi le genre linnéen *Blatta*, qui sert de type à la famille et qui lui a donné son nom, est resté sur le champ de bataille et a complètement disparu à force d'être subdivisé. Une pareille élimination ne saurait être admise. Le nom primitif doit forcément être conservé pour l'un des débris du grand genre *Blatta*, il a droit à la priorité, et il devra être attribué au genre *Phyllo-domia* de Serville.

L'excès des divisions, loin de faciliter les études, les rend au contraire ardues pour ceux qui ne sont pas de longue main initiés à la connaissance d'un groupe ; mais il n'est que

juste d'ajouter que la multitude d'excellentes figures, exécutées sans luxe, mais avec exactitude, lèvent dans l'ouvrage de M. Brunner les principales difficultés qui pourraient résulter de cette surabondance de genres. Les espèces sont aussi groupées dans chaque genre par subdivisions méthodiques, au lieu d'être, comme on le voit trop souvent dans les ouvrages analogues, entassées sans ordre les unes à la suite des autres.

Enfin, on pourrait aussi reprocher à l'auteur de n'avoir pas suffisamment mis en relief la hiérarchie des groupes. Son tableau analytique de la distribution des genres, établi tout d'une pièce, offre un enchaînement si long qu'il est presque impossible de le suivre jusqu'à ses dernières ramifications sans s'égarer en route. Il eût été, pensons-nous, préférable de diviser d'abord avec netteté la famille en tribus et d'établir ensuite un tableau pour chaque tribu.

A part ces observations de détail, le traité de M. Brunner est un excellent livre, fait avec soin, science et méthode.



## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1868.

- 
- Le 1<sup>er</sup> et le 2, assez forte bise toute la journée.
- 5, neige presque tout le jour, hauteur 54<sup>mm</sup>.
- 7, neige le soir, hauteur 5<sup>mm</sup>.
- 8 et le 9, assez forte bise depuis le 8 à 10 h. du soir au 9 à 10 h. du matin.
- 13, à 6 h. du matin, halo lunaire.
- 16, brouillard épais tout le jour.
- 17, brouillard épais tout le jour; givre.
- 18, vent violent du SO. depuis 6 h. du soir.
- 19, vent violent du SSO. tout le jour.
- 22, vent violent du SSO. pendant toute la journée, la nuit précédente et la nuit suivante.
- 25, faible halo solaire de 9 h.  $\frac{1}{2}$  à 1 h.; neige le soir et dans la nuit, hauteur 22<sup>mm</sup>.
- 27, forte bise tout le jour; le soir, belle lumière zodiacale jusqu'après 9 h.
- 28, couronne lunaire le soir.
- 30, gelée blanche le matin; le soir, lumière zodiacale faible à cause de la lune.
- 31, gelée blanche le matin; couronne solaire dans la matinée et couronne lunaire dans la soirée.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 10 h. s. et le 4 à 10 h. m.	723,34	Le 5 à 2 h. après midi.....	720,83
9 à 10 h. soir.....	730,05	12 à 6 h. matin.....	727,93
12 à 8 h. et 10 h. soir.....	729,96	13 à 2 h. après midi.....	726,27
16 à 10 h. soir.....	740,42	20 à 7 h. $\frac{3}{4}$ soir.....	705,67
21 à 6 h. soir.....	725,70	23 à 3 h. $\frac{1}{2}$ après midi.....	716,88
24 à 10 h. soir.....	730,34	25 à 6 h. soir.....	723,50
28 à 10 h. matin.....	734,32	29 à 7 h. matin.....	727,68
30 à 8 h. matin.....	738,97		

jours du mois.	Baromètre.		Température C.		Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige		Vent		Clarté		Temp. du Rhône		Linnimètre à 11 h.	
	Hauteur des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d les 24 h.	Nomb. d" h.	domi- nant.	mo- du ciel.	Midi.		Écart avec la temp. normale.	cm
1	720,65	- 6,82	8,26	- 7,90	9,0	7,4	1,85	- 2,13	782	87	680	890	...	..	NNE. 2	0,99	...	...	83
2	720,80	- 6,68	9,53	- 8,14	10,0	9,0	1,76	- 2,22	837	32	780	870	...	..	NNE. 2	1,00	4,9	- 3,5	82
3	721,38	- 6,11	8,92	- 8,50	10,1	7,4	1,82	- 2,16	820	49	740	900	0,4	3	variable	1,00	1,9	- 3,5	81
4	722,74	- 4,76	6,17	- 5,73	8,9	4,4	2,27	- 1,71	798	71	740	880	...	..	NNE. 1	1,00	2,9	- 2,4	80
5	721,46	- 6,05	5,20	- 4,74	6,0	3,5	2,81	- 1,47	926	57	820	1000	3,2	11	SO. 1	1,00	...	...	80
6	723,01	- 4,50	4,53	- 4,05	10,0	2,0	3,16	- 0,83	946	+	840	1000	0,6	2	variable	1,00	4,1	- 1,2	79
7	724,18	- 3,33	4,02	- 3,52	4,9	2,3	3,13	- 0,86	937	+	860	1000	...	..	variable	1,00	4,2	- 1,0	78
8	724,37	- 3,14	2,56	- 2,04	4,1	1,5	3,24	- 0,76	865	+	770	910	...	..	NNE. 1	1,00	4,3	- 0,9	78
9	729,21	+	3,20	- 2,67	3,8	2,9	2,87	- 1,13	811	58	760	820	...	..	NNE. 1	1,00	3,4	- 2,0	77
10	729,24	+	3,75	- 3,22	4,9	2,9	2,78	- 1,23	815	54	750	860	...	..	variable	1,00	3,8	- 1,3	77
11	729,17	+	5,33	- 4,80	8,5	1,7	2,67	- 1,34	900	+	760	1000	...	..	variable	0,78	3,8	- 1,3	76
12	727,59	+	0,48	- 0,05	6,8	4,1	3,86	- 0,15	880	18	660	1000	...	..	SO. 1	0,78	...	...	75
13	732,90	+	1,57	- 2,09	1,4	5,0	4,54	+ 0,52	884	13	750	970	2,2	5	variable	0,92	4,8	- 0,2	75
14	734,09	+	3,38	- 3,89	1,1	6,0	4,96	+ 0,94	883	14	740	930	...	..	SO. 1	0,86	4,9	- 0,1	74
15	739,32	+	4,29	- 4,79	1,3	7,5	5,33	+ 1,30	887	10	750	940	4,1	3	variable	0,98	5,0	- 0,0	74
16	737,60	+	1,78	- 1,32	3,9	0,1	4,09	+ 0,89	1000	134	1000	1000	...	..	variable	0,92	4,8	- 0,2	74
17	737,60	+	4,78	- 4,32	3,9	0,1	4,09	+ 0,89	1000	134	1000	1000	...	..	S. 1	0,98	4,8	- 0,1	73
18	730,90	+	7,39	- 7,83	0,5	12,6	5,29	+ 1,24	694	174	470	820	4,8	2	SO. 3	0,53	4,9	- 0,0	74
19	719,33	+	6,65	- 7,07	4,2	12,0	5,28	+ 1,22	750	114	630	900	4,5	5	SSO. 3	0,97	...	...	74
20	707,51	+	19,92	- 19,92	4,0	10,0	5,44	+ 1,37	783	81	540	880	12,0	12	SSO. 2	0,96	4,9	- 0,1	74
21	722,06	+	6,18	- 6,57	4,0	10,0	5,28	+ 1,22	750	114	630	900	4,5	5	SSO. 3	0,93	4,8	- 0,0	73
22	720,11	+	3,16	- 3,52	4,1	6,6	3,33	- 0,75	597	266	430	710	3,6	8	variable	0,61	4,9	- 0,1	73
23	718,01	+	9,36	- 6,38	1,0	9,5	5,13	+ 1,04	718	144	620	790	...	..	SSO. 3	0,63	4,8	- 0,0	73
24	727,14	+	5,19	- 5,47	2,6	9,1	3,85	- 0,25	596	265	450	690	...	..	variable	0,93	4,8	- 0,0	78
25	726,05	+	0,66	- 0,42	2,3	3,0	3,48	- 0,63	817	43	700	920	0,9	4	NNE. 3	0,53	3,7	- 1,0	75
26	725,31	+	1,78	- 1,59	4,3	2,0	3,40	+ 0,72	839	20	670	970	0,9	4	OSO. 1	0,86	3,7	- 1,0	75
27	731,37	+	4,22	- 1,36	1,5	6,0	4,58	+ 0,46	915	58	810	980	1,0	4	variable	0,94	...	...	78
28	733,56	+	1,88	- 1,97	1,3	3,8	3,44	- 0,69	678	178	580	860	...	..	NNE. 3	0,23	3,8	- 0,9	81
29	730,90	+	2,17	- 2,13	5,5	4,5	3,30	- 0,83	846	9	700	930	7,5	9	variable	0,67	3,0	- 1,7	78
30	738,22	+	0,71	- 0,79	4,4	5,5	3,58	- 0,16	771	83	490	1000	...	..	N. 1	0,81	4,8	- 0,1	78
31	734,97	+	0,40	- 0,54	6,1	7,9	3,48	- 0,67	785	65	530	980	...	..	variable	0,04	4,9	- 0,2	78
													...	..	variable	0,20	4,5	- 0,2	78

## MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	723,27	723,51	724,13	723,71	723,40	723,65	723,91	724,27	724,47
2 <sup>e</sup> "	729,17	729,24	729,57	729,00	728,13	727,94	727,94	727,83	727,92
3 <sup>e</sup> "	727,24	727,76	728,13	728,08	727,84	728,19	728,59	728,98	729,22
Mois	726,58	726,87	727,30	726,97	726,50	726,64	726,87	727,09	727,27

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	6,43	6,28	5,72	5,10	4,67	4,83	5,13	5,26	5,40
2 <sup>e</sup> "	+ 1,34	+ 1,28	+ 2,19	+ 3,86	+ 4,65	+ 4,04	+ 2,57	+ 1,97	+ 1,55
3 <sup>e</sup> "	- 0,29	- 0,40	+ 1,47	+ 3,23	+ 3,54	+ 3,29	+ 1,79	+ 1,04	+ 0,35
Mois	- 1,75	- 1,76	- 0,62	+ 0,75	+ 1,25	+ 0,91	- 0,19	- 0,69	- 1,12

### Tension de la vapeur.

1 <sup>re</sup> décade	2,49	2,50	2,59	2,59	2,66	2,64	2,62	2,59	2,66
2 <sup>e</sup> "	4,50	4,48	4,64	4,71	4,79	4,67	4,75	4,67	4,77
3 <sup>e</sup> "	3,77	3,52	3,76	3,91	3,86	3,81	3,91	3,88	3,80
Mois	3,59	3,50	3,66	3,74	3,77	3,71	3,76	3,72	3,74

### Fraction de saturation en millimètres.

1 <sup>re</sup> décade	872	872	857	816	802	812	828	829	863
2 <sup>e</sup> "	880	880	849	779	758	773	858	881	920
3 <sup>e</sup> "	840	797	743	680	656	660	749	788	812
Mois	863	848	814	756	736	745	810	831	863

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	— 7,17	— 4,19	1,00	3,28	3,9	79,6
2 <sup>e</sup> "	— 1,15	+ 6,01	0,87	4,77	21,6	74,3
3 <sup>e</sup> "	— 2,11	+ 5,69	0,59	4,29	13,0	76,8
Mois	— 3,43	+ 2,61	0,81	4,13	38,5	76,9

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,08 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 8° E., et son intensité est égale à 10,2 sur 100.

# TABLEAU

## DES

### OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1868.

Le 12, brouillard depuis midi à 8 h. du soir.

14, id. de 8 h. à 10 h. du matin.

15, id. à 6 h. du matin.

16, id. de 8 à 10 h. du matin.

21, id. jusqu'à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir.

24, id. jusqu'à 4 h. du soir.

26, id. jusqu'à 10 h. du matin et de 4 h. à 8 h. du soir.

27, id. jusqu'à 4 h. du soir.

29, id. de 10 h. à midi.

#### *Variations extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin.....	551,76	Le 3 à 6 h. matin.....	549,59
4 à 8 h. soir.....	555,29	5 à 2 h. après-midi.....	553,05
6 à 10 h. soir.....	556,20	8 à 6 h. matin.....	554,26
12 à 6 h. soir.....	563,03	13 à 4 h. soir.....	560,84
16 à 10 h. s., 17 à 10 h. m. ...	573,94	20 à 8 h. soir.....	545,26
21 à 10 h. soir.....	558,39	23 à 2 h. après midi.....	553,07
25 à 8 h. matin.....	559,79	26 à 6 h. matin.....	555,93
28 à 10 h. soir.....	565,05	29 à midi.....	561,24
31 à 10 h. matin.....	569,21		

SAINT-BERNARD. — JANVIER 1868.

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moy. du Clai.	
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.			Nombre d'heures.
	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.			
1	530,30	-10,31	549,88	-17,79	8,68	-19,3	-16,0	.....	.....	.....	SO.	0,36
2	531,00	9,78	550,57	-12,60	3,46	-13,6	-12,1	.....	.....	.....	SO.	0,86
3	551,69	9,07	549,59	7,82	+1,36	9,1	7,0	130	7,2	20	SO.	1,00
4	554,65	6,09	553,56	9,38	+0,17	-10,0	-7,3	110	7,9	16	SO.	1,00
5	553,71	7,01	553,05	-12,55	3,31	-14,3	9,7	.....	.....	.....	NE.	0,37
6	555,72	4,98	554,72	-12,83	3,56	-14,6	-11,2	.....	.....	.....	NE.	0,21
7	555,48	5,20	555,26	-12,72	3,43	-14,0	-10,1	.....	.....	.....	NE.	0,14
8	555,92	4,74	554,93	-12,63	3,31	-14,9	-10,0	.....	.....	.....	NE.	0,64
9	550,32	0,32	558,94	-11,29	1,94	-13,4	9,1	.....	.....	.....	NE.	0,02
10	560,01	0,61	559,66	-10,99	1,62	-12,0	8,5	.....	.....	.....	NE.	0,04
11	561,65	+1,05	561,09	-7,31	2,08	-10,5	5,3	.....	.....	.....	NE.	0,00
12	562,49	+1,91	561,73	6,23	3,18	-10,0	2,7	.....	.....	.....	NE.	0,87
13	561,55	+0,99	560,84	6,20	+3,23	8,1	3,0	.....	.....	.....	SO.	0,86
14	565,40	+4,86	562,90	7,91	+1,53	-10,7	5,0	10	3,5	4	NE.	0,87
15	568,80	+8,28	567,59	9,22	+7,23	3,6	+0,3	.....	.....	.....	NE.	0,98
16	572,02	+11,52	569,91	5,62	3,84	7,0	4,5	.....	.....	.....	NE.	0,33
17	573,06	+12,58	572,31	2,03	+11,50	0,0	5,6	.....	.....	.....	NE.	0,08
18	566,84	+6,38	563,03	2,22	9,26	1,4	+2,8	.....	.....	.....	variable	0,11
19	554,95	5,49	552,37	6,25	+3,24	9,7	3,7	97	6,6	17	variable	1,00
20	546,72	-13,70	545,26	7,09	2,40	8,3	3,8	110	8,0	20	SO.	1,00
21	555,55	4,85	550,65	-12,13	2,63	-15,2	-10,6	.....	.....	.....	NE.	0,73
22	556,22	4,16	555,29	6,74	+2,76	9,6	4,7	.....	6,8	.....	variable	0,96
23	553,23	7,12	553,07	9,63	+0,13	-11,3	5,8	.....	.....	15	NE.	0,37
24	556,71	3,62	553,77	15,31	5,81	-16,4	6,1	.....	.....	.....	NE.	0,67
25	558,18	2,13	556,71	8,00	+1,50	9,8	13,0	.....	.....	.....	NE.	0,16
26	557,00	3,29	555,93	-11,73	2,23	-12,3	-10,2	.....	.....	.....	NE.	0,98
27	561,94	+1,67	559,50	13,27	3,78	-14,9	10,7	40	3,2	6	NE.	0,67
28	564,45	+4,20	563,55	8,95	+0,54	-13,6	5,5	.....	.....	.....	NE.	0,90
29	562,45	+2,22	565,96	9,23	+0,45	-14,7	2,9	30	4,3	5	NE.	0,97
30	567,60	+7,39	566,25	9,21	+0,36	-12,6	4,9	.....	.....	.....	NE.	0,19
31	568,61	8,41	569,21	9,42	+7,03	-4,1	0,0	.....	.....	.....	NE.	0,02

Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomètre-

# MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1868.

6 h. m.   8 h. m.   10 h. m.   Midi.   2 h. s.   4 h. s.   6 h. s.   8 h. s.   10 h. s.

## Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	554,23	554,71	555,05	554,68	554,66	554,89	555,08	555,45	555,56
2 <sup>e</sup> " .	563,70	563,81	564,05	563,61	563,07	563,21	563,08	563,03	562,97
3 <sup>e</sup> " .	559,11	559,63	560,02	560,01	560,13	560,36	560,63	560,93	561,17
<b>Mois</b>	<b>559,02</b>	<b>559,39</b>	<b>559,72</b>	<b>559,45</b>	<b>559,31</b>	<b>559,52</b>	<b>559,63</b>	<b>559,84</b>	<b>559,94</b>

## Température.

1 <sup>re</sup> décade	—12,36 <sup>0</sup>	—12,77 <sup>0</sup>	—12,49 <sup>0</sup>	—10,92 <sup>0</sup>	—10,51 <sup>0</sup>	—11,23 <sup>0</sup>	—12,15 <sup>0</sup>	—12,45 <sup>0</sup>	—12,36 <sup>0</sup>
2 <sup>e</sup> " .	— 5,34	— 4,68	— 4,10	— 3,41	— 3,10	— 4,60	— 4,92	— 5,39	— 5,48
3 <sup>e</sup> " .	— 9,93	— 9,82	— 9,20	— 8,23	— 8,37	— 8,89	—10,36	—10,72	—10,26
<b>Mois</b>	<b>— 9,23</b>	<b>— 9,11</b>	<b>— 8,62</b>	<b>— 7,54</b>	<b>— 7,36</b>	<b>— 8,26</b>	<b>— 9,18</b>	<b>— 9,56</b>	<b>— 9,40</b>

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	—13,52 <sup>0</sup>	—10,10 <sup>0</sup>	0,46	15,1 <sup>mm</sup>	240 <sup>mm</sup>
2 <sup>e</sup> " .	— 6,93	— 1,93	0,61	18,1	217
3 <sup>e</sup> " .	—12,23	— 6,76	0,52	11,3	180
<b>Mois</b>	<b>—10,96</b>	<b>— 6,28</b>	<b>0,53</b>	<b>44,5</b>	<b>637</b>

Dans ce mois, l'air a été calme 15 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,95 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 64,5 sur 100.

\* Voir la note du tableau



## DESCRIPTION GÉOLOGIQUE ET MINÈRE

DES

# FILONS DU KINZIGTHAL

---

Ce travail a paru dans un vaste recueil de documents sur la statistique intérieure du grand-duché de Bade, publié par le ministère du commerce<sup>1</sup>. On y trouve une description extrêmement complète des gîtes métallifères du Kinzigthal qui prolongent dans le grand-duché de Bade la formation tout analogue de la Forêt-Noire württembergeoise. Cette étude, faite sur le plan le plus vaste, embrasse des points de vues très-variés. Les questions géologiques, technologiques et industrielles que soulèvent ces gisements métalliques y sont traitées dans tous leurs détails à côté d'un historique extrêmement complet des nombreuses exploitations, dont ce district a été le théâtre depuis les temps les plus reculés<sup>2</sup>.

Nous ne nous occuperons ici que de la partie géologique de cet ouvrage, dont les précieux renseignements jettent un jour tout particulier sur la théorie des filons, leur âge et leur mode de remplissage.

<sup>1</sup> Beiträge zur Statistik der inneren Verwaltung des Grossherzogthums Baden, 21<sup>tes</sup> Heft. Geognostisch-bergmännische Beschreibung des Kinzigthaler Bergbaues. Karlsruhe, 1865, in-4°, avec cartes.

<sup>2</sup> Les plus anciens documents relatifs à ces mines datent de l'an 1284, époque à laquelle le roi Henri VII concéda au comte Engeno de Fribourg tous les cours d'eau ainsi que les mines du Kinzigthal, pour en extraire l'or et l'argent. Depuis lors, les filons de ce district ont toujours été exploités avec des chances diverses, et ils ne paraissent point encore épuisés.

Malheureusement la lecture de ce livre si substantiel, est rendue fatigante à l'excès, moins encore par la masse de détails trop minutieux dont il est rempli que par une rédaction un peu diffuse, et par un style embarrassé mainte fois jusqu'à l'obscurité.

L'étude des formations minières n'offre, comme on le sait, que peu de faits généraux. Qui dit filons dit étude de détails, l'exception venant sans cesse infirmer la règle; faits spéciaux très-variés, mais sans liaison apparente. Le mérite du travail que nous allons essayer de traduire en le résumant est d'avoir démêlé l'écheveau de ces innombrables détails, et de les avoir groupés de manière à en faire ressortir par une méthode fort ingénieuse les faits généraux qui permettent de formuler une théorie positive et rationnelle de l'origine des filons. Quoique établi en grande partie sur des travaux antérieurs, il constitue, cependant, une étude d'ensemble fort importante. Tout en appliquant nos efforts à éviter les écueils que nous venons de signaler, il nous sera impossible de ne pas tomber dans des descriptions arides et parfois minutieuses, attendu que le sujet ne saurait se dépouiller complètement de ce caractère.

### **I. Constitution géologique du district minier du Kinzigthal.**

La constitution géologique du district des mines du Kinzigthal se devine déjà aux formes du paysage. Des groupes suivis de mamelons, de longs escarpements, trahissent avant tout la présence du gneiss, qui forme, en effet, la base de tous les terrains. Mais cette formation est percée par des granits et du porphyre éruptifs, et se trouve de plus recouverte sur une grande étendue de ses crêtes par les grès bigarrés.

Le gneiss apparaît sur toute la partie nord-ouest du bassin de la Kinzig ; dans la partie orientale il enchâsse de puissants filons de granit, et cette roche le remplace même complètement dans la partie sud-ouest, tandis que les lignes de partage des eaux sont occupées par les grès bigarrés.

#### TERRAIN DU GNEISS.

Quelle que soit l'uniformité apparente des gneiss, ils varient cependant beaucoup dans leur structure. La roche principale se compose d'une orthose jaunâtre, de quartz gris et de mica noir. Sa structure est granulo-schistoïde, et l'on rencontre souvent l'oligoclase verdâtre à côté de l'orthose. Les variétés de ces gneiss sont très-nombreuses, plus ou moins stratifiées, schistoïdes ou, au contraire, granitoïdes, presque porphyroïdes, devenant rougeâtres avec structure bacillaire. Près de Haussach, ils prennent la structure pegmatoïde avec de gros cristaux d'oligoclase et de quartz gras ; c'est là leur structure granitoïde extrême. L'extrême contraire se trouve dans un gneiss passant au thonschiefer ferrugineux, qui borde le district argentifère de Wittichen.

La décomposition des gneiss, surtout au voisinage des filons métallifères est fort remarquable. L'orthoclase devient mate ; le mica passe au verdâtre ou au jaune doré, mais l'oligoclase résiste plus longtemps. A mesure que la roche prend une apparence plus kaolineuse, elle pâlit ; l'oligoclase se transforme en petites parcelles de pinitoïde<sup>1</sup> et sur la cassure principale se montre une nouvelle formation de mica argenté, en petites paillettes ; enfin, il ap-

<sup>1</sup> Silicate d'alumine et de potasse avec oxyde de fer, chaux et magnésie.

paraît de petites pyrites de fer et même de cuivre, ainsi que des lamelles de galène. Cette variété de la roche encaisse un grand nombre de filons. Il est à remarquer que le mica brun, probablement à base de fer, y résiste souvent très-longtemps, lors même que le feldspath est converti en une masse verdâtre à éclat gras.

Quant aux mélanges accessoires, l'amphibole y est si fréquente qu'elle forme quelquefois des gneiss amphiboliques; on y rencontre même de la diallage en paramorphose, de l'augite, ainsi que du grenat (formant probablement la roche nommée *éclogite*).

L'oligoclase, lorsqu'elle se rencontre, doit être considérée comme un élément essentiel et non point comme un simple accident de la roche. On peut encore noter comme dépendance du gneiss quelques petites couches de kaolin, qui sont minéralogiquement parentes de l'orthose, puis un grand nombre de minéraux accidentels, tels que la fibrolite, l'andalousite, la cordiérite, l'épidote, etc. Comme membres subordonnés du gneiss on trouve la dolomie disposée par petits bancs; des roches dioritiques, la serpentine qui paraît être due à une modification particulière du gneiss et qui offre elle-même de nombreuses variétés.

*Granits enchâssés dans le gneiss.* Comme formation subordonnée quoiqu'indépendante en elle-même, on rencontre dans les gneiss d'innombrables gisements de granit, soit en filons, soit en massifs. Les filons, en général peu puissants, se composent ordinairement d'une roche à grains fins, à mélange régulier de quartz gras grisâtre et d'orthose blanche ou rouge pâle, par-ci par-là aussi d'oligoclase couleur de chair, où sont disséminées avec parcimonie des paillettes de mica noir, vert ou argenté; ac-

videntement aussi des tourmalines rayonnées, de la pinité<sup>1</sup> en petits cristaux et de l'orthite en grains.

A côté de ces granits à grains fins, on rencontre aussi des filons à gros grains, composés d'orthoclase jaune ou rouge en forme de baguettes, de quartz gris à éclat gras et de mica brun ou vert. Au Rappenstein on voit, dans une carrière, les deux variétés de granit juxtaposées, enchaînant des fragments du gneiss qu'elles ont percé. Enfin, l'on connaît des filons d'un granit gneisseux et porphyroïde, à gros grains, fortement décomposé, et riche en feldspath, qui traversent près de Bollenbach un gneiss grenu, rubanné, à feuilletés très-contournés.

Le granit en massifs qui s'observe à Neuenbach et dans la colline du château de Haussach a une apparence différente. Il se distingue par la prédominance d'un mica brun-noirâtre, qui se trouve aussi cristallisé en tables à six pans, et qui est probablement magnésien. Cette roche renferme beaucoup de quartz gris foncé, à grains fins, très-peu d'orthose blanche.

A l'est et à l'ouest ces granits se continuent sous forme de filons d'une texture à grains fins, riches en oligoclase rouge. Dans la vallée de Einbach, ils prennent un caractère syénitique par la présence d'une oligoclase verdâtre et d'une amphibole verte foncée. Du reste, les variétés de ces granits sont nombreuses.

Le porphyre forme trois filons dans la vallée de Walstein et perce aussi dans quelques autres localités. Il se compose d'une masse grisâtre ou violette (felsitique), renfermant des grains de quartz gris, de petits cristaux d'orthose fendillés, parfois de l'oligoclase décomposée en petites écailles et des points pyriteux.

<sup>1</sup> Silicate d'alumine et de potasse.

Les *quartzites* apparaissent aussi sous la forme de filons enchâssés dans le gneiss; il en est un très-grand sur la berge droite de la vallée de la Kinzig. Ces filons de quartzite semblent avoir quelques relations géologiques avec les filons de porphyre et certains filons métallifères.

*Filons métallifères.* La plupart de ces derniers traversent le gneiss; tels sont, en particulier, les filons quartzeux et barytiques avec cuivre, plomb, chaux carbonatée, argent, quartz noble et fer hydraté. La distribution en est très-singulière. Dans la partie nord-est, ils sont nombreux et rapprochés; dans la partie ouest on en trouve encore quelques faisceaux, tandis qu'au sud les gneiss sont entièrement stériles. Cette distribution est évidemment en rapport avec celle des roches éruptives et granitiques, qui ont produit de nombreuses dislocations où se sont logés les filons. Partout, au contraire, où manquent les roches éruptives, les filons métallifères font presque complètement défaut. On peut aussi attribuer cette pauvreté locale à la nature défavorable de certaines roches, en particulier des gneiss rouges; mais de toute manière les filons semblent intimement liés aux roches éruptives, comme le prouve leur distribution dans les granits.

#### TERRAIN DU GRANIT.

L'angle sud-est du district métallifère est occupé par une partie du grand massif granitique de la Forêt-Noire. Sur ses limites, cette masse est accompagnée ou longée par trois grands filons granitiques, qu'il faut bien distinguer de la masse principale. Celle-ci, qui présente de magnifiques rochers moutonnés, est formée de grains moyens, composés d'orthose rougeâtre avec peu d'oligoclase à

quartz gras et d'un mica peu abondant noir ou brun, moins souvent verdâtre ou blanc; très-rarement accompagné de quelques grains de pinite. Le massif de Schapbach et celui de la partie supérieure de la vallée sont presque exclusivement composés de granits porphyroïdes, où l'on trouve d'assez grandes bandes d'orthose blanche.

Dans les vallées latérales on rencontre un granit bien différent, caractérisé par une oligoclase se décomposant en pinitoïde jaunâtre, de l'orthoclase, un peu de quartz grisâtre et de mica de variété pâle; le tout formant un ensemble porphyroïde. Cette roche est un peu tabulaire; elle apparaît sur la rive droite du Wittichthal et ailleurs; il est probable qu'elle forme des amas et des filons dans le granit à gros grains, et qu'elle est par conséquent plus jeune. Cependant, on observe beaucoup de passages de ce granit riche en pinitoïde, au granit porphyroïde. Il paraît en relation avec des filons de cobalt et d'argent, lesquels ne valent, en effet, la peine d'être exploités que lorsqu'ils traversent le granit à pinitoïde. On observe que leur richesse métallique est proportionnelle à la richesse en pinitoïde et à la pauvreté en quartz de la roche encaissante.

Un granit, à grains fins, apparaît partout en filons étroits, coupant le granit à gros grains et à grains moyens. Il est pâle, pauvre en mica. On trouve aussi une variété pegmatiforme à très-gros éléments. Près Schenckenzell, elle a une apparence graphique, contenant du mica feuilleté en grosses lamelles groupées en étoiles. On trouve aussi, au Hauenstein, un banc de kaolin intercalé dans les granits.

Comme roches subordonnées il se présente dans la masse principale des granits et dans les granits porphy-

roïdes des filons étroits de porphyres felsitiques<sup>4</sup>, se fiant quelquefois à une formation brècheuse.

Dans la vallée de Kirnbach la limite du gneiss et du granit est traversée par un filon de porphyre dont la pâte gris-verdâtre, mêlée de quelques petits grains de quartz enfumé, est presque effacée par la masse des cristaux de feldspath rougeâtre, mêlés de quelques cristaux verdâtres.

Enfin, dans le granit on doit encore signaler une petite masse de *basalte colonnaire* qui apparaît près de Niederhauenstein, et qui offre des particularités de contact intéressantes.

Les *filons métallifères* des granits ne se distinguent pas seulement des filons du gneiss. Ils se distinguent également entre eux par la nature de leur roche encaissante. Comme on l'a vu, les granits riches en pinitoïde sont caractérisés par des filons de cobalt et argent, tandis que les variétés à gros grains, chargés d'oligoclase, le sont par le peroxyde de fer et le manganèse. Le granit à grains moyens et porphyroïde, est seul à enchâsser des filons barytiques imprégnés de cuivre, dont la plupart ne se distinguent que par leur pauvreté.

#### TERRAIN DES GRÈS ROUGES.

Dans plusieurs localités du Kinzigthal, sur les flancs de la vallée, composées de roches primitives, on rencontre cette formation avant d'atteindre les grès bigarrés. Les grès rouges reposent souvent en assises puissantes sur les granits, mais ils forment aussi des anses dans les gneiss, remplissant les dépressions et les bassins dont les plus remarquables se voient sur le Flachberg.

Ce terrain se divise en deux étages.

<sup>4</sup> La *felsite* est un feldspath compact.

*L'étage inférieur* est composé d'un conglomérat rouge de cailloux roulés de granit, quartz, porphyre-quartzifère, unis par une pâte ferrugineuse de détritüs. On y rencontre des blocs de bois silicifié.

*L'étage supérieur* est formé d'un conglomérat à grains fins, violet, très-riche en oxyde de fer, passant au grès grossier; il doit son apparence à des cailloux de porphyre gris-verdâtre avec cristaux de pinite, et de porphyre violet avec cristaux d'orthoclase et grains de pinitoïde jaune mêlés de petits grains de kaolin blanc, qui donne au tout un aspect porphyroïde ou moucheté. De nombreuses vacuoles sont tapissées de lamelles de fer oligiste chargées de petits cristaux de quartz. Accidentellement cette roche est tellement pénétrée d'oxyde rouge de fer et enchâssée dans une si grande quantité de galets de peroxyde de fer terreux qu'on peut l'exploiter utilement.

Les grès rouges apparaissent tout le long de la chaîne qui forme la berge gauche de la vallée de la Kinzig, et atteignent au-dessus des granits jusqu'à cent pieds d'épaisseur. Au contact du granit, on trouve en général une arkose grossière qu'on pourrait presque confondre avec du granit. Plus haut la roche est traversée par des bancs de jaspe avec des amas et des taches de dolomie cristalline; celle-ci devient toujours plus abondante dans les couches supérieures, à mesure qu'elles prennent le caractère du grès, et forme enfin une couche de dolomie qui termine le terrain dans sa partie supérieure. Cette dolomie renferme des parcelles de jaspe rouge et des fragments d'un conglomérat formé d'éléments granitiques.

Les grès rouges sont traversés près du Schwarzenbruch par un filon de cuivre barytique qui, dans sa partie supérieure, devient fer hydraté et qui est, à son tour, coupé par un filon de cobalt et argent.

## TERRAIN DES GRÈS BIGARRÉS.

Cette formation s'étend, depuis le massif principal du mont Kniebis, sur toutes les crêtes qui séparent la vallée de la Kinzig du Renschthal et de la vallée du Schapbach, ainsi que sur le grand plateau qui se prolonge de la rive gauche de ce dernier jusqu'au Schremberg; au delà elle n'apparaît plus que par îlots isolés. La distribution en est fort remarquable: sur la rive gauche de la Kinzig elle se trouve à 2400 pieds d'altitude; sa base, du côté du nord-est, se relève sur les trois chaînes jusqu'à 2600 pieds et s'abaisse vers le Kniebis jusqu'à 2100 pieds. Sur les sommités de granit et de gneiss, à l'ouest de la vallée de Gutach, elle ne descend pas au-dessous de 3000 pieds, tandis qu'ailleurs elle apparaît déjà à une altitude de 1850 pieds. Ces différences de niveau dans des gisements uniformes indiquent qu'il s'est opéré des soulèvements après la formation des grès bigarrés. L'épaisseur de ces terrains varie de 1100 à 250 pieds.

*Le premier étage* est formé d'un grès fin, grisâtre, avec taches de manganèse, sur lequel reposent des couches d'un grès fin et rougeâtre. Toutefois, ces dernières sont le plus souvent remplacées par une couche à gros grains, caractérisée par de nombreux cailloux de quartz avec très-peu de pâte; elle alterne avec un grès jaunâtre siliceux, à ciment quartzeux.

*Le second étage*, remarquable par sa puissance et son étendue, est un grès argileux rouge, jaune, rubanné, mêlé de fragments de feldspath rouge et de kaolin avec des noyaux d'argile colorée. Dans toute la partie inférieure de la vallée de la Kinzig, on ne voit que ces étages qui correspondent au grès des Vosges; mais sur les hauteurs de la partie supérieure de la vallée et au Kniebis,

on rencontre un troisième étage formé par des grès schistoïdes micacés, et qui appartiennent au terrain des grès supérieurs.

Les grès bigarrés ne se montrent pas fréquemment en couches géologiques, mais ils couvrent la surface du sol sous la forme d'immenses amas de blocs. Cet état de la roche paraît se poursuivre jusqu'à une certaine profondeur; il donne naissance à d'innombrables sources et favorise la végétation des forêts, en sorte que la limite de celles-ci marque le plus souvent aussi celle du terrain.

L'étage du grès des Vosges est traversé par divers filons métalliques appartenant aux formations cobalt-argent, quartz-cuivre, baryte-cuivre, avec braunspath<sup>1</sup> à la surface.

## II. Des filons métalliques.

### APERÇU GÉNÉRAL ET CLASSIFICATION DES FILONS.

Les filons de la vallée de la Kinzig sont disposés par faisceaux en trois groupes, dont le plus grand court au nord-ouest, formant un angle droit avec l'axe de soulèvement de la Forêt-Noire; un second faisceau court nord-est ou parallèlement à cet axe; un troisième va presque nord-sud. La direction des filons n'est point ici, comme ailleurs, réglée par les axes de soulèvement, mais chacun des trois groupes et quelle que soit sa direction, coupe, au contraire, à angle droit l'axe des vallées principales et court plus ou moins parallèlement aux vallées latérales.

Ainsi, de Offenburg à Hasslach, la vallée est dirigée nord-ouest; les vallées latérales, nord-est; dans cette partie du district, c'est le deuxième groupe qui domine courant nord-est-sud-ouest. Entre Hasslach et Wolfach la

<sup>1</sup> Chaux carbonatée manganésifère et ferrifère.

vallée principale a une direction est-ouest, les vallées latérales, nord-sud; ici c'est le troisième groupe qui se trouve développé suivant la direction nord-sud. Enfin, le premier grand groupe qui court nord-ouest s'étend précisément là où la vallée principale, qui se divise en deux branches, court nord-est, tandis que les vallées latérales ont une direction nord-ouest. Ainsi les filons du Kinzigthal sont placés, en général, à angle droit sur la direction des vallées principales et courent parallèlement aux vallées latérales.

Cette circonstance, qui a permis d'atteindre la plupart des filons par des galeries transversales, en partant des vallées latérales, est d'une véritable signification géologique si on la rapproche de la distribution et de la direction des roches éruptives qui percent le gneiss; d'autant plus que les filons des trois groupes diffèrent, non-seulement par leur direction, mais aussi par leur âge et dans leur composition minéralogique, en un mot qu'ils appartiennent à des *formations différentes*.

1° Le groupe à direction nord-est occupe des gneiss très-riches en loupes quartzenses, percés par de nombreux filons de quartz et de porphyre quartzifère. Il se compose de filons presque exclusivement formés d'un quartz cristallin amorphe blanc ou gris, chargé de *minerais d'argent* et par places antimonieux. Les filons de cette catégorie sont, sans contredit, les plus anciens et doivent être rangés dans la même formation que les filons quartzeux de Freiberg, parmi celle des *quartz nobles*.

2° Le groupe à direction sud-est, qui longe de grandes masses granitiques, disposées elles-mêmes en forme de filons, se rencontre sur une largeur de cinq à six lieues; il se compose de filons *barytiques*, modifiés suivant la roche encaissante. Dans le domaine du gneiss la baryte

est souvent remplacée par du quartz saccharoïde avec minerais de plomb et de cuivre. Dans les masses principales de granit à grains fins ou porphyroïde et pauvre en oligoclase, c'est au contraire la baryte qui domine avec des minerais de cuivre peu abondants. Enfin, dans le domaine des granits plus jeunes et riches en oligoclase, le cobalt et l'argent s'ajoutent à la baryte. Les filons barytiques cuivreux passent d'un côté à la forme quartz-cuivre-plomb, d'un autre côté à la forme cobalt-argent et ne doivent, par conséquent, pas être envisagés comme une formation indépendante, mais seulement comme un membre intermédiaire entre les deux autres formations qui, du reste, n'apparaissent sporadiquement que dans les filons barytiques, et qui ont presque le même âge. Il est donc convenable de réunir les filons baryte-cuivre aux filons quartz-cuivre-plomb, et de n'en former qu'une seule formation *baryte-cuivre-plomb*, à côté de laquelle on distinguera une formation barytique indépendante caractérisée par le cobalt et l'argent.

3° Les filons du groupe nord-sud occupent minéralogiquement et chronologiquement la même place que dans la topographie ; ils sont intermédiaires entre le faisceau nord-est et le faisceau sud-est, et servent ainsi de lien entre la formation des quartz-nobles et la formation cuivre et plomb. Ces filons offrent tous une galène riche en argent, accompagnée de minerais d'argent subordonnés, et ces minerais se relieut d'un côté au braunspath et à la chaux carbonatée, de l'autre à la chaux fluatée et à la baryte. La présence de la galène argentifère dans les filons du troisième groupe indiquent que ceux-ci doivent être classés dans la formation dite *des plombs argentifères*.

Les trois faisceaux ou groupes de filons peuvent donc se définir comme suit :

- 1<sup>er</sup> groupe : direction N.E. - S.O. : formation des *quartz nobles* (argentifères).
- 2<sup>me</sup> groupe : direction N.O - S.E. : formation cuivre-plomb :  
 a) dans le gneiss : formation quartz-plomb-cuivre ;  
 b) dans le granit : formation baryte-cuivre ;  
 c) dans le granit : formation baryte-argent-cuivre.
- 3<sup>me</sup> groupe : direction N.S. : formation de la *galène argentifère*, avec braunspath, et variété avec spath-fluor et baryte.

Outre les trois groupes qui viennent d'être indiqués, on rencontre encore au Frohnbach, dans la Forêt-Noire, une formation de filons indépendante et parfaitement isolée, où les minerais d'argent antimonieux les plus riches se marient avec la *chaux carbonatée* et la baryte. Cette formation doit être envisagée comme étant d'un âge intermédiaire entre la formation des quartz nobles et celle du plomb argentifère.

On connaît, enfin, encore une autre formation, subordonnée et circonscrite aux régions supérieures des formations indépendantes. Elle est composée de fer hydraté formant, pour ainsi dire, une couverture de fer aux filons plomb-cuivre, de même que le peroxyde de fer et le manganèse apparaissent dans les gisements supérieurs des filons barytiques à cuivre et cobalt. La formation subordonnée du fer hydraté appartient au domaine du gneiss, celle de cuivre-cobalt à celui du granit.

Un grand nombre de filons n'offrent pas de caractères particuliers ; leur remplissage n'est formé que par des roches décomposées et des argiles renfermant seulement par place du quartz cristallin et des pyrites de fer. Ces formations peu caractérisées s'inclinent vers l'est (entre l'est et le nord-est). On doit probablement en rapprocher des filons argilleux imprégnés de fer hydraté qui apparaissent dans la partie sud du Kinzigthal.

Il convient, pour plus de clarté, de donner ici le tableau complet des formations métallifères du Kinzigthal, classées non plus par groupes topographiques, mais dans leur succession minéralogique naturelle et suivant leur ordre d'ancienneté :

1. Formation des quartz nobles (filon du premier groupe, courant N.E.).
2. » de chaux carbonatée argentifère (formation intermédiaire).
3. » de galène argentifère, { a) accompagnée de braunspath. . . . . } filon du troisième groupe, courant N.S.  
   b) accompagnée de spath-fluor et baryte
4. » cobalt-argent. Filons du troisième groupe, dans les granits jeunes, riches en oligoclase.
5. » cuivre-plomb, { a) filons barytiques cuivreux, dans le granit pauvre en oligoclase . . . } filons du 2<sup>m</sup>e groupe,  
   b) filons barytiques, avec quartz, cuivre, plomb, dans le gneiss. . . } courant S.E.  
   c) filons quartzeux avec cuivre et plomb, dans les variétés du gneiss.
6. » de fer oligiste et manganèse . . } formation annexe couronnant les filons } de la variété a.
7. » de fer hydraté . . . . . } de la cinquième formation. . . . . } de la variété b.
8. » sans caractère déterminé.

Chacune de ces formations va être étudiée séparément.

## 1. FORMATION DES QUARTZ NOBLES.

Elle est surtout circonscrite dans un gneiss remarquable par l'abondance de ses loupes quartzenses; ce gneiss a été injecté par des porphyres quartzifères, et probablement presque aussitôt après par des masses de quartz en filons et en amas.

Les filons appartenant à cette formation sont assez nombreux et atteignent leur plus grand développement et leur plus grande richesse dans celui de Friederich Christian à Wild-Schapbach. Leur direction oscille entre le nord-est et le nord, avec une inclinaison de 60 à 90 degrés. La gangue en est extrêmement dure. Le remplissage est formé d'un quartz gris corné, et blanc cristallin, auquel s'associent un peu de chaux carbonatée et rarement du fer hydraté avec pyrites disséminées, de l'argent natif, arséniqué, antimonial, etc., disséminés dans la gangue par très-petites quantités, ainsi que divers autres minéraux accidentels. Au voisinage des filons le gneiss est décomposé, pâle, imprégné de pyrite de fer. Les minerais renferment, dans certains filons, une petite quantité d'or (0,0109/00, suivant le docteur Low). Ces filons sont peu productifs, vu la dissémination du minéral, son entretien et ce qu'il en coûte pour l'extraire et le réduire.

Il convient de donner ici quelques exemples de la chronologie des minéraux constitutifs des filons, attendu que cette étude jette plus de jour qu'aucune autre sur l'âge des gisements et sur leur origine. Dans les filons de la formation des quartz nobles, on distingue la série suivante, établie d'après l'ordre dans lequel les substances sont greffées les unes sur les autres, en commençant par les plus anciennes :

1° Quartz corné gris avec pyrites et minerais d'argent parfois aussi d'antimoine ;

2° Spath fluor ;

3° Quartz blanc cristallin, cristallisé dans des géodes avec des pyrites de fer, de cuivre et du plomb sulfuré ;

4° Chalcédoine blanche tapissant les minéraux précédents ;

5° Chaux carbonatée en masses cristallines, amorphes, blanches ou rougeâtres ;

6° Braunspath en rhomboèdres courbés, fixé sur la chaux carbonatée.

## 2. FORMATION DE LA CHAUX CARBONATÉE ARGENTIFÈRE.

Ce groupe n'est représenté que par le seul filon de Wenzel, situé dans le Frohnbach, et célèbre par sa richesse en argent. Il offre des ondulations nombreuses aussi bien dans sa direction que dans son inclinaison. Il court à peu près sud-sud-ouest et il tombe à 70 ou 80 degrés, tantôt à l'est, tantôt à l'ouest ; il passe même par places à l'état de couche intercalée entre les couches de gneiss inclinées à 35 degrés, et lorsque cet accident se présente, il augmente même beaucoup en richesse. Son corps, de 1 à 2 pieds de diamètre, se ramifie et se fond dans la roche encaissante ; le remplissage n'est pas compacte, mais il est formé d'un réseau de petits amas et de veines de roches décomposées qui serpentent dans la roche encaissante, ou d'une brèche de roche décomposée, empâtant divers minéraux. Cette structure, qui n'est pas rare dans les filons à cobalt, explique le phénomène de l'imprégnation des roches encaissantes par la gangue et le minerai. Les substances qui concourent au remplissage sont surtout : la baryte ; la chaux carbonatée

hyaline, jaune, verte, violette, à l'état amorphe et formant le ciment des débris de gneiss, ou bien cristallisée en géodes ou de diverses manières; le braunspath en incrustations. Le quartz cristallin, ou corné, ou en pseudomorphoses, est déjà très-subordonné. Le spath fluor, le gypse, existent comme produits secondaires. Enfin, on y remarque une immense variété de minéraux métalliques, parmi lesquels les plus caractéristiques sont :

*Le cuivre gris argentifère*, toujours associé à la chaux et à la baryte, riche mais variable, cristallisé suivant diverses formes du tétraèdre.

*Le plomb sulfuré*, cristallisé et argentifère.

*L'argent antimonié*, cristallisé ou dentritique; en grains, noueux, etc., ou fibreux, ou en cristaux accouplés, mais toujours associé à la chaux, à la baryte, à la galène ou au cuivre gris et à l'argent rouge qui forme l'écorce des nodules.

L'ordre de succession des minéraux, que nous donnerons encore ici pour exemple, semble être le suivant<sup>1</sup> :

1. *Quartz gris corné* (a) avec antimoine carbonaté, etc.

2. *Quartz blanc cristallin* (b), fixé sur le précédent en agrégats, très-subordonné.

3. *Chaux carbonatée* (a) en masses amorphes, blanche ou violette, en masses isolées ou comme ciment des fragments de gneiss avec cuivre gris argentifère disséminé, argent antimonial et galène.

4. *Braunspath* (a) formant une croûte brune-rouge sur la chaux carbonatée (a), ou amorphe, formant le ci-

<sup>1</sup> Les lettres a, b, c indiquent les générations successives d'une même substance.

ment de fragments de gneiss, avec galène, cuivre gris et fer oligiste.

5. *Baryte* (a) blanche à cassure lamellaire, cristallisée en amas ou servant de lien à des fragments de gneiss, avec cuivre gris, galène, argent natif, antimonié et carbonaté, pyrites, etc.

6. *Quartz* (c) très-subordonné, grenu, en pseudomorphoses de la baryte et cristallisé ou comme corrodé.

7. *Spath fluor*, cristallisé avec pyrites de cuivre.

8. *Braunspath* (b) en cristaux lenticulaires jaune isabelle tapissant la baryte.

9. *Chaux carbonatée* (b) cristallisée en scalénoèdres, rhomboèdres aigus, fixés sur le braunspath, plus rarement sur la baryte et le quartz.

10. *Braunspath* (c) en petits cristaux jaunes-pâles nacrés, souvent arqués en forme de selle, presque toujours fixés sur la chaux carbonatée (b).

11. *Baryte* (b) gris-bleu en lamelles délicates fixées sur le quartz (c), rare.

12. *Gypse* en masses spathiques sur le quartz et le braunspath.

Les nos 7-12 ne se présentent qu'en géodes ou en agrégats associés à l'argent, et ont peu d'importance pour la détermination de l'âge de cette formation caractérisée par le cuivre gris et l'argent. Les nos 1-2 sont ainsi très-subordonnés et ne se sont présentés que dans certaines ramifications des filons, de même que le n° 7. Les plus importants sont les nos 3-6.

Ceux-ci montrent que la formation de Wenzel est d'un âge intermédiaire entre la formation des quartz nobles et celle des plombs argentifères.

*Influence de la roche encaissante sur la richesse du filon.*

M. Selb accorde à la roche encaissante une grande influence sur la richesse métallique de ce filon ; c'est à cette influence, suivant lui, qu'il faut attribuer la présence d'un amas très-riche, placé sur le parcours d'un filet étroit, aussi bien que la pauvreté de tout ce qui est situé au-dessus ou au-dessous de ce gîte, au sud comme au nord. En effet, dans la première variété de gneiss qu'on rencontre en commençant par le haut, variété riche en mica et à grosses veines, le filon avait été trouvé réduit à l'état d'un simple filet, tandis qu'en traversant la seconde variété, composée d'une masse de feldspath peu ou pas schistoïde, verdâtre, avec un peu de mica et d'amphibole, il atteint sa plus grande richesse ; puis, ensuite, en coupant dans la profondeur un gneiss schistoïde à grains fins, imprégné d'amphibole, avec bandes et noyaux de quartz, il devient complètement stérile ; et, enfin, en s'engageant dans une quatrième variété de gneiss, riche en feldspath et en mica, schistoïde à grains grossiers, il redevient métallifère, sans cependant atteindre la richesse qu'il offre dans la seconde variété.

La comparaison des nombreuses variétés des gneiss de Wenzel, dites nobles et stériles, conduit au résultat suivant : à la surface on trouve un gneiss grenu et écaillé, composé d'orthose blanche, de quartz jaune et de mica blanc, tandis qu'au nord ou au sud du puits de Wenzel on ne rencontre que des gneiss rouges à grosses veines et riches en feldspath.

Dans les gneiss dits nobles, la structure qui domine est grenue-veineuse, passant d'un côté au schistoïde, d'autre part au rubanné pourri ; c'est le quartz gris et

le mica qui dominant, ou aussi l'orthose à laquelle se joint, dans plusieurs variétés, l'oligoclase, et parfois, une amphibole foncée ou même de la pinite.

Les gneiss dits stériles ont une structure grossièrement rubannée, mais ils présentent aussi des variétés schistoïdes, granulées ou noduleuses. L'orthose domine, puis ensuite le quartz gris, ou le mica, en général foncé; l'oligoclase blanche ou décomposée en pinitoïde jaunâtre n'est pas fréquente, mais elle apparaît avec une structure porphyroïde en grosses parcelles blanches, striées en croix dans les variétés granulitiques; l'amphibole est rare aussi.

Les gneiss nobles enchâssent souvent des masses d'orthose rouge avec quartz; les gneiss stériles renferment des masses de quartz gras grisâtre; les variétés nobles sont imprégnées de pyrites de cuivre, de plomb sulfuré et de cuivre gris; les variétés stériles, seulement de pyrites de fer.

Le quartz, l'orthose et l'oligoclase subordonnés ne semblent avoir aucune signification quant à la nature des filons; par conséquent la grande différence qui sépare les deux variétés devrait, suivant Scherer, être mise sur le compte du mica. A la première catégorie appartiendraient les gneiss sous-siliceux, à la seconde les gneiss rouges sur-siliceux, ce qui, du reste, n'a pas encore été démontré par des analyses.

Les gneiss de Wenzel sont fréquemment parcourus par des filons de granit; on y remarque aussi des assises subordonnées d'une amphibolite semée de cristaux de mica brun, d'une diorite formée d'oligoclase grise et d'amphibole foncée avec des points pyriteux, et, enfin, d'une dolomie compacte gris-jaunâtre.

## 3. FORMATION DE LA GALÈNE ARGENTIFÈRE.

Les filons de cette formation ont, à peu d'exceptions près, pour caractère constant une direction nord-sud et une inclinaison de 60 degrés à l'ouest (rarement à l'est). On y distingue deux variétés. (Voyez page 199.)

1° *Variété à Braunspath* (filons de Bernhardt, etc.). Elle est caractérisée par un remplissage consistant en débris décomposés de la roche encaissante qui fournit également le ciment qui unit les fragments. Les carbonates dominent dans les minerais, surtout le braunspath cristallin blanc-jaunâtre en double génération; la chaux carbonatée jaunâtre ou verdâtre, cristallisée en géodes; puis des carbonates de fer et de manganèse subordonnés, auxquels viennent s'associer la baryte lamellaire, le quartz saccharoïde, la serpentine grise et des rognons de jaspe rouge. En fait de minerais on ne rencontre en abondance que la galène argentifère, mais très-disséminée dans la roche décomposée qui forme la gangue, parfois aussi dans le braunspath et dans la baryte. A côté de ce minéral, on rencontre aussi la blende noire et brune, l'argent rouge et natif, etc. La succession de ces minéraux est : 1° fer hydraté amorphe; 2° baryte avec galène et pyrites; 3° quartz; 4° braunspath en cristaux lenticulaires; 5° chaux carbonatée cristallisée.

2° *Variété à spath fluor et baryte*. Celle-ci est plus jeune (filon de Gabriel, etc.). Le remplissage est surtout formé par un spath fluor jaunâtre avec une baryte cristallisée en lamelles courbées ou agrégées en forme de bourgeons; le tout mêlé d'une quantité plus ou moins grande de galène argentifère, accompagnée d'un grand nombre de minéraux très-subordonnés. Les deux substances princi-

pales sont les plus anciennes ; elles datent du même âge et sont toujours mélangées ; le quartz, plus récent, qui fait suite, remplace sans doute la baryte, et se trouve en effet cristallisé sur cette substance. La dissémination des minerais dans la gangue est un caractère que la présente formation partage avec celle des quartz nobles ; mais elle est plus riche que cette dernière, parce que le minerai ne fait jamais entièrement défaut. Un seul de ces filons a paru digne d'être exploité ; mais il est vrai de dire que la plupart ne sont encore que très-imparfaitement explorés.

#### 4. FORMATION CUIVRE ET PLOMB.

Ces filons sont incontestablement les plus importants par l'abondance et la présence soutenue du minerai et ils offrent d'autant plus d'avenir qu'on n'a point encore pénétré dans leur profondeur. Leur direction est sud-est-nord-ouest, assez variable ; leur inclinaison est d'environ 70 degrés, oscillant entre le nord-est et le sud-ouest, souvent sur un même filon. Leur largeur est considérable, soit de 6 à 12 mètres.

Le remplissage est d'un caractère tout à fait barytique, quoique assez variable, vu les modifications dues à la roche encaissante et aux réactions complexes qui ont présidé à la formation de ces filons.

##### *Première variété. Filons barytiques cuivreux des granits.*

Dans cette variété, qui se rencontre dans un grand nombre de filons (Benedikt, Daniel, etc.), la gangue dominante et souvent unique se compose d'une baryte à cassure lamellaire rouge-pâle, dans laquelle se trouvent disséminés des minerais de cuivre, principalement de la pyrite et du cuivre silicaté, rarement accompagné d'au-

tres minerais, tels que cuivre gris, malachite et rarement de la galène. On y voit apparaître sporadiquement la formation cobalt-argent, indiquée par des minerais d'argent, accompagnée de cobalt noir terreux ou en efflorescences, de même que la formation baryte-cuivre apparaît parfois dans celle du cobalt. Comme faisant partie de la gangue, on trouve encore le spath fluor bleu ou vert et quelques carbonates.

Tous les filons de cette catégorie traversent un granit porphyroïde à grains fins et se distinguent par une pauvreté étonnante. Pas un seul ne mérite d'être exploité.

Les gisements supérieurs sont occupés par la formation de peroxyde de fer et manganèse (n° 6).

*Deuxième variété. Filons barytiques des gneiss avec cuivre et plomb.*

A la sous-formation qui précède se rattachent des filons dans lesquels le quartz saccharoïde, et parfois aussi le spath fluor s'associent à la baryte et où les minerais de cuivre et de plomb se trouvent disséminés dans une gangue ainsi composée. La formation des cobalts y apparaît sporadiquement dans certains filons.

La roche encaissante est toujours le gneiss, sauf dans un cas où le filon traverse un granit rougeâtre à gros grains (filon de Georg près Wittichen), et, comme on l'a vu, dans le filon de Prosper, qui ne devient barytique que dans la profondeur, lorsqu'il passe du gneiss au granit, tandis qu'il est quartzeux dans le gneiss. Le filon de Clara, remarquable par ses dimensions énormes, traverse au-dessus du gneiss une couche mince de grès rouge et pénètre dans le grès des Vosges, lequel devient très-siliceux au voisinage du filon.

La richesse de cette formation diminue dans la profondeur et les dérangements n'y sont pas rares, mais ils ne paraissent pas exercer d'influence sur la composition. C'est surtout dans les filons barytiques à plomb et cuivre que les gisements supérieurs sont occupés par une couverture de fer hydraté.

*Troisième variété. Filons quartzeux avec cuivre et plomb.*

Ici, la baryte primitive a été en tout ou en partie remplacée par le quartz, par suite d'une action pseudomorphique particulière. De grandes masses ayant jusqu'à trois mètres de puissance, qui une fois étaient composées de baryte feuilletée, n'offrent plus aujourd'hui qu'un quartz cristallin saccharoïde ou sableux. L'apparence de la roche tient à ce que les parcelles de silice, en se substituant à la baryte, se sont arrangées par cristaux microscopiques suivant les lames de clivage de cette substance dont la structure peut encore se reconnaître dans le quartz. Dans les géodes, le quartz tapisse en petites pyramides les plaques de baryte qui ont disparu et qui, en disparaissant, ont laissé un vide ou ont été remplacées par du quartz saccharoïde. On retrouve les plus fines lamelles de baryte de plus d'un pouce de grandeur transformées en quartz, et souvent même tapissées de petits cristaux prismatiques d'un quartz plus jeune. Il subsiste cependant encore des masses de baryte à côté du quartz, mais cela tient seulement à ce que la puissante réaction qui a pseudomorphisé le filon en éliminant la baryte ne s'est pas poursuivie jusqu'au bout; il est arrivé même que dans plusieurs filons, comme, par exemple, dans les filons barytiques à plomb et cuivre (page précédente), elle n'a fait que commencer à agir, et qu'elle n'a pas agi

partout avec la même énergie. Du reste, dans tous les filons de quartz, où la baryte blanche se rencontre en amas ou associée au quartz, elle est complètement stérile ou seulement légèrement pénétrée de galène, jamais de cuivre; tandis que le quartz sableux des mêmes filons renferme, au contraire, des nodules et des amas plus ou moins nombreux de galène sans argent avec des parcelles de spath fluor. Le quartz dur saccharoïde, au contraire, enchâsse des minerais de cuivre amorphe, de la galène argentifère et beaucoup de minéraux pour la plupart cuivreux et plombeux et même du soufre natif.

La majeure partie des filons, appartenant à cette sous-formation, sont très-dignes d'être exploités, grâce à leur tendance à former des réseaux, et à leur structure en cha-pelet, d'où résultent de nombreux points de rencontre. Quant à leurs entre-croisements avec les filons d'un autre ordre, ils ne produisent aucune augmentation de richesse, mais souvent un appauvrissement et même une complète stérilité, lorsque ce sont des filons argileux qui les coupent.

On doit noter que, dans les gisements supérieurs, les oxydes et les sels de cuivre et de plomb sont très-fréquents et que plus bas ils se remplacent par des sulfures, ce qui, par analogie avec d'autres filons, doit faire préjuger d'une grande richesse dans la profondeur. La couverture de fer manque en général complètement dans les filons quartz-cuivre-plomb.

Les filons de cette catégorie appartiennent presque exclusivement au domaine du gneiss; on ne connaît, à cet égard, que fort peu d'exceptions, formées par quelques filons quartzeux qui appartiennent au granit. En pénétrant dans le gneiss, ceux-ci deviennent, en général, stériles, tandis que le filon de Prosper, au contraire, en passant

du gneiss au granit, perd son quartz, qui se remplace par la baryte, sans cependant s'appauvrir sensiblement. La succession des roches dans ce groupe des filons cuivre-plomb est la suivante : — baryte blanche, rougeâtre, écaillieuse ou en géodes avec peu de cuivre et plomb ; spath fluor avec cuivre ; quartz saccharoïde en pseudomorphoses de baryte imprégné de plomb et cuivre ; baryte cristallisée en petites tables accompagnant le plomb et le cuivre secondaire.

Les trois sous-formations, qui viennent d'être décrites et qui composent, à elles trois, la formation cuivre-plomb, ne paraissent pas être d'un âge parfaitement identique. La comparaison de leurs minéraux doit faire, sous ce rapport, admettre entre elles une petite différence : les filons barytiques cuivreux des granits sont les plus anciens ; les filons quartz-cuivre-plomb les plus jeunes, et les filons barytiques du gneiss, intermédiaires contre les deux autres.

##### 5. FORMATION COBALT-ARGENT.

Il résulte de ce qui précède que cette formation est antérieure à la quatrième, si toutefois il est permis de baser l'âge de ces formations sur les transformations partielles ou complètes qui se sont opérées dans les filons après leur remplissage.

La formation cobalt-argent n'est pas seulement liée au domaine des granits, en général, mais au point de vue de la richesse métallique, elle se rattache spécialement aux éruptions de masses granitiques plus jeunes, disposées en filons ou en pâtés, et qui se distinguent par l'abondance de l'oligoclase décomposée et la rareté du quartz. En dehors de ces gisements, c'est-à-dire dans le granit commun à gros grains rougeâtres, pauvre en oligoclase, ou dans le

granit porphyroïde à grains fins, grisâtres, les filons sont, ou entièrement stériles ou développés sous la forme baryte-cuivre. On peut donc à peine mettre en doute qu'il n'y ait une liaison intime entre les granits à oligoclase et les filons de cobalt.

La direction des filons à cobalt est sud-sud-est, avec une inclinaison variable à 75°, mais ils sont assez irréguliers, divisés et ondulés. Leur puissance dépasse rarement dix pouces et ils passent souvent à l'état de simples filets. Leur configuration est aussi très-variable. Souvent on voit la substance du filon pénétrer dans la roche encaissante et s'y ramifier, en lui imprimant son caractère, en sorte que les parois peuvent être exploitées avec avantage. D'autres fois, le filon est, au contraire, nettement limité. Certains d'entre eux sont garnis d'une sorte de sécrétion argileuse grisâtre souvent imprégnée de cobalt. On ne peut qu'être frappé de voir que, sur les parcours les plus riches, ce soit la roche encaissante, et non le filon, qui se trouve imprégnée de minerai, et que le minerai soit aussi le plus riche là où les filons sont peu puissants.

Le remplissage se compose, avant tout, d'une baryte rouge à cassure écailleuse, ou blanche et lamellaire. A la variété rouge s'associe le cobalt terreux noir ou le cobalt arsénical gris et de l'argent rouge; à la variété blanche s'associe du cobalt arsénical blanc et de l'argent natif. Les minéraux subordonnés ne sont pas fréquents dans les filons de cobalt et la formule paragenétique des roches n'y diffère pas essentiellement de celle des filons plomb-cuivre, telle que nous l'avons indiquée ci-dessus.

La seule différence importante se trouve dans la nature des minerais qui les accompagnent, et qui sont, outre le cobalt, l'argent, le bismuth, l'arsenic natifs, puis le nikel sulfuré, etc.

Les filons de cet ordre sont très-nombreux; les plus importants se trouvent tous groupés au voisinage du couvent de Wittichen et ont donné lieu à un grand nombre d'exploitations. En outre, la formation des cobalts apparaît sporadiquement dans les filons cuivre-baryte des granits et même, comme l'a prouvé le professeur Sandberger, on en découvre des traces dans les filons du gneiss.

La richesse de ces filons à cobalt paraît dépendre de la présence, comme roche encaissante, d'un granit pauvre en quartz, riche en pinitoïde, de couleur pâle et comme poussiéreux. Lorsque les filons pénètrent dans le granit rougeâtre à gros grains ou dans les variétés dépourvues de pinitoïde, ils s'appauvrissent considérablement et prennent des minerais de cuivre. Ils deviennent entièrement stériles en passant du granit au gneiss ferrugineux ou schistoïde-argileux. Toutefois, il est certains gneiss grisâtres, comme ceux des environs de Neu-Sankt-Joseph, qui ne stérilisent pas plus le filon que le granit rougeâtre grossier. Quelques-uns de ces filons se continuent dans le grès bigarré sous la forme de restes barytiques qui, par leurs bords, se fondent dans le grès, lequel renferme aussi des nids de baryte.

Les gisements métalliques ne forment jamais de grandes masses continues, mais plutôt une succession d'amas en chapelets, reliés par une gangue pauvre ou stérile. Les filons à veines multiples et sinueuses donnent lieu à des confluences qui forment des points riches; mais dans les gisements profonds les gîtes d'argent se remplacent par des minerais de cobalt. Des filons ou des coupures d'un caractère indéterminé, le plus souvent argileux et d'une grande puissance, qui traversent et dérangent les filons de cobalt, les stérilisent, sans cependant les interrompre

complètement; mais lorsque cet accident se produit, on les trouve souvent fort atténués au delà de la coupure. Parfois, ces sortes d'entre-croisements sont eux-mêmes imprégnés de minerais de cobalt et peuvent même être exploités.

#### 6. FORMATION SUBORDONNÉE DE PEROXYDE DE FER ET DE MANGANÈSE.

Celle-ci ne forme que la couverture de fer des filons barytiques cuivreux. La gangue en est quartzeuse ou barytique. Le peroxyde de fer fibreux y domine; mais déjà à une petite profondeur on voit apparaître des minerais de cuivre. La puissance des filons, là où apparaît cette formation, n'est que de quelques pouces: au Hochberg, ils se résolvent en filets multiples qui paraissent se lier à l'apparition de filons d'un granit grossier rouge intercalés dans le granit principal gris et à grains fins, de même que les filons cobalt-argent se lient aux éruptions du granit riche en pinitoïde. Du reste, le faible développement de cette formation lui enlève la plus grande partie de son importance.

#### 7. FORMATION DE FER HYDRATÉ (LIMONITE).

Cette formation forme exclusivement la couverture de fer des filons cuivre-plomb du domaine du gneiss. Elle est très-exploitée, tant pour ses minerais de fer que pour sa baryte qui, depuis quelques années, est devenue un article de commerce important, et elle peut fournir une masse de minerai de fer, la puissance des filons allant jusqu'à 12 mètres. Malheureusement les grandes dilata-tions alternent avec des étranglements, en sorte que dans leur direction aussi bien que dans leur inclinaison, elles

se présentent sous la forme d'une succession de ballons.

Les filons sont surtout composés de baryte et de limonite. La baryte blanche ou rougeâtre se brise en petites masses écailleuses, séparées par des pellicules d'oxyde de fer; elle cristallise en géodes ou en cristaux tabulaires et se trouve souvent pénétrée de quartz. Sur cette formation de baryte primaire se fixe une seconde formation de baryte, également cristallisée.

Le fer hydraté se présente avec toutes ses variétés, et sous les formes les plus diverses, même en pseudomorphoses ou ocreux et renferme beaucoup de manganèse, ce qui le rend très-fusible.

En général, les filons de fer hydraté ne sont pas isolés; mais ils forment des faisceaux ou des réseaux courants, sauf quelques exceptions, dans la direction sud-est et tombant au nord-est avec une inclinaison de 50-70 degrés. La formation ferrugineuse se continue à une profondeur maximum de 100 pieds, mais souvent déjà à une petite profondeur on la trouve mêlée de minerais de cuivre qui apparaissent ici sporadiquement, tandis que dans la profondeur le fer disparaît et le filon passe à la formation cuivre-plomb.

#### 8. FILONS SANS CARACTÈRES PARTICULIERS.

Ceux-ci n'offrent qu'un faible intérêt; ils sont très-variables de toutes manières et se rencontrent presque partout. Leur remplissage est emprunté à la roche encaissante, décomposée, mêlée d'argile, d'un peu de quartz ferrugineux et de quelques minéraux de fer. Lorsqu'ils coupent d'autres filons, ils contiennent aussi quelques autres minerais, et, comme ils dérangent les filons métallifères, ils sont évidemment plus jeunes.

### **De la chronologie des filons du Kinzigthal.**

L'âge relatif de ces formations ne peut pas être étudié directement, parce qu'il est très-rare que les filons de formations diverses s'entre-croisent. Il ne reste donc, pour tout moyen de le déterminer, que l'étude minutieuse de la chronologie des minéraux de chaque formation. Cette méthode, imaginée par Breithaupt, et employée avec le plus grand succès, a conduit ici à des résultats dont la concordance surprenante dans les diverses espèces de filons ne laisse guère planer de doutes sur l'ordre de succession des formations du Kinzigthal. L'étude de cette chronologie ne laisse pas que d'être un travail de longue haleine, attendu que les mêmes minéraux n'ont point toujours la même signification; dans une même formation, le même minéral reparait à des âges différents. Ainsi, dans la formation de la chaux argentifère, par exemple, le quartz se présente en trois générations, correspondant chacune à un âge distinct. (Comparez la série de la p. 202, termes 1, 2, 6, qui forment trois générations désignées par les lettres *a*, *b*, *c*.)

La méthode employée pour fixer l'âge des diverses formations se base sur le fait que, lorsque cette diversité se produit, la même substance revêt, pour chaque génération, un caractère différent. Or, lorsqu'on compare les séries (ou formules) de succession des diverses formations, on observe que les minéraux ayant le même caractère, la même apparence, le même état d'agrégation, les mêmes formes cristallines, associés aux métaux d'une manière analogue, occupent dans toutes les séries exactement la même position par rapport aux autres substances, d'où l'on peut conclure que chaque forme de

minéral, soit chaque génération, caractérise un âge particulier.

On peut donc résumer les séries des sept formations ci-dessus décrites en une seule série typique qui sera, pour ainsi dire, la formule générale de l'âge de tous les minéraux des filons. En comparant ensuite à cette série générale la série spéciale caractéristique de chaque formation en particulier, on n'aura pas de peine à constater l'âge de ses minéraux constitutifs, et on déterminera ainsi l'âge de la formation.

Nous n'avons pas cru devoir donner ici la formule chronologique de toutes les formations ci-dessus décrites, mais il y a quelque intérêt à faire connaître la série générale déduite des séries spéciales.

Elle se compose des quinze termes suivants <sup>1</sup> :

1. *Quartz corné gris (a)* avec minerais d'antimoine et d'argent.
2. *Spath fluor (a)* subordonné, en général disparu.
3. *Quartz blanc cristallin (b)* toujours fixé sur le quartz *a*, en pseudomorphoses de spath fluor, avec pyrites de cuivre et galène.
4. Chalcédoine tapissant le n° 3.
5. *Chaux carbonatée (a)* blanche, rougeâtre ou violette, en masses amorphes, ou sub-cristallines, et en rhomboèdres agrégés avec minerai d'argent.
6. *Braunspath (a)* amorphe, avec galène argentifère, blende et minerai d'argent.
7. *Baryte (a)* amorphe, lamellaire et cristallisée, avec

<sup>1</sup> Les lettres *a*, *b*, *c*, *d* indiquent les générations successives d'un même minéral.

minerais nobles d'argent et de cobalt, ou avec galène et minerais de cuivre, dans les couronnements formés de minerais de peroxyde de fer et de manganèse.

8. *Spath fluor (a)* amorphe, avec galène argentifère et minerais de cuivre ; rarement de cobalt.
9. *Quartz (c)* saccharoïde et cristallisé, apparaissant partout en pseudomorphose de la baryte, avec minerais grossiers de cuivre et de plomb, dans les couronnements formés de fer hydraté.
10. *Spath fluor (c)* en hexaèdres, jaune d'ambre.
11. *Braunspath (b)*, jaune-isabelle, en rhomboèdres lenticulaires agrégés.
12. *Chaux carbonatée (b)* d'un blanc jaunâtre, verdâtre, ou grisâtre, ou olivâtre et cristallisée.
13. *Braunspath (c)* en petits rhomboèdres nacrés, courbés, fixés sur la précédente.
14. *Quartz (d)* en petits cristaux brillants, libres sur tout leur pourtour, à forme dominante  $\infty$  P.
15. *Baryte (c)* en petites tablettes délicates, transparentes.

*Gyps*, cristallisé.

*Pharmacolite* accompagnant les minerais secondaires de plomb, cuivre et cobalt.

Dans cette série, les termes 10-15 peuvent être négligés, parce qu'ils n'apparaissent que sous la forme de géodes.

Si, maintenant, l'on compare avec cette série générale les séries spéciales qui caractérisent chaque formation de filons, on trouvera que :

1° La formation des quartz nobles (argentifères) ne se rencontre que dans les termes 1 à 3 ;

2° La formation de la chaux carbonatée argentifère n'occupe que les termes 5 à 9 ;

3° La formation de la galène argentifère apparaît seulement dans les termes 6 à 9 ;

4° La formation cobalt-argent seulement dans les termes 7 à 9 ;

5° Enfin, que la formation cuivre-plomb est limitée aux termes 7 à 9, et sa sous-formation quartzeuse (p. 209, var. 3) même aux termes 8, 9 ; d'où l'on peut conclure que la formation des quartz nobles est la plus ancienne et la formation cuivre-plomb la plus jeune.

On peut conclure en outre que, des deux subdivisions de la galène argentifère, celle qui s'associe au braunspath est la plus ancienne, et que celle qui s'associe à la chaux et à la baryte est un peu plus jeune. De même on concluera que, des trois subdivisions de la formation cuivre-plomb : les filons barytiques-cuivreux des granits sont les plus anciens ; — les filons plomb-cuivre des gneiss sont un peu plus jeunes ; — les filons quartzeux plomb-cuivre dans lesquels domine le neuvième terme sont les plus jeunes.

Plus jeunes encore sont, en tous cas, les formations de fer qui couronnent les deux formations précédentes, et enfin les filons sans caractères positifs qui coupent et dérangent tous les autres.

La série chronologique des formations du Kinzigthal s'établira donc comme suit (comparez avec le tableau de la page 199) :

1° Filons de quartz noble (argentifère) ;

2° Filons de chaux carbonatée argentifère ;

3° { Filons de galène } avec braunspath ;

4° { argentifère } avec chaux fluatée et baryte ;

- 5° Filons de cobalt et argent ;  
 6° Filons barytiques-cuivreux ,  
 7° Filons barytiques avec cuivre et plomb ,  
 8° Filons quartzeux avec cuivre et plomb ,  
 9° Gisements de fer oligiste et manganèse  
 10° Gisements de fer hydraté  
 11° Filons sans caractère déterminé.

} formation  
 cuivre-  
 plomb ;

} à la surface des filons  
 des groupes 6° et 7° ;

Il faut remarquer que, entre les deux premiers termes de cette série, il y a un saut plus grand qu'entre les suivants. Ceux-ci forment une chaîne continue où, quand on passe d'une formation à l'autre, on voit toujours l'élément le plus ancien disparaître et se remplacer par celui qui lui fait immédiatement suite dans la série chronologique des minéraux caractéristiques.

#### AGE GÉOLOGIQUE DES FILONS.

Si l'on envisage maintenant l'âge des filons par rapport aux formations géologiques, on peut constater que les filons cobalt-argent, cuivre-plomb, ainsi que ceux de fer hydraté pénètrent dans le grès des Vosges, et sont, par conséquent, plus jeunes que celui-ci. Il en est de même pour les filons de la Forêt-Noire wurtembergeoise, qui semblent être tout analogues à ceux du Kinzigthal, principalement en ce qui concerne la formation cuivre-plomb, et que l'on exploite à travers les grès bigarés. Près de Freudenstadt, on voit un filon de baryte avec pyrite de cuivre, et près d'Ach des filons de baryte et de fer hydraté traverser le grès et le Wellenkalk jusqu'aux dolomies (Wellendolomit). On doit donc conclure que les filons analogues du Kinzigthal sont, en tout cas, plus jeunes que les étages inférieurs du Muschelkalk.

Bien que le caractère des filons de Wittich dépende essentiellement des granits à oligoclase, ils ne sauraient, comme Walkner l'indique, être synchroniques de cette formation, attendu que les granits sont recouverts par les grès bigarrés, sans dérangement aucun, et que, par conséquent, ils ont fait éruption avant que ce terrain fût déposé, tandis que les filons métalliques percent les grès et ont donc pris naissance à une époque postérieure.

En revanche, il est à peine douteux que les filons de quartz argentifère n'aient quelque relation avec l'éruption des porphyres quartzeux qui se rencontrent toujours à proximité immédiate de ces filons et semblent se relier à ces derniers par les quartzites en amas et en filons (page 189). Celles-ci, en effet, ont la même direction que les filons de quartz noble et forment avec eux une sorte de faisceau, en sorte que ces derniers peuvent être considérés, à certains égards, comme identiques avec les filons de quartzite, et n'en différant que pour avoir été pénétrés par des substances métalliques variées, tandis que les quartzites simples n'auraient pas subi cette influence. Il est fort important de remarquer que le quartz blanc et jaunâtre, qui se rencontre presque exclusivement dans les conglomérats des étages inférieurs des grès bigarrés, ressemble singulièrement à celui qui constitue ces deux sortes de filons et à celui qui forme les blocs nombreux dont la surface du Kinzigthal inférieur est recouverte par places. On peut donc admettre que le quartz des filons<sup>1</sup> a fourni une partie des matériaux qui entrent dans la composition des conglomérats du grès vosgien. Dans les

<sup>1</sup> La rédaction allemande est ici des plus obscure. Il serait impossible de décider si l'auteur entend l'espèce de quartz dont les filons sont formés, ou le quartz même des filons, ou les blocs du Kinzigthal.

grès rouges du Kinzigthal, on ne trouve aucune trace de ce quartz; ceux-ci contiennent, au contraire, outre des cailloux roulés de gneiss, de granit ou de porphyre quartzeux, des galets et des grains du quartz gras foncé, qui est propre aux roches primitives et aux anciennes roches éruptives. D'après cela, on peut fixer le remplissage des filons de quartz noble à une époque intermédiaire entre la formation des grès rouges et celle des grès vosgiens.

Enfin, on doit signaler encore la grande ressemblance qui existe, d'une part, entre les filons de quartz argentifère du Kinzigthal, les filons cobalt-argent de Wittich et les filons plomb-cuivre de cette partie de l'Allemagne, et, d'autre part, les filons barytiques plombeux du plateau central de la France. Ces derniers se composent d'un quartz sablonneux, cristallin, chalcédonieux, mêlé de baryte et de spath fluor, plus rarement de fer, de chaux carbonatée et de braunspath, ainsi que de galène pauvre en argent, de blende brune, plus rarement de cuivre gris assez riche en argent et de pyrite de fer. La période de remplissage de ces filons correspondrait, suivant Gruner, à l'époque du lias<sup>4</sup>.

### Résumé sur les mines du Kinzigthal.

Le district du Kinzigthal se divise en deux gisements très-différents par la composition et la richesse des filons, celui des granits et celui des gneiss.

Le gisement du granit est en majeure partie composé d'une roche à grains moyens ou fins, souvent porphyroïde, toujours pauvre en oligoclase ou même dépourvue de ce minéral. Dans cette roche on remarque, surtout au voisinage du couvent de Wittichen, des filons ou des

<sup>4</sup> Voyez sur ces filons divers travaux de M. J. Fournet.

masses d'un autre granit à gros grains, parfois stratifié, dans lequel, à côté de l'orthose, on rencontre toujours l'oligoclase, souvent transformé en pinitoïde et formant un élément essentiel de la roche.

Les granits ordinaires ne renferment presque que des filons barytiques cuivreux, en général peu productifs. Dans les régions supérieures de ces filons apparaissent par places des minerais de peroxyde de fer et de manganèse, qui n'ont pas non plus une grande valeur industrielle, vu leur peu de développement.

En revanche, la présence des granits riches en oligoclase donne lieu à une formation de minerais de cobalt et d'argent qui, jusqu'au milieu du siècle dernier, a été l'objectif principal des mineurs du Kinzigthal, et qui a fourni plus de la moitié du produit total des mines de cette région. Néanmoins on ne pourra à l'avenir assigner à ces gisements qu'une importance secondaire, attendu que leur richesse dépend de conditions minéralogiques déterminées qui se trouvent circonscrites sur un espace relativement restreint, et que de plus la richesse va diminuant avec la profondeur; or, les gisements supérieurs sont maintenant épuisés.

Les gneiss, qui couvrent de beaucoup la plus grande partie du district minier, offrent d'assez nombreuses variétés minéralogiques dont la plupart appartiennent au gneis gris, fort peu au rouge, tandis que quelques-unes sont intermédiaires. Les deux dernières variétés semblent seules avoir une véritable influence sur les qualités métalliques des filons.

L'existence et le développement des filons métallifères sont, au contraire, intimement liés aux éruptions de roches plutoniques qu'on rencontre dans le Kinzigthal su-

périeur et dans le Schappbachthal, surtout sous la forme de granit, et dans le Kinzigthal inférieur sous la forme de porphyre quartzifère.

Dans le domaine des granits éruptifs on rencontre le groupe des filons de plomb et cuivre pauvres en argent, à gangue barytique et quartzreuse, lesquels n'ont encore été travaillés qu'à une faible profondeur, mais qui ont offert une si grande richesse métallique qu'ils semblent présager le plus brillant avenir. Les amas durs et isolés qui accompagnent parfois ces filons offrent aussi par places une grande richesse de minerai d'argent, mais il est douteux que cette richesse se continue dans la profondeur, si l'on en juge par l'expérience acquise dans des gîtes de formation analogue.

Le second groupe de filons, qui est lié aux éruptions des porphyres quartzifères, renferme des minerais de plomb riches en argent, accompagnés de carbonates, et qui, bien que fort disséminés dans une gangue de roche décomposée, sont cependant rémunérateurs, vu la multiplicité et l'égale distribution des minerais. D'autres filons analogues, composés d'un quartz corné emprunté au porphyre quartzifère, sont imprégnés avec parcimonie de minerais d'argent et parfois d'antimoine. Ils sont encore peu exploités et ne promettent pas grand'chose. Le fer hydraté forme, particulièrement dans le district d'Ober-Wolfach, le faite des filons barytiques plomb-cuivre; ce minerai a été exploité depuis des siècles à des époques différentes et a fourni des gisements de quelque importance. Malheureusement le peu de persistance de ces gîtes, le peu de profondeur à laquelle se poursuit la couverture de fer, et les grands frais d'exploitation de ces minerais ne donnent à cette formation une certaine importance industrielle que sur un petit nombre de filons.

On doit enfin considérer comme totalement inexploitable les filons sans caractères déterminés qui se rencontrent dans la partie sud du district, elle-même déjà si pauvre en filons métalliques ; ce groupe n'offre jamais qu'accidentellement à sa surface de petits gîtes ferrugineux.

Le système d'extraction employé depuis des siècles par les mineurs du Kinzigthal, système qui consiste à ouvrir une quantité considérable d'entrées, tient, d'une part, à la circonstance que les filons suivent en général les crêtes et que, par conséquent, ils doivent être attaqués par des puits ou par des galeries horizontales partant des vallées ; d'autre part, à la distribution particulière des minerais dans les filons, dont les gîtes sont séparés par des espaces stériles. On a donc établi plus de huit cents ouvertures, et cette masse d'ouvrages stériles, ainsi que la mauvaise direction imprimée à beaucoup de travaux, ont amené des fluctuations fâcheuses dans l'exploitation. Ces circonstances ont fait aux mines du Kinzigthal la réputation de n'être pas un champ favorable pour de grandes spéculations ; mais elles peuvent encore être rémunératrices pour des entreprises moins vastes, surtout dans l'état actuel des connaissances techniques. Les ouvrages profonds qui deviendront nécessaires à l'avenir, exigeront, il est vrai, l'établissement de machines ; mais celles-ci seront peut-être plus économiques que les aménagements actuels, parce qu'elles permettront de pousser les travaux plus vigoureusement et d'une manière plus continue. Enfin, il y aura de grandes économies à réaliser dans toutes les branches de l'exploitation, tout particulièrement en ce qui concerne la partie métallurgique qui, jusqu'à présent, a été traitée avec beaucoup trop de luxe.

En terminant, nous donnerons ici le tableau de la production brute des mines du Kinzigthal, depuis l'année 1700 jusqu'à 1857. Les produits de ces mines sont très-variés. L'argent y figure pour la plus forte somme, vient ensuite le cobalt, puis les produits chimiques.

	Poids en quintaux.	Produit en florins.
Argent 56,809 marcs . . . . .		1307,053
Cuivre. . . . .	3,813	204,000
Plomb. . . . .	940	10,330
Produits chimiques divers . . . . .	1,905	21,488
Minerai de cobalt . . . . .	54,581	469,966
Minerai de cuivre . . . . .	7,800	44,264
Minerai de plomb . . . . .	6,880	44,635
Minerai d'argent . . . . .	1,316	16,446
Baryte . . . . .	46,500	25,000
Spathfluor . . . . .	836	418
Tiré des échantillons de minerai . . . . .		13,360
<b>Total . . . . .</b>		<b>2,156,960</b>

La totalité de la production du district du Kinzigthal reste bien faible, si on la compare au produit des mines américaines, puisque la moyenne n'est que d'environ 27,000 florins par an. Il n'y a pas là de quoi alimenter de bien fortes exploitations, aussi comprend-on que ces mines aient été fréquemment abandonnées. Mais si elles n'offrent qu'un faible résultat industriel, elles présentent un intérêt tout particulier au point de vue de la science pure et des questions géologiques qu'elles permettent de résoudre.

Henri DE SAUSSURE.

# RECHERCHES SUR L'ARC VOLTAÏQUE

PAR

M. E. EDLUND <sup>1</sup>.

---

1. Toute force dans la nature exerce une action déterminée au point de vue de la quantité. Quand une force dans une circonstance donnée produit un effet qui, à certain égard, est différent de celui qu'elle exerce dans une autre circonstance, il faut, néanmoins, que ces deux effets soient égaux au point de vue de la quantité. Si la force donne lieu simultanément aux deux effets, la somme de ces deux effets doit être exactement égale à la valeur quantitative de chacun d'eux, s'ils se produisaient isolément. Il va sans dire que la force agit pendant le même temps dans ces différentes circonstances. Le courant voltaïque, comme on le sait, produit des effets très-variés : il donne naissance à de la chaleur et de la lumière, il décompose chimiquement des liquides composés qui servent de conducteurs à l'électricité, il engendre du magnétisme et agit sur des aimants déjà formés, il produit des courants d'induction dans des conducteurs rapprochés, etc., etc. La production de chaleur peut être considérée comme le premier effet, l'effet immédiat du courant voltaïque, parce qu'il l'accompagne constamment, tandis que les autres effets exigent, en outre, pour se produire le concours de certaines conditions. Des recherches consciencieuses ont prouvé que la chaleur produite est propor-

<sup>1</sup> Oefversigt af K. Vetensk. Acad. Förhandlingar, 1867, n<sup>o</sup> 4, p. 95.

tionnelle au carré de l'intensité du courant, multiplié par la résistance à la conductibilité. La quantité totale de chaleur que développe le courant est, par conséquent, proportionnelle au carré de la force électromotrice, divisé par la résistance totale du circuit. Cela n'est vrai qu'autant que le courant ne produit aucun autre travail que le dégagement de chaleur. Cette loi, qui a été établie par la voie expérimentale, peut être considérée comme rigoureusement exacte, puisque, d'autre part, Clausius l'a confirmée par des déductions théoriques. Mais si le courant, à côté de la production de chaleur, opère un autre travail, il faut nécessairement que la quantité totale de chaleur dégagée soit diminuée de celle qui correspond à ce travail. Par conséquent, si l'on a une pile voltaïque d'une force électromotrice donnée, dont les pôles soient réunis par un conducteur solide, et si l'on connaît, en outre, la résistance de la pile même et du conducteur extérieur, on pourra facilement calculer la quantité totale de chaleur produite par le courant dans un certain temps. Supposons maintenant qu'on enlève une portion du conducteur extérieur et qu'on la remplace par un liquide susceptible d'être décomposé, comme de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique, par exemple, en ayant soin de faire en sorte que la résistance du liquide soit égale à celle du conducteur supprimé: la force électromotrice et la résistance à la conductibilité n'auront éprouvé aucune altération par cet échange. Cependant la quantité de chaleur dégagée ne sera pas la même qu'auparavant: elle sera plus faible, parce que le courant, outre la production de chaleur, accomplit le travail mécanique nécessaire à la décomposition chimique de l'eau. Or, l'on sait

\* *Poggend. Ann.*, LXXXVII, p. 415.

que la décomposition de l'eau en hydrogène et oxygène est accompagnée d'une absorption de chaleur qui est égale au dégagement de chaleur produit par la combinaison de l'oxygène avec l'hydrogène. L'absorption est donc la mesure du travail mécanique exercé pour opérer la décomposition. La somme totale de chaleur engendrée par le courant sera par suite diminuée exactement de la quantité qui correspond au travail de décomposition opéré par le courant. Quant à ce qui concerne l'adhérence d'hydrogène et d'oxygène sur les plaques polaires d'où résulte un courant de polarisation en sens inverse de courant principal, c'est là un phénomène tout à fait secondaire, comme on le comprend facilement, et qui n'a rien à faire avec la question qui nous occupe.

D'autre part, si l'on a un courant voltaïque dont on connaît la résistance totale et dont l'intensité varie incessamment, on peut calculer la chaleur totale produite par le courant, si l'on connaît l'intensité du courant à chaque moment. Si l'on approche maintenant un conducteur fermé à proximité du courant principal, il se produit des courants d'induction dans le premier. Le courant principal engendre donc une induction voltaïque en même temps qu'il produit de la chaleur, et il est évident que cette dernière doit être moindre que si elle n'était pas accompagnée d'induction. Cependant, la force électromotrice de la pile et la résistance du circuit principal, dont dépend la production de chaleur, n'ont pas changé. Dans un travail antérieur<sup>1</sup>, j'ai prouvé par des expériences que dans ce cas la production de chaleur due au courant principal est en réalité diminuée et cela de telle façon que la somme

<sup>1</sup> *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1865, t. XXIV, p. 324.

de chaleur produite par le courant principal, et celle dégagée par le courant d'induction dans son circuit, est égale à la chaleur dégagée par le courant principal seul, quand il n'exerce point d'induction. Mais comme la chaleur produite par le courant d'induction doit au fond être considérée comme l'équivalent calorifique de ce courant, il en résulte que la chaleur dégagée par le courant principal dans son circuit pendant l'induction, a été diminuée de la quantité de chaleur, qui correspond au travail qu'exerce le courant principal pour produire l'induction. Ainsi que je l'ai montré dans le mémoire cité plus haut, la cause de cette diminution dans le dégagement de chaleur du courant principal réside dans le courant d'induction qui engendre des courants d'induction d'un ordre supérieur dans le circuit principal, lesquels s'ajoutent au courant principal ou s'en retranchent de telle façon que la production de chaleur en est amoindrie. Dans ce cas, la quantité de chaleur produite est diminuée par le concours des courants d'induction.

Admettons enfin que le conducteur entre les pôles de la pile communique avec une bobine contenant un cylindre de fer doux dont l'armature puisse en être éloignée par un ressort, ou tout autre moyen, aussitôt que le magnétisme produit est trop faible pour le retenir contre les pôles de l'électro-aimant. Si dans cette disposition on ferme et ouvre alternativement le courant après des laps de temps déterminés, il se produira dans un certain temps une certaine quantité de chaleur. Si, ensuite, tandis que l'armature est attirée contre les pôles de l'électro-aimant, on lui fait produire un travail mécanique, tel que de soulever un poids, par exemple, il faut évidemment que la production de chaleur soit diminuée d'une quantité correspondante au

travail mécanique effectué, ainsi que M. Favre <sup>1</sup> l'a prouvé par l'expérience. Mais, d'autre part, rien n'a été modifié dans la force électromotrice de la pile ni dans la résistance du circuit, dont dépend la quantité de chaleur dégagée.

Il est facile de comprendre, toutefois, que la différence de nature des courants d'induction dans les deux cas fait disparaître la contradiction. En effet, une partie de la chaleur produite provient des courants d'induction que le mouvement de l'armature détermine dans l'électro-aimant et dans son armature. La quantité d'électricité mise en mouvement dans cette opération, est, sans contredit, la même que l'armature soit chargée ou non ; mais quand l'armature est libre, elle se meut plus vite que quand elle est chargée, et les courants d'induction en question ont, dans le premier cas, une durée plus longue que dans le second. La même quantité d'électricité accomplit, par conséquent, sa circulation dans un temps plus court quand l'armature est libre que quand elle est chargée. Il en résulte que l'intensité des courants d'induction est plus grande dans le premier cas que dans le second, quoique la quantité totale d'électricité qui circule dans les deux cas soit la même. Or, puisque la quantité de chaleur dégagée est proportionnelle au carré de l'intensité du courant, il est facile de prouver que la quantité de chaleur produite par ces courants d'induction, dans l'électro-aimant et dans son armature, est plus grande quand l'armature est libre et, par conséquent, se meut plus vite que lorsqu'elle exerce un travail mécanique qui en ralentit la marche. Les courants d'induction, qui se produisent dans les deux cas dans le circuit du courant

<sup>1</sup> *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1857, t XXXVI, p. 59.

voltaïque, donnent lieu à un fait analogue. L'intervention des courants d'induction dans cette circonstance est tellement nécessaire pour expliquer la prétendue contradiction, que si on ne les eût pas connus auparavant, ce phénomène eût probablement suffi pour en faire supposer la présence.

2. L'induction galvanique et l'absorption de chaleur qui accompagne toute décomposition chimique, sont connues depuis longtemps; j'ai seulement voulu montrer l'étroite relation de ces phénomènes avec la notion de force et de travail mécanique. Passons maintenant à un cas particulier, pour lequel on ne connaît pas encore le moyen que la nature emploie pour lever la contradiction entre la proposition démontrée que le dégagement de chaleur du courant voltaïque dépend de la force électromotrice et de la résistance, et la vérité passée à l'état d'axiome que si une force exerce à la fois deux effets, la somme de ces valeurs quantitatives doit être égale à ce que serait la valeur de chacune d'elles, si elles étaient produites isolément.

Un cas de ce genre est offert par l'arc voltaïque, qui se forme quand l'électricité passe d'un conducteur solide dans un autre, à travers un gaz et avec production de lumière et de chaleur. Tout le monde sait que le courant détache dans cet arc lumineux des particules matérielles, qui sont transportées d'un pôle à l'autre. C'est principalement le pôle positif qui éprouve cette usure, tandis que le pôle négatif y est moins exposé. A côté de ce travail purement mécanique, accompli par le courant, il peut se produire des décompositions chimiques dans l'arc voltaïque sous l'influence directe du courant. S'il s'y formait de nouvelles combinaisons chimiques, on n'en pourrait

pas conclure à une action directe et exclusive du courant lui-même, la cause pouvant en être extérieure et indépendante de lui, au moins pour une certaine portion. Pour ce qui concerne, en premier lieu, les décompositions chimiques, le travail mécanique, que le courant effectue pour les produire, a son équivalent de chaleur mécanique dans l'absorption de chaleur qui accompagne toujours ce phénomène. Mais il en est tout autrement à l'égard de l'usure des pôles qui est purement mécanique. Cette désagrégation n'est accompagnée d'aucune absorption de chaleur, mais, tout au contraire, d'une grande production de chaleur. Le courant effectue donc, dans le sein de l'arc voltaïque, un travail mécanique qui n'est pas compensé par une absorption de chaleur.

Représentons-nous maintenant une pile voltaïque d'une force électromotrice connue, et dont les pôles sont réunis par un conducteur solide offrant une résistance déterminée. La quantité de chaleur que produit le courant, dans un certain temps, est aussi déterminée. Si nous enlevons une portion du conducteur solide et si nous le remplaçons par un arc voltaïque se formant entre deux pointes de charbon; de plus, si nous donnons à cet arc une longueur telle que la résistance qu'il présente soit égale à celle de la portion de conducteur enlevée, l'on n'aura altéré en rien, par cette échange, la résistance totale du circuit. Malgré cela, la quantité de chaleur produite par le courant sera moindre que celle que l'on obtiendrait par le calcul de la force électromotrice et de la résistance à la conductibilité, parce que le courant, outre la production de chaleur effectue maintenant un travail mécanique employé à désagréger des particules matérielles des pôles. Cette contradiction ne peut être levée

qu'en admettant que l'intensité du courant est diminuée exactement de la quantité nécessaire pour que la diminution dans la chaleur produite par ce changement corresponde à ce travail mécanique. Mais ce travail mécanique ne peut occasionner une diminution dans l'intensité du courant que de deux manières : savoir, ou bien parce qu'il agit dans le même sens qu'une augmentation de résistance de la conductibilité, ou bien parce qu'il engendre une force électromotrice qui détermine un courant dans un sens opposé à celui du courant principal. Il est cependant facile à comprendre que, si la diminution nécessaire dans l'intensité du courant peut être produite par une augmentation de résistance due au travail mécanique, cette résistance doit être d'une autre nature que la résistance voltaïque ordinaire. La résistance occasionnée par le travail doit, en effet, avoir la propriété de diminuer l'intensité du courant, sans que le courant, en la surmontant, produise une quantité de chaleur correspondante. Si pour le moment nous supposons que la résistance en question est du genre ordinaire, et si nous la désignons par  $m$ , tandis que nous représentons par  $M$  la résistance du reste du circuit, nous aurons pour la résistance totale, pendant que l'arc voltaïque se manifeste,  $M+m$ . Si l'on supprime l'arc et que, par l'introduction d'un conducteur solide, on rende la résistance égale à  $M+m$ , on doit obtenir, la force électromotrice restant identique, la même quantité de chaleur que quand l'arc existait ; et l'on reste toujours dans le même dilemme dont on essayait de sortir par la supposition d'une augmentation dans la résistance. La résistance nécessaire, pour remplir son but, doit être de telle nature qu'elle produise une diminution dans l'intensité du courant, sans donner nais-

sance à un dégagement de chaleur, pendant que le courant passe et cherche à la surmonter. On ne connaît pas jusqu'à présent de résistances semblables, et celle qui nous occupe pourrait bien être une résistance d'un genre nouveau. Pour se rendre le mieux compte de quelle manière l'abaissement nécessaire dans l'intensité du courant peut à la rigueur se produire, on n'a qu'à consulter les trois cas, qui ont été décrits plus haut et pour lesquels nous connaissons exactement tout ce qui se passe. Quand un courant traverse un liquide composé, il y produit une décomposition chimique. Le travail mécanique exercé par le courant pour effectuer cette décomposition est, à l'égard de l'objet en question, exactement de la même nature que celui effectué dans l'arc voltaïque pour désagréger les fils polaires. Dans le premier cas, c'est l'attraction chimique entre des substances différentes que le courant a à vaincre, et dans le second une attraction entre des particules de même nature ; mais cette différence entre les forces vaincues dans les deux cas ne peut avoir aucune influence sur la réaction du travail effectué sur le courant lui-même. Nous savons maintenant que le travail de décomposition chimique effectué par le courant ne diminue pas l'intensité du courant par suite de l'augmentation de résistance à la conductibilité ; car ce travail chimique est entièrement compensé par l'absorption de chaleur qui accompagne la décomposition. Nous sommes conduits à en conclure que la désagrégation des surfaces des pôles dans l'arc voltaïque n'exerce non plus, dans ce cas, aucune influence sur la résistance. Passant à l'examen des deux cas dans lesquels il y a induction, nous trouvons que le travail d'induction effectué par le courant est compensé par des forces électromotrices et

nullement par un abaissement de l'intensité du courant, dû à une augmentation de résistance. Donc, puisque dans ces trois cas le travail mécanique effectué par le courant n'est pas compensé par une diminution d'intensité du courant due à une augmentation de résistance, nous devons admettre qu'il en est de même pour le quatrième cas, attendu que nous ne pouvons pas fournir une preuve valable pour le contraire. Mais il y a encore une autre raison, que nous ne devons pas passer sous silence. Dans une autre partie de la théorie de l'électricité<sup>1</sup>, nous trouvons que la désagrégation de corps solides, qu'on opère soit en les brisant, les limant, les râpant, etc., etc., détermine souvent une production d'électricité. Il en serait sans doute toujours ainsi, s'il était possible de pouvoir éloigner assez rapidement les unes des autres les particules, détachées pour que les électricités opposées séparées ne pussent pas se réunir de nouveau. Ces différentes considérations nous conduisent à admettre que, *la désagrégation mécanique des pôles solides engendre dans l'arc voltaïque une force électromotrice qui détermine un courant se dirigeant dans le sens opposé à celui du courant principal.*

Il nous reste à démontrer comment cette conclusion s'accorde avec les expériences.

3. S'il existe une force électromotrice dans l'arc voltaïque, elle doit évidemment être constante et invariable tant que la force électromotrice de la pile, l'intensité du courant et la résistance restent les mêmes. Elle doit, par conséquent, être indépendante de la longueur de l'arc, dans la supposition que si on allonge l'arc, on di-

<sup>1</sup> Riess, *Traité de l'électricité de frottement*, 2<sup>me</sup> partie, p. 400.

minue d'autant la résistance du circuit pour que la résistance totale du courant soit la même qu'auparavant. Ces conditions étant remplies, la force électromotrice de l'arc sera identique quelle que soit la longueur de l'arc. Cette force produit un courant dans la direction opposée au courant principal et affaiblit par là l'intensité totale du courant. Elle agit, par conséquent, à l'égard de la diminution de l'intensité du courant de la même manière qu'une résistance intercalée dans le circuit. En revanche, il est évident que la résistance propre à l'arc voltaïque doit augmenter avec sa longueur, toutes choses égales d'ailleurs. Si donc on mesure la résistance de l'arc voltaïque, on trouve qu'elle se compose de deux parties, dont l'une est indépendante de la longueur de l'arc et dont l'autre augmente avec cette dernière. Si l'on désigne par  $a$  la première résistance et par  $b_1$  la résistance réelle d'un arc d'une longueur de division 1, la mesure de la résistance totale d'un arc de cette longueur sera  $=a+b_1$ . Si l'arc a une longueur de 2 divisions et si l'on désigne par  $b_2$  la résistance moyenne de chacune d'elles, la résistance totale de cet arc sera  $a+2b_2$ . Pour un arc d'une longueur de 3 divisions la résistance totale sera  $=a+3b_3$ , etc., etc. Les expériences décrites plus loin montrent que  $a$  a une valeur considérable et que  $b_1, b_2, b_3$ , etc., etc. sont d'égale grandeur.

J'ai employé une pile de Bunsen dont le charbon plongeait dans l'acide nitrique. Le rhéostat était une boîte en bois de la forme d'un parallépipède, enduite d'asphalte intérieurement : elle avait 440 millimètres de long, 148 de large et de haut, et était en partie remplie d'une dissolution de sulfate cuivrique. Deux lames de cuivre, de la même largeur que la boîte, y étaient placées verticale-

ment et pénétraient jusqu'au fond. L'une d'elles était fixe et conservait sa place pendant les expériences ; tandis que l'autre pouvait se déplacer parallèlement à elle-même, et l'écartement entre les deux se lisait à l'aide d'une graduation faite dans ce but sur les arêtes supérieures de la boîte. Le courant était introduit dans la dissolution par une des lames et sortait par l'autre. Pour écarter l'influence de la polarisation sur la précision des mesures, on introduisait constamment dans le circuit une portion plus ou moins grande du rhéostat. Le courant était mesuré par une boussole des tangentes et pouvait être renversé à l'aide d'un commutateur. Comme ces expériences nécessitaient l'emploi de courants très-forts, on ne pouvait pas se servir de fils métalliques pour le rhéostat, parce qu'ils se seraient trop échauffés, et auraient apporté une perturbation dans la résistance qu'ils opposent à la conductibilité.

Les pointes des pôles, entre lesquelles l'arc voltaïque se formait, étaient adaptées au nouvel appareil de Foucault pour la lumière électrique constante. Toutefois, dans la plupart des expériences, cet appareil n'a été employé que comme support des pôles, et l'écartement voulu, entre les pointes, s'opérait en approchant ou reculant les pointes des pôles avec la main<sup>1</sup>.

Pendant les expériences, l'appareil était placé dans sa lanterne. On ne mesurait pas la longueur de l'arc directement par l'écartement des pointes ; mais à l'aide

<sup>1</sup> M. le Dr Stenberg, professeur de l'École de médecine de Stockholm, qui m'a aidé dans toutes ces expériences, mesurait, d'après l'écartement des pôles, la longueur de l'arc voltaïque pendant que je lisais sur la boussole des tangentes l'intensité du courant. Je saisis cette occasion pour exprimer à M. Stenberg mes sincères remerciements.

d'une lentille placée dans la lanterne on produisait une image grossie de l'arc, qui était projetée sur une échelle graduée, disposée contre la paroi opposée de la chambre. La distance des divisions parallèles de l'échelle était de dix millimètres. Le grossissement de la lentille était environ de vingt-cinq fois. Chaque division de l'échelle correspondait, par conséquent, à une longueur de l'arc d'environ 0,4 de millimètre. Pour rendre l'image de l'arc voltaïque bien nette, on excluait de la chambre la plus grande partie de la lumière du jour.

*Première série d'expériences.*

4. La pile se composait de 76 éléments. Les pointes des pôles étaient en charbon dur, le même probablement que celui dont on se sert pour les piles. Avec 0,6 de pouces du rhéostat dans le circuit et les pointes de charbon en contact l'une avec l'autre, la déviation de la boussole était =  $63^{\circ}30'$  et avec 8,4 pouces elle était =  $51^{\circ}5'$ . Il résulte de là que la résistance (M), *en dehors* du rhéostat, était de 11,994 unités de résistance. A la fin de cette série d'expériences, la boussole indiquait dans le premier cas 64 degrés et dans le second  $52^{\circ}10'$ ; d'où l'on obtient  $M = 12,577$ . La moyenne de M pendant cette série était, par conséquent = 12,285 unités de résistance.

*Expérience première.* Quand on formait un arc voltaïque d'une longueur de 5 divisions, 0,6 pouces de rhéostat étant introduits dans le circuit, l'intensité du courant était =  $Tg\ 51^{\circ}5'$ . En mettant ensuite les pointes de charbon en contact et les pressant fortement l'une contre l'autre, il fallait introduire dans le circuit 8,4 pouce de rhéostat pour amener la boussole au même angles

déviations. La résistance totale de cet arc était, par conséquent, de  $8,4 - 0,6 = 7,8$  unités de résistance. Avec la même intensité de courant on a obtenu, pour des arcs plus courts, les résultats suivants :

Longueur de l'arc = 4 divisions ;	résistance de l'arc = 7,6
"    "    = 3    "    "    "    "    "    "    "    "	"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "
"    "    = 2    "    "    "    "    "    "    "	"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "
"    "    = 1    "    "    "    "    "    "    "	"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "

D'après cela on obtient :

$$a + 5b_1 = 7,8; a + 4b_1 = 7,6; a + 3b_1 = 7,3; a + 2b_1 = 7,1 \\ \text{et } a + b_1 = 6,9.$$

Pour chaque augmentation de l'arc d'une division, la résistance augmente donc de 0,2 unités de résistance. D'où l'on peut conclure que :

$$b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5 = 0,2 \text{ et } a = 6,7.$$

La force électromotrice qui se produit dans l'arc voltaïque diminue, par conséquent, l'intensité du courant de la même quantité que l'insertion d'une résistance égale à 6,7 unités de résistance. Partant de là on peut facilement calculer la grandeur de cette force opposée, exprimée en force électromotrice de la pile. Si l'on désigne par E la force électromotrice de la pile et par D celle de l'arc voltaïque, on a :

$$\frac{E}{12,285 + 8,4 = 20,685} = \frac{E - D}{20,685 - 6,7 = 13,985}; \\ \text{d'où} \quad D = 0,3239 E.$$

*Expérience deuxième.* En élevant la résistance M à 14,176 unités de résistance et en intercalant 11,0 unités de résistance du rhéostat, l'intensité du courant était

$= \text{Tg } 45^{\circ}30'$ . Voici les résultats obtenus avec cette intensité de courant :

Longueur de l'arc  $= 3$  divisions ; résistance de l'arc  $= 10,4$   
 " "  $= 2$  " " "  $= 9,8$   
 " "  $= 1$  " " "  $= 9,2$

Pour cette intensité de courant on a, par conséquent :

$$a+3b=10,4; a+2b=9,8 \text{ et } a+b=9,2;$$

d'où

$$a=8,6 \text{ et } b=0,6.$$

Si l'on calcule  $D$  de la même manière que dans l'expérience précédente, on obtient :

$$D=0,3416 \text{ E.}$$

*Expérience troisième.* Dans cette expérience, on a fait  $M=21,29$  unités de résistances; avec 13,5 pouces de rhéostat introduits dans le circuit, la boussole a indiqué en moyenne  $36^{\circ}22'$ . Ces 13,5 pouces comprenaient toute la longueur du rhéostat, de sorte qu'en conservant la valeur indiquée pour  $M$ , on ne pouvait pas diminuer l'intensité du courant au moyen du rhéostat. Quand la longueur de l'arc était de 2 divisions et que la portion du rhéostat introduite dans le circuit était de 0,6 pouce, la déviation de la boussole était de  $33^{\circ}40'$ . D'après cela, on peut facilement calculer la résistance de l'arc voltaïque. On obtient, en effet :

Longueur de l'arc  $= 2$  divisions; résistance de l'arc  $= 16,66$   
 " "  $= 1$  " " "  $= 14,76$

De là on obtient, l'intensité du courant étant  $= \text{Tg } 33^{\circ}40'$  :

$$a+2b=16,66 \text{ et } a+b=14,76; \text{ d'où } a=12,86 \text{ et } b=1,9.$$

Calculant avec ces données  $D$  comme dans la première expérience, on obtient :

$$D=0,3336 \text{ E.}$$

Cette expérience montre que *la force électromotrice (D) dans l'arc voltaïque est indépendante de l'intensité du courant, et que la résistance propre à l'arc est proportionnelle à sa longueur et augmente quand l'intensité du courant diminue.*

5. Au premier abord, il peut paraître inattendu que D soit indépendant de l'intensité du courant; mais avec un peu de réflexion, on ne tarde pas à reconnaître que ce fait est entièrement d'accord avec d'autres propriétés du courant voltaïque qui rentrent dans cette catégorie. Le travail mécanique que dépense le courant pour désagréger les pointes des pôles est mesuré par la diminution dans la production totale de chaleur dégagée par le courant, chaleur qui est produite par la force électromotrice D, engendrée par la désagrégation. Si l'on désigne par E la force électromotrice de la pile et par L la résistance pour une certaine intensité de courant, quand il ne se forme point d'arc voltaïque,  $\frac{E}{L}$  exprimera l'intensité du courant et  $\frac{E^2}{L}$  toute la quantité de chaleur produite par le courant. Si, au contraire, il y a formation d'un arc voltaïque, et si L continue à représenter la résistance totale, alors  $\frac{E-D}{L}$  exprimera l'intensité du courant et  $\frac{(E-D)^2}{L}$  la quantité de la chaleur produite. Le travail effectué par le courant dans l'arc voltaïque a donc, pour équivalent, la différence entre ces deux quantités de chaleur, savoir  $\frac{E^2 - (E-D)^2}{L} = \frac{D(2E-D)}{L}$ . Si la résistance devient L' et que l'intensité du courant soit éga-

lement modifiée, le même équivalent devient  $\frac{D(2E-D)}{L'}$ .

Le travail mécanique, dans le premier cas, étant représenté par  $A$ , et par  $A'$  dans le second, on aura  $A:A' = L':L$ . Mais les résistances  $L'$  et  $L$  sont inversement proportionnelles aux intensités du courant. Il résulte de cela que *le travail effectué par le courant dans l'arc voltaïque, la force électromotrice restant constante, est proportionnel à l'intensité du courant.* — La même loi s'applique au travail mécanique dépensé par le courant pour produire le dégagement de chaleur. La chaleur produite est proportionnelle à  $E \cdot \frac{E}{L}$  et, par conséquent, si  $E$  est constant, à l'intensité du courant. Cette égalité entre les deux cas n'existerait pas, comme on le comprend facilement, si  $D$  n'était pas indépendant de l'intensité du courant.

#### *Deuxième série d'expériences.*

6. Dans cette série d'expériences, je me suis proposé d'examiner si et comment  $D$  pourrait dépendre de la force électromotrice de la pile. Dans ce but, j'ai fait varier le nombre des éléments. Ces expériences ayant été faites avec de nouvelles pointes de charbon, qui différaient peut-être des premières quant à leur dureté et à d'autres propriétés, et comme, de plus, la solution de sulfate cuivrique dans le rhéostat avait pu s'altérer pendant les jours qui se sont écoulés entre les deux séries, on ne peut pas considérer les résultats comme étant comparables.

*Expérience quatrième.* La pile était composée de 79 éléments. Avec 0,6 de pouce du rhéostat introduit dans le circuit, et les pointes de charbon étant fortement

appuyées l'une contre l'autre pour que le contact fût parfait, la déviation de la boussole des tangentes était de  $60^{\circ}35'$ . Avec 13,5 (pouces) unités du rhéostat dans le circuit, la déviation était  $42^{\circ}55'$ . Ceci permet de calculer la résistance totale, *en dehors* du rhéostat, ou  $M$ , qui était de 13,62 unités de résistance. Si l'on admet comme unité la force électromotrice qui, pour la résistance 1, produit une déviation de 45 degrés à la boussole, l'on a pour la force électromotrice de la pile  $E = 25,22$ .

Avec 0,6 pouce de rhéostat dans le circuit, plus une longueur d'arc voltaïque de 4 divisions, la boussole s'arrêtait à  $48^{\circ}5'$ . En introduisant ensuite 9,0 pouces de rhéostat dans le circuit et appuyant les pointes de charbon l'une contre l'autre, pour les mettre en contact, on obtenait le même nombre de degrés. La résistance d'un arc voltaïque de 4 divisions était, par conséquent  $= 8,4$ .

L'intensité du courant restant la même, on a obtenu pour des arcs plus courts les résultats suivants :

Longueur de l'arc	=3	divisions ;	résistance de l'arc	=7,8
'    '	=2	'    '	'    '	=7,2
'    '	=1	'    '	'    '	=6,6

d'où

$$a=6,0 \text{ et } b=0,6.$$

En calculant d'après cela  $D$ , comme plus haut, au moyen de l'équation

$$\frac{E}{13,62+9,0=22,62} = \frac{E-D}{22,62-6,0=16,62}$$

on obtient :

$$D=0,2652 \text{ E}=6,690.$$

*Expérience cinquième.* On a enlevé 24 éléments de la pile, de manière à n'en laisser que 55. Avec 0,6 pouce de rhéostat dans le circuit, et les pointes de charbon en

contact, la boussole s'arrêtait à  $63^{\circ}32'$ , et avec 13,5 pouces à  $38^{\circ}59'$ . D'où l'on calcule la résistance totale, *en dehors* du rhéostat,  $M=8,104$  et  $E=17,483$ .

Quand on introduisait dans le circuit 0,6 pouce de rhéostat et une longueur d'arc voltaïque de 2 divisions, la boussole indiquait  $43^{\circ}30'$ , et en y insérant 10,2 pouces, les pointes de charbon étant en contact, on obtenait la même déviation de la boussole. D'où il résulte :

Longueur de l'arc = 2 divisions ; résistance de l'arc = 9,6 ;

et pour la même intensité de courant :

Longueur de l'arc = 1 division ; résistance de l'arc = 8,4.

L'on a, par conséquent :

$$a=7,2 \text{ et } b=1,2.$$

Calcule-t-on d'après cela la valeur de  $D$ , comme on l'a fait plus haut, on obtient :

$$D=0,3934 \text{ E}'=6,877.$$

Ces deux expériences conduisent ainsi à ce résultat, *que  $D$  est indépendant de la force électromotrice de la pile*. La différence entre 6,877 et 6,690 peut, en effet, être considérée comme provenant d'une erreur d'observation<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> M. le professeur Edlund donne en outre la description de quatre autres séries d'expériences, pour lesquelles nous renvoyons à l'original.

(Résumé.)

**STATION DE L'HOMME**  
**DE L'ÂGE DE LA PIERRE**

A VEIRIER PRÈS DE GENÈVE

LETTRE ADRESSÉE A M. E. LARTET

PAR

**M. Alph. FAVRE.**

---

Genève, le 18 février 1868.

Monsieur,

Vous apprendrez sans doute avec intérêt que depuis quelques mois on a retrouvé à Veirier, au pied du mont Salève, non loin de Genève, des débris de renne et une station de l'homme de l'âge de la pierre, près de celle que M. Taillefer avait observée; vous avez rappelé cette dernière découverte dans le travail que vous avez publié en 1861 dans les *Annales des Sciences naturelles*, et M. Troyon en a parlé dans son dernier ouvrage (1867).

Les débris d'êtres organisés qui se trouvent dans cette station se rencontrent au milieu d'un grand éboulement provenant de la chute des couches presque verticales du mont Salève. On peut déterminer assez exactement l'époque à laquelle cet éboulement s'est produit. En effet, on trouve des blocs granitiques au milieu des blocs calcaires qui le composent, par conséquent il est postérieur à l'arrivée des blocs erratiques dans notre pays et à l'époque glaciaire. Il est donc évident que les hommes qui ont vécu à la surface de cet éboulement ou dans les vides laissés

entre les gros blocs qui le composent n'ont pas habité cet endroit avant l'époque glaciaire.

D'un autre côté on comprend que l'éboulement a eu lieu pendant l'époque de l'alluvion des terrasses qui fait suite à l'époque glaciaire; je parle ici de la masse principale des rochers éboulés, car de nos jours il y a encore des chutes de pierres. La relation d'âge entre l'alluvion des terrasses et l'éboulement est fixée par les faits suivants. Ce dernier a formé en avant de la base du mont Salève un monticule considérable, mais peu élevé, qui, tout en étant joint à la montagne, fait saillie du côté de la plaine; l'Arve en a arrosé les bords en coulant après l'époque glaciaire et pendant l'époque de l'alluvion des terrasses à un niveau supérieur à son niveau actuel, et en taillant des deux côtés du monticule de grandes berges cintrées dont la concavité est tournée du côté de la montagne. Il est donc évident que l'éboulement a eu lieu avant le moment où l'Arve taillait ces berges, arrosait les flancs du monticule en le contournant et y déposait des sables qui recouvrent les blocs calcaires jusqu'à une certaine élévation.

Mais à quelle hauteur les eaux sont-elles arrivées contre le monticule de Veirier? Il est assez difficile de faire une réponse précise à cette question, parce qu'elle se rattache à celle du niveau des eaux dans le bassin du Léman à l'époque de l'alluvion des terrasses. L'homme n'a probablement pas habité le monticule de Veirier au moment de la plus grande hauteur des eaux de cette époque, il n'est venu que lorsque celles-ci s'étaient abaissées; mais on peut être certain que les eaux se sont élevées au moins à 38 ou 40 mètres au-dessus du niveau actuel de l'Arve (en admettant 393 mètres au-dessus de la mer

pour ce dernier), et les débris de l'homme et du renne sont à 42 mètres environ.

On pourrait supposer que l'homme ne s'est établi sur le monticule de Veirier qu'à une époque où les eaux étaient à peu près à leur niveau actuel. Je ne le crois pas, et je pense qu'à l'âge du renne, qui n'est qu'une subdivision de l'époque de l'alluvion des terrasses, et pendant que le monticule de Veirier était habité, les eaux de notre pays étaient plus élevées qu'elles ne le sont maintenant : la position des ossements de renne trouvés en Suisse dans le terrain quaternaire le prouve. Ces ossements n'ont été recueillis que dans cinq localités ; ce nombre est petit, mais le niveau des gisements est important à noter. Tous sont dans l'alluvion des terrasses, trois sur les bords du lac de Genève, l'un au village de Saint-Prex à 25 mètres au-dessus du niveau du lac, l'autre près de Lutry au même niveau, et le troisième près de Cully à 22 mètres.

Dans le reste de la Suisse on n'a trouvé des ossements de renne dans l'alluvion des terrasses qu'à Meilen sur les bords du lac de Zurich et à Windisch sur les bords de la Reuss. Je n'ai pas de détails sur le premier de ces gisements, mais, dans le second, les débris de renne étaient à 20 ou 25 mètres au-dessus de la rivière, d'après ce que M. Rutimeyer a bien voulu m'apprendre.

Le renne vivait donc dans notre pays pendant que les eaux déposaient des graviers à 25 mètres au-dessus du niveau actuel des lacs et des rivières, et quoiqu'on n'ait pas encore trouvé de trace d'homme dans les alluvions des terrasses à 25 mètres au-dessus des eaux actuelles, il est très-probable que l'homme, qui est apparu sur la terre pendant l'époque de cette alluvion, au moins dans nos

régions, comme je l'ai dit dans mes *Recherches géologiques*, a vécu à l'époque du renne, sur le monticule de Veirier, pendant que l'Arve en arrosait les talus et permettait aux habitants de se livrer à la pêche sans s'éloigner de leurs demeures.

Les éboulements de Veirier sont formés par de gros rochers calcaires laissant entre eux des anfractuosités ou espèces de cavernes, qui pouvaient servir d'habitations, de réduits pour des provisions lorsque leur ouverture était latérale, ou de fosse pour jeter des *débris de cuisine*, lorsque l'ouverture était à la partie supérieure.

La cavité où l'on a dernièrement trouvé des ossements, quoique formée par deux gros rochers, était, avant les travaux que l'on vient d'y pratiquer, remplie de quelques gros blocs et d'un *caillouti* très-compacte, et l'on a pu recueillir aussi des ossements dans ce même *caillouti*, dans des endroits où il semble qu'il n'y a jamais eu ni gros rocher, ni caverne. Presque toujours les ossements sont associés à une terre noire, qui doit probablement sa couleur à la décomposition des matières animales.

Le monticule formé par les éboulements est largement exploité depuis longtemps, en sorte qu'on ne peut douter de la destruction de beaucoup de choses curieuses. La preuve en est que dernièrement on a ramassé, à la surface des déblais tirés des carrières, un assez grand nombre de silex taillés à éclats et d'ossements dont quelques-uns étaient travaillés. Dans ce même monticule, M. W. Deluc avait trouvé, il y a une trentaine d'années, un foyer où il y avait du charbon, des ossements et du noir de fumée attaché aux rochers. C'est là que MM. Taillefer et Mayor avaient fait des observations dont vous avez parlé; et je dois à l'obligeance de M. le Dr H. Gosse la liste sui-

vante des objets que ces messieurs ont recueillis, et qui sont conservés au musée de Genève.

Ce sont des silex taillés à éclats, en général de petites dimensions, et qu'on peut nommer grattoirs, couteaux et pointes de flèche. Un instrument en pierre tendre ayant la forme d'une petite hache. Des os travaillés ayant la forme de spatules, de poinçons, d'aiguilles et de pointes de flèche barbelées. Un os travaillé ayant à peu près la forme d'un poignard. Un petit os percé et travaillé. Un os percé et travaillé de 0<sup>m</sup>,25 de longueur. Sur ce dernier on a observé depuis peu de jours un dessin représentant un animal assez mal figuré. Il y a environ une trentaine d'années que l'on a trouvé cet os gravé, et si l'on avait su y voir à cette époque le dessin de cet animal, cet os aurait peut-être été le premier de son espèce : toutes les belles découvertes faites en France n'ayant pas encore eu lieu.

En faisant une course à Veirier avec des jeunes gens à la fin du mois de septembre dernier, je leur expliquai la découverte de M. Taillefer : des ouvriers qui étaient près de nous, nous indiquèrent une carrière dans laquelle les ossements étaient abondants ; j'y trouvai aussitôt deux silex taillés à éclats semblables à des pointes de flèches et j'attachai, comme vous pouvez le comprendre, une grande importance à cette trouvaille. Je retournai plusieurs fois à cette carrière et formai la petite collection dont je vais vous parler. Depuis lors, j'ai appris que M. le D<sup>r</sup> Gosse connaissait ce gisement<sup>1</sup> ; maintenant il est exploité par M. Thioly<sup>2</sup> ; mais on trouve encore des ossements et des

<sup>1</sup> Il prépare un mémoire sur ce sujet. Voyez aussi *Matériaux pour servir à l'histoire primitive de l'homme*, par G. de Mortillet. Janvier 1868, page 4.

<sup>2</sup> *Revue savoisiennne*, 1868.

silex dans d'autres parties de l'éboulement. Les ossements que j'ai recueillis ont été examinés par M. le professeur Rutimeyer de Bâle, et voici un extrait de la lettre qu'il a eu l'obligeance de m'écrire à ce sujet. M. Rutimeyer a reconnu des ossements appartenant aux espèces suivantes :

1° *Equus caballus*, cheval ordinaire différent de l'*Equus fossilis* de certaines localités d'âge semblable à la station de Veirier. Race de grandeur moyenne.

2° *Bœuf*, représenté par : a) une phalange du pied de devant, d'une grandeur telle que M. Rutimeyer l'attribue, mais avec hésitation, au *Bos primigenius*; b) fragment de tête et une dent molaire d'un Bœuf très-grand, mais qui reste pourtant dans les dimensions acquises par le bœuf domestique, *Bos taurus*; c) un fragment de tibia d'un petit animal de la même espèce.

3° *Cerf*. Quelques ossements et une série dentaire presque entière d'un cerf (*Cervus elaphus*), de très-grande taille, telle que M. Rutimeyer n'en a guère rencontré parmi les exemplaires parfois presque gigantesques des habitations lacustres. On ne peut comparer ces dents qu'à celles du *Cervus megaceros* de l'Irlande, qui ne dépassent guère les dimensions des dents de Veirier. Cependant, à moins que des restes de bois du *Cervus megaceros* ne soient trouvés plus tard, M. Rutimeyer est disposé à les attribuer au cerf ordinaire.

4° *Le Renne*, *Cervus tarandus*, c'est l'espèce la plus amplement représentée après le cheval dans ma petite collection. M. Rutimeyer n'a pu déterminer tous les os avec exactitude, parce qu'il n'a pas de squelette de renne à sa disposition; mais le grand nombre des dents suffit pour démontrer la présence fréquente de cet animal à Veirier.

rier. M. Rutimeyer attribue aussi au Renne un morceau de bois de cerf travaillé que je lui ai envoyé.

5° *Le Lièvre des Alpes, Lepus variabilis*, une mâchoire inférieure et quelques ossements qui ne laissent pas de doute sur le fait de la présence, à Veirier, du lièvre des Alpes et non du lièvre commun.

6° *Le Lapin, Lepus cuniculus*, quelques fragments d'os.

7° *La Marmotte, Arctomys marmotta*, une dent.

8° *Le Blaireau, Meles taxus*, un humérus.

9° *Le Ptarmigan, Tetrao Lagopus*, beaucoup d'os, se rapportant au moins à cinq individus.

10° Quelques pièces mal conservées se rapportant au Mouton ou au Bouquetin.

11° *L'Homme*, quelques fragments de l'Homme adulte et deux morceaux du crâne d'un enfant nouveau-né ou âgé au plus de quelques mois. L'un de ces fragments a été perforé très-probablement par un insecte.

M. Rutimeyer termine sa lettre en me disant que parmi les cinquante caisses avec ossements de localités suisses qu'il a examinées, aucune ne lui a offert un aussi grand intérêt que ma petite boîte.

Avec les ossements ci-dessus, j'ai recueilli :

1° Environ trois douzaines de silex taillés à éclats, les uns noirs, les autres blonds, et d'autres altérés à la surface. Ils sont d'une petite dimension, et servaient probablement de couteaux, de grattoirs ou de pointes de flèche.

2° Une espèce de spatule en os.

3° Un poinçon ou aiguille.

4° Une plaque en os travaillé, portant à sa surface quelques raies irrégulières.

5° Un cailloux ovoïde de grès.

6° Beaucoup de petits morceaux de charbon.

M. Thioly a récolté une très-grande quantité de silex taillés à éclats (*nuclei*, grattoirs, couteaux, pointes de flèche), ainsi que des ossements de renne et d'autres animaux dont l'examen fournira, sans doute, des résultats intéressants. M. Thioly possède aussi beaucoup d'os travaillés, les uns portent des rainures, d'autres sont évidés ou coupés de manière à présenter un demi-cylindre, à l'une de leurs extrémités ils sont coupés en biseaux et usés; il est assez probable qu'ils pouvaient servir de cuillers, lorsqu'on fermait l'extrémité opposée à celle qui est usée. M. Thioly possède encore des spatules, des poinçons, des aiguilles, des coquilles de pectoncles perforées.

Mais la pièce la plus remarquable est un os d'environ 18 centimètres de longueur, percé d'un trou à l'une de ses extrémités. Il porte d'un côté une gravure qui représente probablement une plante, elle consiste en une ligne droite de laquelle partent d'autres lignes sur lesquelles sont placés des losanges; de l'autre côté de ce même os, on reconnaît un dessin représentant un animal dont on voit nettement les jambes et une partie du corps; la tête est assez effacée, mais des lignes recourbées, qui partent de celle-ci et qui se rapprochent du dos, donnent à ce dessin du rapport avec un bouquetin. Vous remarquerez, Monsieur, que M. Rutimeyer, qui n'avait pas connaissance de ce dessin, a parlé de la présence probable des ossements de bouquetin à Veirier.

Tels sont, Monsieur, les faits que je tenais à vous faire connaître, ils m'ont paru dignes d'attention sous plusieurs rapports, surtout en ce qu'ils étendent jusque très-près des Alpes la région occupée par les hommes à l'âge du renne, mais je n'ose en tirer d'autres conséquences, et je

préfère vous en confier le soin, à vous, Monsieur, qui avez fait de si beaux travaux pour préciser les diverses époques de l'âge de la pierre.

Veuillez agréer, Monsieur, etc.

Dans une lettre que M. Lartet a bien voulu nous adresser en réponse à notre communication, nous trouvons l'indication de quelques faits qui, sans aucun doute, intéresseront vivement nos lecteurs.

Les observations faites à Veirier semblent importantes à M. Lartet, en ce qu'elles permettent de préciser les relations chronologiques entre une station de l'âge du renne *prédominant* et les hauts niveaux de nos grandes alluvions.

La faune et les objets d'art ou d'industrie recueillis à Veirier paraissent, aux yeux du savant paléontologiste français, de même âge que ceux de plusieurs stations du Périgord, nommées de seconde époque, où dominant le renne, le cheval, où l'on trouve le bouquetin de même espèce que celui des Alpes, et une industrie avancée et spéciale de bois d'animaux façonnés en outils ou ornés de dessins d'animaux.

« Dernièrement, ajoute M. Lartet, plusieurs savants  
« distingués ont pensé que le renne avait dû persister  
« dans l'Europe occidentale jusqu'à des temps fort rap-  
« prochés de notre époque; mais ils n'ont pas toujours  
« appuyé leurs assertions par des preuves irréfragables.  
« Ainsi, après M. Hibbert, M. Brandt de St-Petersbourg  
« et M. Boyd-Dawkins (*Popular scientific review. January*  
« 1868) ont admis que le renne était encore chassé,  
« dans le district de Caithness en Écosse, vers le milieu

« du douzième siècle; mais cette évidence ne repose que  
« sur l'emploi de noms de bêtes très-équivoques qui se  
« trouvent inscrits dans une Saga. D'autres savants ont  
« écrit que, vers la fin de la domination romaine dans les  
« Gaules, on faisait venir d'Angleterre des chiens spécia-  
« lement dressés à la chasse du renne. Le savant profes-  
« seur de la Sorbonne, M. Gervais, a plusieurs fois ex-  
« primé l'opinion que le renne, *domestiqué et mangé* dans  
« nos cavernes, pouvait avoir été amené par des Finnois,  
« et, plus récemment encore, M. Van Beneden, dans son  
« rapport sur les collections polytechniques de l'Univer-  
« sité de Louvain, vient d'imprimer que *le renne* (celui  
« de nos cavernes de Belgique et de France) *n'était pas*  
« *plus que le cheval un animal sauvage des forêts de cette*  
« *époque, l'un et l'autre avaient été amenés de l'Asie, et si*  
« *le Lapon a abandonné le cheval, c'est, sans doute, qu'il*  
« *n'a pu le garder à cause du manque de nourriture.*

« Ce qui me paraît mieux démontré et par des éviden-  
« ces plus directes, dit encore M. Lartet, c'est que le  
« renne aurait pu émigrer graduellement vers le nord, et  
« par étapes successives; ainsi, ses restes ont été obser-  
« vés dans les tourbières de la Poméranie, plus récentes  
« probablement que nos dépôts des cavernes, et, d'après  
« M. Grewink, son existence aurait pu se prolonger dans  
« la Livonie jusqu'au dixième ou au quinzième siècle de  
« notre ère. »

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

### A. KUNDT. DE LA VITESSE DU SON DANS DES TUYAUX <sup>1</sup>.

Les *Archives* ont donné dans leur numéro de mars 1867 un mémoire de M. Kundt sur de nouvelles figures acoustiques produites par la vibration de l'air ou d'un gaz quelconque dans l'intérieur d'un tuyau fermé mis lui-même en vibration, et sur une application de ces figures à la mesure de la vitesse du son dans ces différents gaz. Cette vitesse lui était donnée par le rapport des longueurs d'onde correspondantes au même son dans ces différents gaz et dans l'air.

Ayant voulu plus tard appliquer cette méthode, M. Kundt arriva à des résultats fort peu concordants, et cela malgré les précautions les plus minutieuses pour avoir des gaz parfaitement purs et secs. Il fut donc amené à chercher la source d'erreur qui devait se trouver dans ses expériences, et cela d'autant plus qu'il reconnut tout d'abord que ces irrégularités ne tenaient pas à sa méthode, mais qu'elles étaient inhérentes à la propagation du son dans des tuyaux.

De là une étude faite par M. Kundt des différentes circonstances qui peuvent influer sur la vitesse de propagation du son dans des tuyaux, étude dont voici les résultats :

1° La vitesse de propagation du son dans un tuyau diminue avec le diamètre de ce tuyau. Cette diminution ne devient sensible cependant qu'à partir d'un certain diamètre, au delà de cette limite et dans tous les tuyaux plus larges, la vitesse du son demeure invariable. Cette diminution de la

<sup>1</sup> *Monatsberichte der königl. Acad. der Wissenschaften zu Berlin*, 19 Décembre 1867.

vitesse du son est parfois déjà sensible, quand le diamètre du tube est égal au quart de la longueur d'onde du son rendu.

2° Cette diminution de la vitesse du son dans des tuyaux pleins d'air croît avec la longueur d'onde du son employé.

3° Une poudre fine répandue dans l'intérieur du tube est sans action sur la vitesse du son dans le cas d'un tube large, mais dans un tube étroit elle diminue d'autant plus la vitesse du son que sa masse est plus considérable. La diminution provenant de cette cause peut aller jusqu'à 10 mètres.

4° L'influence de cette poudre est d'autant plus grande qu'elle est plus fine, et qu'elle se trouve par là entraînée plus violemment dans le mouvement de l'air, comme l'acide silicique provenant de la silice gélatineuse.

5° Si l'intérieur du tube est dépoli, ou que l'on y introduise une paroi rugueuse telle qu'une feuille de papier ou une feuille métallique, la vitesse du son en sera sensiblement diminuée dans des tubes étroits et cela plus que par le simple fait de la diminution de section provenant de l'introduction de cette paroi. En revanche le plus ou moins de rugosité de la surface intérieure n'influe pas sur la vitesse du son dans des tubes larges.

6° Enfin la vitesse du son dans des tuyaux ne dépend pas de l'intensité de ce son.

En résumé la vitesse du son est invariable pour un même gaz dans des tuyaux suffisamment larges, mais elle varie avec différentes causes dans des tuyaux étroits. Or, c'est dans cette dernière catégorie qu'il faut ranger tous les tuyaux employés dans les instruments de musique, car dans tous ces tuyaux le rapport du diamètre de la colonne vibrante à la longueur d'onde du son rendu, est très-faible. Dulong avait déjà remarqué que la mesure de la vitesse du son dans des tuyaux sonores donne toujours des résultats trop faibles, sans pour cela attribuer cet effet à l'action des parois.

Étant donné cette variation de la vitesse du son dans des tuyaux, on peut l'expliquer de deux manières :

On peut d'abord l'attribuer au frottement ; et pourtant on sait que dans l'air libre le frottement de l'air sur lui-même ne retarde aucunement la vitesse du son. Il est donc probable que, tandis que l'amplitude du son dans l'intérieur d'un tube est diminuée par le frottement provenant de la plus grande densité de l'air contre les parois sa vitesse reste invariable. Cependant il n'est pas prouvé en toute rigueur que le frottement n'influe pas sur la vitesse du son dans l'intérieur d'un tuyau.

En revanche, il est plus probable, selon M. Kundt, que l'on doit attribuer les effets en question à la chaleur échangée à chaque instant entre l'air en vibration et les parois du tube. A chaque compression de l'air il y a production d'une certaine quantité de chaleur dont une partie est cédée aux parois et que celles-ci restituent lors de la dilatation. Or, dans cet échange, il y a nécessairement déperdition de chaleur et par conséquent diminution dans la vitesse de propagation du son.

Comme toutes les circonstances, qui augmentent la surface de la colonne d'air vibrante par rapport à son volume, facilitent cette communication de la chaleur de l'air au tube, il est clair que, s'il y a réellement une semblable communication de chaleur, la diminution dans la vitesse du son devra être d'autant plus grande que le tube est plus étroit, et que sa surface intérieure est plus inégale. De même une poudre répandue dans son intérieur devra agir d'autant plus que le tube sera plus étroit et qu'elle sera elle-même plus fine. Enfin, plus est grande la longueur d'onde du son rendu et avec elle la durée d'une vibration, plus sera grande la déperdition de chaleur qui se produit pendant cette durée ; la diminution dans la vitesse de propagation du son doit donc croître avec la longueur d'onde du son rendu.

Malgré cela, la méthode indiquée dans le précédent mémoire de M. Kundt pour la mesure de la vitesse du son dans les gaz pourra encore être employée, et avec une

grande exactitude, à condition de prendre des tubes suffisamment larges.

Après cette première série de recherches, l'auteur s'est encore imposé la tâche de faire à l'aide de sa méthode une double vérification, et il a reconnu premièrement, que la vitesse du son est bien la même à toutes les pressions; secondement, que la variation qu'elle subit par la température est bien rendue par le facteur  $\sqrt{1+\alpha t}$  et cela dans des limites plus étendues qu'on n'avait pu le faire jusque-là avec les anciennes méthodes.

Il mesura la vitesse du son dans l'air à différentes pressions comprises entre 400<sup>mm</sup> et 1760<sup>mm</sup> dans des tubes larges. Entre ces limites, comprenant presque deux atmosphères, la vitesse du son est toujours restée constante.

Dans des tubes étroits la vitesse du son croît avec la pression de l'air, ce que l'auteur s'explique par le fait que l'air plus dense ne perd pas une aussi grande proportion de la chaleur produite dans ses vibrations que l'air moins dense.

M. Kundt donne ensuite le résultat de la mesure comparative de la vitesse du son à différentes températures. Étant admis que la vitesse du son à 0° est 332<sup>m</sup>,8, il obtint comme moyenne de sept expériences pour la vitesse du son à 100° 388<sup>m</sup>,99. Or, la formule théorique  $332,8\sqrt{+1100\alpha}$  ( $\alpha=0,003665$ ) donne pour vitesse du son à 100° 389<sup>m</sup>,03. D'où il résulte que la formule est bien l'expression exacte de l'augmentation que subit la vitesse du son avec la température au moins jusqu'à 100°.

Ce fait étant constaté, on peut au contraire de la mesure de la vitesse du son à 100° déduire la mesure du coefficient de dilatation de l'air. De la moyenne des sept observations ci-dessus, M. Kundt a déduit:

$$\alpha = 0,003662.$$

Il suit de tout ce qui précède que, malgré les variations de la vitesse du son dans des tubes étroits, la méthode indiquée doit, avec les précautions nécessaires, donner des résultats

très-exacts, et que l'on pourra avantageusement en faire l'application à la mesure de la vitesse du son dans les différents gaz.

E. S.

### CHIMIE.

D<sup>r</sup> E. DRECHSEL. RÉDUCTION DE L'ACIDE CARBONIQUE EN ACIDE OXALIQUE. (*Zeitschrift für Chemie*, IV, 120; 1868, 4<sup>m</sup>e cahier.)

En 1861, MM. Kolbe et Schmitt avaient réalisé la synthèse de l'acide formique en faisant réagir de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau tiède sur du potassium en lames minces :

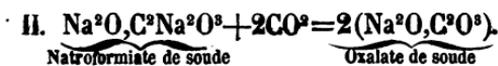
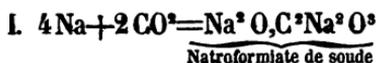


Depuis lors, M. Kolbe a fait tenter dans son laboratoire de nombreux essais en vue de transformer l'acide carbonique en acide oxalique. M. Drechsel est enfin arrivé au résultat désiré; voici comment: On introduit dans un ballon d'une capacité de 200 cent. cubes environ, 10 à 15 grammes de sodium en morceaux, bien dépouillé de sa croûte extérieure et une quantité suffisante de sable quartzeux bien pur et sec; puis on y fait passer un courant rapide de gaz acide carbonique sec et l'on chauffe sur un bain de sable. Aussitôt que le sodium est fondu, on le brasse avec une baguette en verre recourbée, de manière à le mélanger avec le sable, ce qui produit une bouillie semi-fluide, d'un éclat argenté. A une température voisine du point d'ébullition du mercure, le sodium devient rouge-pourpre; à partir de ce moment-là on doit le remuer avec soin, jusqu'à ce que le contenu du ballon soit transformé en une masse pulvérulente, foncée, qui ne possède plus que sur quelques points l'éclat métallique. Il faut soigneusement éviter de chauffer trop fort à la fin, sinon la masse prend feu et brûle complètement. Le résidu refroidi est ensuite étendu sur une assiette plate pour que les dernières portions de sodium inattaquées puissent s'oxyder à la longue, puis on le traite par l'eau, on le neutralise au

moyen de l'acide acétique, on le filtre pour le précipiter par le chlorure de calcium. Le précipité ordinairement un peu coloré se purifie par des dissolutions dans l'acide chlorhydrique, etc. 60 grammes de sodium ont fourni ainsi 6 grammes d'oxalate de chaux.

On peut remplacer le sodium par un alliage de sodium et de potassium ou par un amalgame de ce dernier métal qu'il faut chauffer alors jusqu'à l'ébullition pendant que l'on y fait passer rapidement le courant d'acide carbonique. Ce dernier procédé paraît donner un rendement plus fort que les autres.

La formation de l'acide oxalique par les métaux alcalins et l'acide carbonique, est analogue à celle de l'acide acétique par le méthyle-sodium et l'acide carbonique. La réaction s'effectue donc probablement en deux phases.



M. D.

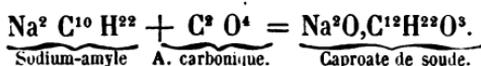
A. WANKLYN et R. SCHENK. SYNTHÈSE DE L'ACIDE CAPROÏQUE.  
(*Journ. of the Chemical Society*, (2) VI, 31, janvier 1868.)

L'acide carbonique attaque le sodium-éthyle et le sodium-méthyle en formant respectivement du propionate et de l'acétate de soude. Il a semblé désirable aux auteurs d'obtenir une réaction parallèle avec des termes plus élevés de la série. Ils ont choisi le groupe amylique dans ce but.

Du mercure-amyle fut préparé au moyen de l'iodure d'amyle et de l'amalgame de sodium faible. Ce mercure-amyle fut transformé en zinc-amyle par digestion avec du zinc. Le zinc-amyle obtenu ayant été chauffé au bain-marie avec du sodium métallique, dans un tube scellé, donna du sodium-amyle avec précipitation de zinc.

En faisant passer de l'acide carbonique dans le sodium-amyle, les auteurs constatèrent un dégagement de chaleur ; le résidu de l'opération, desséché au bain-marie, puis distillé avec de l'acide sulfurique affaibli, laissa passer dans le récipient un liquide oléagineux doué de l'odeur de l'acide caproïque. Combiné avec la baryte, cet acide donna un sel dont l'analyse conduit à la composition du caproate de baryte ; le sel d'argent fournit également la quantité calculée d'argent.

La réaction de l'acide carbonique sur le sodium-amyle s'exprime par la formule suivante :



M. D.

- 
- E. LINNEMANN. SUR LA TRANSFORMATION DES AMMINES DANS L'ALCOOL MONOATOMIQUE DONT ELLES CONTIENNENT L'HYDROCARBURE. (*Ann. der Chemie und Pharm.*, tome 144, p. 128.)

Comme tous les chimistes le savent, la dissolution de nitrite d'ammoniaque se décompose à l'ébullition en eau et en azote. Dans les mêmes conditions, les nitrites des monamines produisent de l'eau, de l'azote et l'alcool qui correspond à l'hydro-carbure substitué à de l'hydrogène dans l'amine. M. Linnemann s'est assuré du fait en ayant soin de faire passer l'azote qui se dégagait à travers de longs tubes remplis de pierre ponce et refroidis. La solution de nitrite doit être faiblement acidulée. Dans la décomposition du sel d'éthylamine, il s'est produit accessoirement un liquide jaune pâle, odorant, bouillant à 170-172, non-alcalin, ayant pour formule  $\text{Az}^2 \text{C}^4 \text{H}^{10} \text{O}$ .

M. D.

## MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

Suess. SUR L'ÉQUIVALENT DU ROTHLIEGENDE DANS LES ALPES  
MÉRIDIONALES <sup>1</sup>.

M. Suess s'est occupé des dépôts sédimentaires compris entre le calcaire carbonifère et les schistes de Werfen (grès bigarré) dans les Alpes méridionales, et il a proposé pour ces terrains une nouvelle classification. Ses belles recherches l'ont amené à ranger dans le terrain permien des formations que, jusqu'à aujourd'hui, on rattachait tantôt au terrain carbonifère, tantôt au terrain triasique.

A la base des grès bigarrés se trouve le grès de Grédina qui ne contient pas de fossiles et qui constitue la partie supérieure du Rothliegende. Ce grès repose sur des couches de natures diverses, mais toujours caractérisées par la présence du mercure. Le savant professeur de Vienne les considère comme la partie supérieure du terrain permien. Dans le Tyrol méridional elles sont formées de verrucano associé à des roches talqueuses et à des porphyres quartzifères ; en Carinthie, de calcaires calcifères ; plus à l'est, de serpentine, et en Carniole, de calcaires purs, stratifiés en couches minces. Les gisements de mercure de Carinthie et ceux de Vall'Alta, près d'Idria, appartiennent à cet horizon géologique. Il se prolonge hors des Alpes, dans le Palatinat, par exemple, et il y renferme d'importantes exploitations de ce métal.

Sous ce terrain, on reconnaît une puissante masse de schistes qui présentent souvent une texture cristalline (schistes micacés de Recoaro, de Trente, du Val Sugana). Ils forment une longue zone qui traverse la Carinthie et prend en Carniole un grand développement. Ils sont riches en minerais de cuivre, de galène, de fer, etc., et sont la prolongation des schistes de Casanna des Grisons. M. Suess y a recueilli l'*Odontopteris obtusiloba* Naum., le *Calamites gigas* Brong.,

<sup>1</sup> Sitzungsber. Wien. Acad. 18 janvier 1868.

deux plantes qui appartiennent au Rothliegende, et l'*Alethopteris aquilina* qui caractérise les couches supérieures du terrain houiller. Ces fossiles fixent donc l'âge des schistes de Casanna.

En Carinthie, ces schistes sont surmontés de masses puissantes de granit et de porphyre syénitique qui, d'après M. Suess, appartiendraient par conséquent au Rothliegende. Il ne serait pas impossible que plusieurs des masses granitiques des Alpes, celle de la Cima d'Asta en particulier, fussent de cette époque.

Telle est la série des formations que M. Suess a reconnue dans les Alpes méridionales : cette classification est un important progrès dans la géologie de cette région. On ne trouve pas dans les Alpes occidentales le calcaire carbonifère supérieur, mais on recueillera peut-être dans cette région des fossiles qui permettront de constater la présence du terrain permien avec plus de certitude qu'elle ne l'a été jusqu'ici.

E. F.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1868.

Le 1<sup>er</sup>, forte gelée blanche le matin; couronne lunaire dans la soirée.

- |   |     |  |
|---|-----|--|
| 3 | id. | id.  |
| 6 | id. | hâle très-prononcé toute la journée.   |
| 7 | id. | hâle dans la matinée; depuis 10 h. du soir,<br>couronne lunaire et halo lunaire. |
- 8, de 3 h.  $\frac{3}{4}$  à 4 h.  $\frac{1}{4}$ , on voit le parhélie à l'est du soleil; il est très-brillant et coloré. Couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.
- 9, forte bise depuis midi jusque dans la nuit.
- 10, la lumière zodiacale a été très-visible jusqu'à 7 h. du soir, mais faible depuis.
- 11, gelée blanche; faible lumière zodiacale dans la soirée.
- 12 id. assez forte bise depuis midi jusqu'avant dans la nuit; belle lumière zodiacale toute la soirée, visible jusqu'après 10 h.
- 13, lumière zodiacale assez brillante au commencement de la soirée.
- 14, gelée blanche, hâle toute la journée, très-intense dans la matinée; belle lumière zodiacale toute la soirée.
- 15, gelée blanche, hâle tout le jour. Très-belle lumière zodiacale toute la soirée, visible jusqu'à 10 h.
- 16, forte gelée blanche; couronne solaire de 7 h.  $\frac{3}{4}$  à 8 h.  $\frac{1}{2}$ . Belle lumière zodiacale toute la soirée; entre 7 et 8 h. elle s'étend jusque près de la voielactée, qu'elle surpasse en éclat; à 10 h.  $\frac{1}{2}$  elle est encore visible.
- 17, faible lumière zodiacale toute la soirée.

- Le 18, gelée blanche, hâle toute la journée. Lumière zodiacale assez brillante jusqu'à 7 h.  $\frac{1}{2}$ .
- 19, gelée blanche; hâle toute la matinée. Lumière zodiacale toute la soirée; à 8 h. elle s'étend au delà des Pléiades, et surpasse la voie lactée en éclat.
- 23, pluie mêlée de quelques flocons de neige; la neige a pris pied jusqu'à mi-hauteur du Salève.
- 25, lumière zodiacale dans la soirée.
- 27, hâle dans la matinée. La lumière zodiacale est assez visible dans la soirée, malgré la lune.
- 28, gelée blanche; couronne solaire de 7 h. à 10 h.  $\frac{1}{2}$ ; halo solaire de 11 h. à midi et demi; faible lumière zodiacale dans la soirée.
- 29, gelée blanche; couronne lunaire depuis 8 h.  $\frac{1}{2}$ .

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 5 à 9 h. matin.....	742,70	Le 1 à 4 h. soir.....	728,45
10 à 11 h. $\frac{1}{4}$ matin.....	742,84	8 à 5 h. soir.....	723,82
17 à 10 h. matin.....	736,69	15 à 4 h. soir.....	730,75
21 à 10 h. matin.....	732,84	19 à 4 h. soir.....	726,81
25 à 10 h. matin.....	739,07	22 à 10 h. soir.....	726,09

GENÈVE. — FÉVRIER 1868.

Jours de mois.	Baromètre.			Température C.			Tension de la vap.			Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige.			Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhodan.		Linnéaire
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	millim.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nombre.		Vent dominant.	Midi.		Écart avec la temp. normale.	cm
1	730,14	+2,88	4,88	+4,71	3,0	+12,4	3,72	-0,52	598	-255	350	890	..	3	OSO.	4,7	0,0	78	
2	731,22	+4,00	6,90	+6,70	4,0	+12,0	5,96	+1,71	816	-36	640	940	0,3	2	S.	4,9	0,2	79	
3	731,42	+4,26	8,13	+7,86	3,1	+14,0	5,99	+1,73	742	-108	530	850	0,3	2	SO.	4,9	0,2	79	
4	737,95	+10,85	3,41	+3,07	0,5	+10,1	3,06	-1,20	557	-291	360	720	..	..	NNE.	5,1	0,4	80	
5	740,91	+13,86	0,57	-0,98	4,8	+4,5	3,32	-0,75	812	-33	370	1000	..	..	SSO.	4,9	0,2	80	
6	736,15	+9,16	0,47	-0,95	5,0	+5,7	3,54	-0,74	819	-24	490	1000	..	..	variable	5,0	0,2	77	
7	729,85	+2,92	1,06	+0,51	4,9	+8,5	3,65	-0,64	749	-92	500	1000	..	..	SSO.	4,9	0,2	77	
8	724,97	+1,90	4,26	+3,63	0,5	+9,8	3,97	-0,33	665	-174	410	800	..	..	variable	4,9	0,2	78	
9	732,66	+5,85	1,27	-0,56	4,5	+4,9	3,83	-0,48	775	-62	600	940	..	..	NNE.	4,4	0,4	78	
10	741,77	+15,03	0,29	-1,08	3,5	+4,6	3,24	-1,08	742	-94	510	900	..	..	variable	4,4	0,4	78	
11	739,02	+12,34	1,40	+0,52	4,7	+11,3	4,03	-0,30	786	-49	540	940	..	..	variable	4,7	0,1	78	
12	735,65	+9,04	2,68	-1,71	2,8	+7,8	3,61	-0,73	675	-158	400	950	..	..	NNE.	5,0	0,2	78	
13	732,89	+6,34	1,85	-0,79	2,4	+6,5	3,37	-0,68	714	-117	520	900	..	..	variable	5,0	0,2	78	
14	732,18	+5,70	0,46	-0,69	4,6	+8,0	3,81	-0,55	811	-18	520	970	..	..	N.	5,1	0,2	78	
15	731,26	+4,84	1,01	-0,23	4,7	+8,0	4,22	-0,15	854	+27	550	1000	..	..	variable	5,2	0,3	78	
16	735,46	+9,09	2,55	+1,22	3,7	+7,8	3,85	-0,72	679	-145	480	1000	..	..	variable	5,2	0,3	78	
17	736,01	+9,70	1,07	-0,36	3,1	+5,9	3,59	-0,79	744	-78	500	900	..	..	NNE.	5,2	0,3	80	
18	734,38	+8,12	2,25	+0,72	4,5	+11,4	4,15	-0,23	781	-38	400	1000	..	..	variable	5,4	0,4	78	
19	727,89	+1,68	3,11	-1,48	4,0	+11,0	3,89	-0,50	701	-115	390	1000	..	..	variable	5,4	0,4	77	
20	730,89	+4,74	4,98	-3,25	1,2	+10,8	4,41	+0,02	691	-123	500	750	..	..	SSO.	5,5	0,5	77	
21	731,75	+5,65	4,16	-2,33	0,3	+7,5	4,03	-0,37	674	-137	480	840	..	..	S.	5,5	0,5	77	
22	728,10	+2,05	5,92	+3,98	1,2	+12,2	4,72	+0,31	689	-119	450	860	..	..	SSO.	5,8	0,7	78	
23	728,31	+2,31	3,09	-1,04	1,7	+7,2	4,50	+0,08	808	-73	570	880	2,9	5	NNE.	5,7	0,5	77	
24	736,06	+10,12	3,76	+1,60	1,8	+6,7	4,24	-0,19	730	-30	570	960	..	..	N.	5,9	0,7	77	
25	738,27	+12,38	4,83	+2,56	2,2	+9,0	4,86	+0,42	771	-30	630	960	..	..	N.	6,0	0,8	77	
26	736,50	+10,67	6,19	+3,81	1,4	+10,4	5,63	+1,18	801	+26	530	840	..	..	variable	6,1	0,8	75	
27	731,76	+5,98	6,43	+3,94	1,9	+17,1	5,87	+1,41	821	-67	500	970	..	..	N.	6,3	1,0	74	
28	739,54	+3,82	4,98	+2,38	0,7	+14,8	4,64	+0,17	726	-149	410	960	..	..	SSO.	6,4	1,0	73	
29	728,11	+2,44	8,16	+5,45	0,3	+15,4	5,12	+0,64	641	-149	410	960	..	..	SSO.	6,4	1,0	73	

## MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	733,67	734,24	734,51	734,08	733,28	733,20	733,61	734,02	734,41
2 <sup>e</sup> " "	734,15	734,49	734,37	733,86	733,08	732,72	732,95	733,21	733,22
3 <sup>e</sup> " "	732,54	732,90	733,03	732,49	731,54	731,14	731,31	731,53	731,46
Mois	733,49	733,91	734,00	733,51	732,66	732,40	732,67	732,96	733,08

### Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	— 0,29	— 0,12	+ 3,11	+ 6,17	+ 7,40	+ 6,64	+ 4,19	+ 2,89	+ 2,38
2 <sup>e</sup> " "	— 2,47	— 1,87	+ 2,95	+ 5,54	+ 7,27	+ 7,24	+ 4,71	+ 2,73	+ 1,27
3 <sup>e</sup> " "	+ 1,83	+ 2,38	+ 6,06	+ 8,48	+ 9,22	+ 8,58	+ 7,01	+ 6,11	+ 4,74
Mois	— 0,39	+ 0,05	+ 3,97	+ 6,67	+ 7,92	+ 7,45	+ 5,24	+ 3,83	+ 2,73

### Tension de la vapeur.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	3,88	3,99	4,20	4,15	4,04	3,99	4,18	4,12	4,12
2 <sup>e</sup> " "	3,53	3,65	3,81	4,03	3,97	3,95	4,26	4,24	3,94
3 <sup>e</sup> " "	4,57	4,59	4,96	4,84	4,88	4,84	5,10	5,04	5,05
Mois	3,97	4,06	4,30	4,32	4,28	4,24	4,49	4,45	4,35

### Fraction de saturation en millimètres.

1 <sup>re</sup> décade	862	866	722	575	517	538	670	729	757
2 <sup>e</sup> " "	930	914	675	594	522	527	668	765	786
3 <sup>e</sup> " "	878	838	709	589	566	584	679	717	791
Mois	890	874	702	586	534	549	672	737	778

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	— 1,37	+ 8,65	0,33	4,85	0,6	78,5
2 <sup>e</sup> " "	— 3,33	+ 8,68	0,17	5,17	0,0	78,0
3 <sup>e</sup> " "	+ 1,06	+ 10,81	0,59	5,96	2,9	76,2
Mois	— 1,29	+ 9,33	0,36	5,32	3,5	77,6

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,93 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 59°5, O., et son intensité est égale à 13,8 sur 100.

# TABLEAU

## DES

### OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1868.

- Le 2, brouillard depuis 8 h. du matin à 2 h. de l'après-midi.  
 4, id. depuis 8 h. du matin à 4 h. de l'après-midi.  
 7, à 2 h. 10 m., on a senti une grande secousse de tremblement de terre.  
 9, brouillard jusqu'à 8 h. du soir.  
 12, id. jusqu'à 10 h. du matin et à 8 h. du soir.  
 21, id. jusqu'à 10 h. du matin.  
 23, id. de 8 à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.  
 25, id. depuis 4 h. du soir.  
 29, id. depuis 8 h. du matin.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 10 h. matin.....	571,75	Le 2 à 6 h. matin.....	565,08
10 à 10 h. soir.....	573,15	8 à 4 h. soir.....	558,14
17 à 8 h. soir.....	569,56	13 à 6 h. matin.....	564,73
20 à 10 h. soir.....	564,23	19 à 2 h. soir.....	562,25
25 à 10 h. soir.....	572,18	23 à 10 h. matin.....	558,45

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1868.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
1	566,25	+ 6,05	565,41	567,41	— 2,55	+ 6,90	— 4,5	+ 0,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,22
2	565,94	+ 5,76	565,08	566,74	— 3,30	+ 6,14	— 3,8	+ 2,1	.....	.....	.....	NE.	1	0,36
3	566,54	+ 6,38	566,03	567,32	— 3,05	+ 6,38	— 5,5	+ 0,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,23
4	568,62	+ 8,48	567,05	570,53	— 9,42	— 0,01	— 11,2	+ 7,2	20	2,5	2	NE.	1	0,60
5	571,24	+ 11,12	570,99	571,75	— 6,68	+ 5,72	— 8,5	— 4,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,08
6	569,51	+ 9,41	569,03	570,40	— 3,55	+ 5,83	— 4,2	+ 0,7	.....	.....	.....	NE.	1	0,02
7	564,85	+ 4,77	562,63	566,61	— 2,30	+ 7,06	— 5,1	+ 0,7	.....	.....	.....	SO.	1	0,00
8	559,62	+ 0,44	558,14	560,93	— 6,38	+ 2,96	— 9,2	+ 3,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,33
9	564,51	+ 4,47	562,09	568,30	— 10,08	+ 0,77	— 12,9	+ 7,2	.....	.....	.....	NE.	2	0,89
10	574,73	+ 14,70	569,22	573,15	— 7,73	+ 1,55	— 11,0	+ 4,7	.....	.....	.....	NE.	1	0,12
11	570,90	+ 10,80	569,24	573,10	— 3,83	+ 5,43	— 6,7	+ 0,2	.....	.....	.....	NE.	2	0,22
12	565,94	+ 5,95	565,42	567,06	— 9,36	+ 0,13	— 10,5	+ 6,5	.....	.....	.....	NE.	2	0,50
13	565,02	+ 5,04	564,73	565,35	— 8,14	+ 1,09	— 10,5	+ 5,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,03
14	565,74	+ 5,78	565,37	566,27	— 5,90	+ 3,27	— 7,9	+ 3,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,00
15	566,62	+ 6,68	566,05	567,23	— 8,78	+ 2,30	— 4,7	+ 2,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,00
16	567,75	+ 7,82	566,08	568,91	— 6,87	+ 1,84	— 8,4	+ 2,2	.....	.....	.....	NE.	2	0,00
17	568,83	+ 8,92	568,37	569,36	— 5,93	+ 3,14	— 8,0	+ 2,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,05
18	567,99	+ 7,39	566,38	568,31	— 5,96	+ 3,07	— 8,4	+ 1,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,02
19	562,52	+ 2,63	562,25	563,35	— 6,49	+ 2,50	— 9,1	+ 3,1	.....	.....	.....	SO.	1	0,00
20	563,59	+ 3,72	562,83	564,23	— 8,71	+ 0,24	— 10,2	+ 5,1	.....	.....	.....	NE.	1	0,33
21	561,72	+ 1,88	563,37	564,11	— 8,62	+ 0,28	— 11,1	+ 6,1	.....	.....	.....	NE.	1	0,91
22	559,83	+ 0,00	561,19	562,68	— 11,82	+ 3,00	— 12,2	+ 4,2	.....	.....	.....	NE.	2	1,00
23	567,46	+ 7,64	564,45	569,30	— 9,23	+ 0,46	— 11,9	+ 3,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,06
24	571,41	+ 11,60	569,34	572,18	— 2,37	+ 6,35	— 4,9	+ 0,2	.....	.....	.....	NE.	1	1,00
25	571,27	+ 11,27	570,36	571,57	— 0,64	+ 9,31	— 3,5	+ 5,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,00
26	568,00	+ 8,21	567,30	568,88	— 0,92	+ 7,69	— 3,4	+ 2,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,00
27	566,84	+ 7,05	566,56	567,34	— 0,35	+ 8,21	— 3,4	+ 2,1	.....	.....	.....	NE.	1	0,37
28	563,34	+ 5,56	563,63	566,62	— 6,03	+ 2,48	— 7,9	+ 5,0	.....	.....	.....	SO.	1	0,89

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomètre étant hors de service.

## MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	566,58	567,17	567,08	566,92	566,74	566,82	567,15	567,30	567,35
2 <sup>e</sup> " "	566,48	566,88	566,74	566,61	566,35	566,30	566,54	566,52	566,56
3 <sup>e</sup> " "	565,87	566,30	566,45	566,47	566,12	566,16	566,34	566,33	566,35
Mois	566,33	566,80	566,77	566,67	566,41	566,44	566,69	566,73	566,77

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5,98	5,79	4,78	3,42	3,90	4,77	5,74	5,86	6,17
2 <sup>e</sup> " "	7,77	7,31	4,96	3,33	3,72	4,46	6,84	7,51	7,67
3 <sup>e</sup> " "	6,98	6,40	4,09	2,54	3,08	3,98	5,16	5,54	5,77
Mois	6,91	6,50	4,63	3,12	3,58	4,42	5,94	6,33	6,56

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	0	0		mm	mm
	7,59	3,02	0,30	2,5	20
2 <sup>e</sup> " "	8,47	2,98	0,12	0,0	0
3 <sup>e</sup> " "	7,53	2,09	0,54	0,0	0
Mois	7,88	2,72	0,31	2,5	20

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 9,84 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 84,7 sur 100.

\* Voir la note du tableau.



# DE L'AURORE BORÉALE (SOIT LUMIÈRE POLAIRE)

DES PHÉNOMÈNES QU'ELLE PRÉSENTE

ET

DÉS LOIS AUXQUELLES ELLE EST SOUMISE

PAR

**ÉLIAS LOOMIS**

---

Le petit ouvrage, dont le titre est en tête de cet article, renferme une description et une analyse très-bien faites de tout ce qui concerne le phénomène des aurores polaires. Description du phénomène, étude des circonstances qui l'accompagnent, théorie par laquelle on l'explique, tels sont les points divers successivement traités par l'auteur, le tout accompagné de tableaux intéressants dans lesquels se trouvent consignées les observations diverses faites sur le nombre, l'époque et le lieu d'apparition d'un grand nombre d'aurores polaires.

Dans l'analyse abrégée que nous allons donner du travail de M. Loomis, nous insisterons essentiellement sur les points qui nous paraissent nouveaux, surtout en ce qui concerne les faits observés.

Après avoir rappelé les détails relatifs à l'apparence de l'aurore boréale, à sa forme, à sa durée, à son éclat, aux variations de cet éclat, à la formation de la couronne aurorale, à la présence d'un segment obscur qui précède en général l'apparition du phénomène, l'auteur insiste

sur les mouvements que présentent, soit les arcs lumineux, soit les rayons qui en émanent; mouvements qui, pour les arcs, s'opèrent tantôt du sud au nord et tantôt plus fréquemment du nord au sud, et qui, pour les rayons et aussi plus souvent pour les arcs, ont lieu de l'ouest à l'est et quelquefois de l'est à l'ouest. Un point essentiel, c'est que le centre des arcs est presque toujours le pôle magnétique; c'est aussi le zénith magnétique, c'est-à-dire le point du ciel où aboutit la verticale passant par le pôle magnétique, qui est très-approximativement le centre de la couronne aurorale que forment, par un effet de perspective, les rayons lumineux émanés des arcs parallèlement à la direction de l'aiguille d'inclinaison. De nombreuses observations montrent que la position du centre de cette couronne est un peu variable, mais qu'elle oscille toujours autour du zénith magnétique.

La distribution géographique des aurores polaires est un des points importants de l'ouvrage de M. Loomis. Il est bien connu qu'elles se montrent surtout dans les latitudes élevées, et qu'elles sont à peu près inconnues dans les régions tropicales. A la Havane ( $23^{\circ} 9'$  de latitude) on ne peut mentionner que six aurores visibles dans l'espace d'un siècle; plus au sud, elles sont encore plus rares, tandis qu'elles deviennent plus fréquentes plus au nord dans l'île de Cuba. Voici le résultat d'observations faites dans cent vingt-huit localités différentes. Si, à partir de l'équateur on marche vers le nord le long du méridien de Washington, on trouve pour la moyenne annuelle des aurores polaires les nombres suivants: 10 à  $40^{\circ}$  de latitude, 20 à  $42^{\circ}$ , 40 à  $45^{\circ}$  et 80 aux environs de  $50^{\circ}$ . Entre  $50^{\circ}$  et  $62^{\circ}$  on voit des aurores presque toutes les nuits. Elles s'y montrent à de grandes hauteurs dans le

ciel et aussi souvent au sud qu'au nord. Plus au nord que  $62^{\circ}$ , le nombre annuel des aurores diminue; il n'est guère plus que 40, au delà de  $67^{\circ}$  que 20, et à  $78^{\circ}$  que 10. Les résultats observés sur le méridien de Saint-Pétersbourg sont à peu près semblables; seulement le nombre des aurores polaires diminue moins rapidement quand on s'approche du pôle nord, la région où il y en a en moyenne 80 par an se trouvant entre les parallèles de  $66^{\circ}$  et de  $75^{\circ}$ . Il résulte d'un tracé graphique, construit d'après les données qui précèdent, que la région où les aurores sont les plus fréquentes, forme une zone ovale autour du pôle nord, dont la ligne centrale traverse le méridien de Washington à la latitude de  $56^{\circ}$  et celui de Pétersbourg à la latitude de  $71^{\circ}$ .

Les aurores sont, à ce qu'il paraît, plus fréquentes aux États-Unis qu'aux mêmes latitudes en Europe. Ainsi à la latitude de  $45^{\circ}$ , nous trouvons une moyenne annuelle de 40 apparitions dans l'Amérique du nord pour 10 au plus en Europe. La forme de la courbe de la zone aurorale n'a aucun rapport avec les lignes d'égalité d'intensité magnétique, mais présente par contre une analogie remarquable avec celles d'égalité d'inclinaison.

Il semblerait, d'après le petit nombre d'observations qu'on possède sur le phénomène des aurores polaires dans l'hémisphère sud, qu'elles sont moins fréquentes dans cet hémisphère que dans l'hémisphère nord. Toutefois il paraît bien que le plus grand nombre des aurores de l'hémisphère sud correspondent à des aurores de l'hémisphère nord; on peut dire, d'après un grand nombre d'observations, qu'une apparition de lumière aurorale dans le voisinage de l'un des pôles magnétiques de la terre, est accompagnée d'une apparition simultanée

de lumière aurorale à l'autre pôle magnétique du globe.

On a beaucoup différé sur la hauteur qu'il faut attribuer aux aurores polaires; de nombreuses observations faites à différentes stations sur l'aurore du 28 août 1859, visible dans un si grand nombre de parties du globe terrestre, ont conduit à croire que sa limite supérieure était élevée de 534 milles au-dessus de la surface de la terre, tandis que sa limite inférieure était de 46 milles. L'aurore du 2 septembre 1859, qu'on peut presque considérer comme une continuation de celle du 28 août, paraît, d'après de nombreuses observations, également avoir eu pour limite supérieure en hauteur 495 milles et pour limite inférieure seulement 50 milles. L'espace compris entre ces limites inférieure et supérieure est entièrement rempli de lumière.

Les deux aurores que nous venons de citer forment une exception, soit quant à leur hauteur, soit quant à la grandeur de l'espace qu'elles occupaient dans le ciel. Il résulte, en effet, d'autres observations en grand nombre, que la hauteur maximum des aurores est en général de 70 milles; mais on peut dire en général qu'il est très-rare que les aurores se montrent à une hauteur au-dessus de la terre, inférieure à 45 milles, ni supérieure à 500. La détermination de la parallaxe des aurores a été faite avec beaucoup de soin par MM. Lottin et Bravais, pendant leur séjour en Scandinavie dans les deux stations de Bossekop et de Jupwig; ces deux savants concluent d'un grand nombre d'observations que la hauteur moyenne des aurores est de 60 à 100 milles au-dessus de la surface de la terre.

Cette détermination de la hauteur des aurores est très-délicate, parce que pour prendre la parallaxe il faut être bien certain que c'est bien la même partie de l'aurore que

voient des observateurs placés à des stations différentes. Sous ce rapport, les résultats des observations de MM. Lottin et Bravais, si nombreuses et faites dans de si bonnes conditions, nous paraissent celles qui doivent inspirer le plus de confiance. Ajoutons qu'il ne paraît pas probable, malgré l'opinion de quelques observateurs, que la véritable lumière aurorale se montre très-près de la surface de la terre et, en particulier, qu'elle descende aussi bas que la région des nuages ordinaires.

La périodicité diurne des aurores polaires n'est pas la même partout; quoique ce phénomène se montre en général à peu près à toutes les heures de la nuit, cependant c'est surtout à onze heures avant minuit que le nombre des aurores est le plus considérable, du moins dans le nord de l'Amérique, puis il va en diminuant légèrement jusqu'à une heure après minuit, après quoi la diminution est beaucoup plus rapide.

Quant à la périodicité annuelle, il y a de grandes différences à cet égard, entre les différents mois de l'année; mais il faut avoir soin, dans cette comparaison, de tenir compte du fait que les jours étant bien plus longs en été il peut y avoir dans cette saison beaucoup d'aurores polaires dont l'apparition échappe. Voici le résumé d'un très-grand nombre d'observations faites à Boston, à New-York et dans le Canada qui donnent pour le nombre total des aurores boréales pendant un certain nombre d'années : dans les mois du printemps 698, dans les mois d'été 661, dans les mois d'automne 744 et dans les mois d'hiver 542. Ces mêmes observations indiquent en même temps un minimum prononcé en décembre et un autre moins prononcé en juin. Il semblerait aussi qu'il y a deux maxima, l'un en avril, l'autre en septembre.

Il existe encore pour les aurores polaires une périodicité séculaire remarquable. Ainsi, pendant certaines époques, les aurores sont très-fréquentes; puis vient une période d'un nombre plus ou moins considérable d'années pendant laquelle leur apparition devient rare. Il résulte d'un tableau qui comprend des observations faites à New-Haven et à Boston de 1742 à 1864, c'est-à-dire pendant 122 ans, qu'à partir de 1742 à 1786-1789, il y a eu une augmentation progressive dans le nombre des aurores, suivie d'un décroissement rapide jusqu'en 1820. Ainsi le nombre moyen annuel des aurores s'était élevé à 48 de 1786 à 1789, époque du maximum, tandis qu'il n'était plus que de *un* par an à partir de 1816 jusqu'en 1820. A partir de 1827, le nombre annuel des aurores recommença à augmenter; de 1837 à 1842 il fut de 42, et on peut assigner l'année 1845 comme étant le milieu de la période d'abondance. Il y aurait ainsi un intervalle de 58 ans entre le maximum de 1787 et celui de 1845.

Un long catalogue des observations faites en Europe conduit aux mêmes conséquences que l'examen des observations faites dans l'Amérique du Nord. Seulement les périodes semblent se subdiviser davantage, mais les époques des grands minima et maxima coïncident parfaitement bien. Ainsi il paraîtrait qu'on peut réduire à dix ans l'intervalle compris entre deux maxima successifs, tout en reconnaissant qu'il y a un *maximum maximorum* tous les 59 ou 60 ans.

On sait que l'apparition des aurores polaires est toujours accompagnée de perturbations magnétiques, perturbations qui sont sensibles même dans les lieux de la terre où l'aurore n'est pas visible. Ces perturbations sont quelquefois très-considérables, témoin l'oscillation de l'ai-

guille de déclinaison qui s'éleva jusqu'à  $3^{\circ}45'$  à Toronto et à  $4^{\circ}13'$  à Rome, pendant l'aurore du 2 septembre 1859. M. Loomis cite un exemple frappant de la généralité et de la simultanéité de ces perturbations dans celle qui affecta les éléments magnétiques, aussi bien quant à la direction que quant à l'intensité, le 25 septembre 1844. Dans le même moment cette perturbation se fit sentir à Greenwich et à Toronto, distant de Greenwich de plus de 3500 milles; elle commença exactement au même instant aux deux stations et suivit les mêmes phases. Elle fut observée également à Sainte-Hélène, distante de Londres de 4800 milles et de Toronto de 6000. Elle avait lieu aussi en même temps au Cap de Bonne-Espérance, bien plus éloigné encore, et à Trevandem dans l'Inde, située aux antipodes de Toronto. Il est probable que la perturbation se fit sentir sur toutes les parties du globe. En même temps il y avait apparition d'une aurore d'une étendue inusitée, qui était visible également dans l'hémisphère sud à la Terre de Van Diemen et aux États-Unis, en Angleterre et en Norwége. La perturbation considérable des éléments magnétiques qui avait accompagné l'aurore du 2 septembre 1859, avait été également générale et s'était fait sentir dans toutes les parties du globe d'une manière très-intense.

Ces variations irrégulières de l'aiguille aimantée ne se propagent pas partout d'une manière simultanée. Plusieurs observations réunies semblent montrer que leur propagation a lieu en général du nord-est au sud-ouest, à raison de 100 milles par minute.

Ce n'est pas seulement sur l'aiguille aimantée, mais aussi sur les fils télégraphiques, que la présence des aurores polaires se fait sentir en y déterminant des courants

électriques parfaitement semblables à ceux d'une pile voltaïque, mais seulement d'une intensité variable. Ils changent de sens à chaque instant, mais ils se propagent dans une direction qui est toujours très-rapprochée de la direction du nord au sud.

Sans suivre M. Loomis dans la description détaillée qu'il donne des aurores polaires et de tous les phénomènes qui les caractérisent et qui les accompagnent, nous nous bornerons à exposer quelques considérations théoriques sur les causes qui leur donnent naissance.

Il montre que l'aurore polaire a son siège dans l'atmosphère, puisqu'elle participe au mouvement de rotation de la terre; et que c'est un phénomène électrique qui se passe dans les hautes régions de l'air. Il insiste à cet égard sur les manifestations électriques si prononcées et quelquefois si énergiques, qui ont lieu dans les fils télégraphiques pendant l'apparition des aurores.

Cette électricité évidemment provient de l'aurore, et elle ne peut en provenir que par simple dérivation ou par induction; mais dans ce dernier cas, l'induction ne peut être produite que par l'action du magnétisme ou par celle de l'électricité elle-même. Or, comme le magnétisme n'est pas lumineux et que l'aurore est lumineuse, on est forcé de conclure que la lumière de l'aurore est bien une lumière électrique. Du reste, les diverses colorations que revêt cette lumière sont tout à fait semblables à celles de la lumière électrique dans l'air raréfié, et en général les apparences qu'elle présente quant à sa forme et à ses intermittences sont également d'accord avec cette conclusion.

Mais quelle est l'origine de cette électricité, et en général de l'électricité atmosphérique? L'évaporation en

est très-probablement la principale source, et ici M. Loomis rappelle ce que j'ai dit sur l'ascension dans les régions supérieures de l'atmosphère, des vapeurs qui s'élèvent chargées d'électricité positive de la surface des mers tropicales. Il expose également le rôle que joue, soit dans les orages locaux, soit dans les orages polaires (aurores polaires) cette électricité qui se meut librement dans ces hautes régions atmosphériques, où elle peut se propager librement, grâce à leur bonne conductibilité. Il admet également l'explication que j'ai donnée de la forme et des autres apparences de l'aurore, en l'attribuant à l'action du magnétisme terrestre sur les courants électriques lumineux qui la constituent.

Les perturbations dans les éléments magnétiques qui accompagnent l'apparition des aurores sont également faciles à expliquer par l'action des courants électriques terrestres, qui sont la conséquence du mode de propagation de l'électricité atmosphérique qui constitue les aurores. Il y a, du reste, un accord parfait entre la direction de ces courants terrestres, telle que les accusent les fils télégraphiques, et le sens de la déviation des aiguilles aimantées.

L'absence d'aurores dans les régions tropicales est plus que compensée par le nombre considérable d'orages électriques qu'on y observe et qui va, au contraire, en diminuant de l'équateur jusqu'aux latitudes élevées, tellement que tandis qu'il y en a annuellement en moyenne 52 entre 0° et 30° de latitude, il n'y en a plus que 20 entre 30° et 50°, que 15 entre 50° et 60°, que 4 entre 60° et 70°, et 0 à 70° et au delà. Cette différence entre ces deux modes de décharges (orage et aurore), dont l'un s'opère dans les régions équatoriales et l'autre dans les régions

polaires, s'explique facilement par les conditions différentes au point de vue de l'humidité et de la température, dans lesquelles se trouve l'atmosphère dans ces régions.

C'est également à des différences du même genre qu'on peut attribuer la variation diurne et mensuelle dans la fréquence des aurores, mais la variation séculaire est moins facile à expliquer.

En étudiant avec soin une table qui renferme dans trois colonnes pour chaque année, à dater de 1807 jusqu'en 1864, dans différentes localités de l'Europe, le nombre relatif des taches du soleil, l'intensité des variations magnétiques et les maxima et minima d'apparitions d'aurores boréales, on est frappé de voir l'accord qui existe entre ces trois ordres de phénomènes. On trouve, en effet, qu'ils manifestent deux espèces de période, une de dix à douze ans, et l'autre de cinquante-huit à soixante ans. La première correspond à une révolution de Jupiter, la seconde à cinq révolutions de Jupiter et à deux de Saturne. Si Jupiter, comme on le présume, exerce une influence sur la surface du soleil, il est bien probable que Saturne en exerce aussi une semblable, mais moins considérable, de sorte que le concours de l'action des deux planètes doit déterminer aussi une période, ce qui expliquerait l'existence des deux périodes, l'une de dix à onze ans due à Jupiter seul, l'autre de cinquante-huit à soixante ans due à l'action réunie de Jupiter et de Saturne.

Maintenant, quel est le mode suivant lequel s'exerce l'influence des planètes sur le soleil ? On ne peut, à cet égard, que hasarder des conjectures. Dépendrait-il de l'action de ces planètes en mouvement sur les courants électriques, dont on supposerait la surface du soleil sillonnée et auxquels serait due sa lumière ? Dans cette hypothèse, la

perturbation apportée aux courants électriques solaires serait à la fois la cause des taches que présente la surface, et celle, soit des perturbations dans les courants électriques du globe terrestre, soit dans les phénomènes lumineux (aurores polaires) dont ils sont accompagnés.

Je ne serais pas, pour ma part, disposé à me ranger à cette explication que l'auteur présente, du reste, avec beaucoup de défiance. Je croirais plutôt que les taches solaires tiennent à une action de masse de la part des planètes sur l'atmosphère solaire, et que l'influence des taches solaires sur les phénomènes électriques, qui se passent à la surface terrestre, sont probablement un effet indirect tenant, par exemple, à des variations dans l'intensité de la chaleur solaire. Du reste, le temps depuis lequel se font des observations de ce genre est si peu considérable, et les observations elles-mêmes encore si peu nombreuses, qu'il est bien difficile qu'on puisse se former une opinion un peu fondée sur la cause de ces concordances remarquables.

M. Loomis revient en terminant sur la simultanéité qui existe entre les apparitions d'aurores polaires dans l'hémisphère austral et leurs apparitions dans l'hémisphère boréal; simultanéité qui existe aussi pour les perturbations magnétiques. Il montre que l'existence de cette double simultanéité résulte d'une manière évidente de la comparaison d'observations faites à Prague, à Toronto et à Hobarton. Il estime que cette perturbation générale dans l'état électrique de la terre, qu'elle accuse, ne peut être attribuée qu'à des forces extra-terrestres, telles que l'action des planètes qui modifierait la direction des courants électriques du globe.

Je n'étais pas arrivé à la même conclusion dans mes

recherches sur les aurores polaires. J'avais, au contraire, considéré la simultanéité dans les apparitions d'aurores aux deux pôles magnétiques de la terre, comme une preuve à ajouter à toutes les autres, que ce phénomène a bien son origine, comme son siège, dans notre globe et son atmosphère. Sans rappeler les raisons qui militent en faveur de cette opinion, je me bornerai à remarquer que le globe terrestre devant être considéré comme un conducteur parfait, toutes ses parties sont également solidaires en tout ce qui concerne la rupture et le rétablissement de son équilibre électrique. Tout étant symétrique aux deux pôles terrestres, l'accumulation des électricités opposées dans la terre et dans l'atmosphère, qui a lieu à l'un des pôles, doit avoir également lieu à l'autre, et dès que la neutralisation de ces électricités contraires s'opère à l'un, elle doit s'opérer à l'autre. Sans doute, ainsi que le remarque M. Loomis, il serait bien important, pour décider la question, d'observer avec soin dans l'hémisphère austral, comme on l'a fait dans le boréal, la direction des courants électriques terrestres, qui accompagnent l'apparition des aurores ; car, dans la théorie que je viens de rappeler, cette direction dans l'hémisphère sud doit être du sud à l'équateur, comme elle est du nord à l'équateur dans l'hémisphère nord. Elle doit, au contraire, être la même dans les deux hémisphères, si l'on admet que l'origine du phénomène est extra-terrestre. Mais, à défaut d'observations de ce genre, on sait par les navigateurs qui ont vu et décrit des aurores australes, que le mouvement de translation des arcs auroraux autour du pôle sud a lieu dans un sens qui indique que les courants marchent bien dans l'hémisphère austral du sud à l'équateur, comme le veut la théorie qui ne voit dans le

phénomène des aurores que l'effet de l'action combinée des électricités terrestre et atmosphérique, sous l'influence du magnétisme terrestre.

Je me joins, du reste, aux recommandations que M. Loomis adresse à la *Smithsonian Institution*, et que je me permets de généraliser en l'adressant à tous ceux qui sont bien placés pour faire des observations de ce genre, savoir, de décrire avec soin toutes les aurores polaires dont ils peuvent être témoins dans les différentes stations du globe, en y consignant les détails les plus minutieux sur leur grandeur, leur forme, leur position exacte, l'heure de leur apparition, leur durée, etc. — C'est en réunissant un grand nombre d'observations bien faites en divers lieux dans les deux hémisphères, et en les rapprochant d'observations faites sur les perturbations de l'aiguille aimantée et sur les courants électriques perçus par les fils télégraphiques, qu'on finira par asseoir sur des bases inébranlables la théorie de ces curieux phénomènes.

A. D. L. R.

---

DE  
**LA TEMPÉRATURE DES FLAMMES**  
**D'OXYDE DE CARBONE ET D'HYDROGÈNE**

PAR  
**M. R. BUNSEN** <sup>1</sup>.

(Traduction.)

---

Si l'on allume un gaz inflammable mélangé avec de l'oxygène, il s'ensuit une élévation de température, qui peut être déduite par le calcul de la chaleur de combustion du gaz et de la chaleur spécifique des produits de la combustion, pourvu que la combustion soit complète à la température produite dans le mélange.

Soit un mélange de  $h$  parties en poids d'hydrogène,  $o$  parties d'oxygène et  $n$  parties d'azote : dans la combustion totale de ce mélange, en admettant qu'il y ait un excès d'oxygène, il se produira  $hw$  unités de chaleur en appelant  $w$  la chaleur de combustion de l'hydrogène et les produits de la combustion seront :

$$\frac{H+O}{H} h \text{ parties d'eau.}$$

$$o - \frac{O}{H} h \quad , \quad \text{d'oxygène.}$$

et  $n \quad , \quad \text{d'azote.}$

en appelant  $H$  et  $O$  les poids atomiques de l'hydrogène et de l'oxygène. Soient de plus  $\sigma_w$ ,  $\sigma_o$ ,  $\sigma_n$  les chaleurs spécifiques de ces différents produits de combustion, et l'on aura :

<sup>1</sup> *Poggend. Annalen*, tome CXXXI, p. 161.

$$(1) \quad t_1 = \frac{wh}{\left(\frac{H+O}{H}\right) h \sigma_w + \left(o - \frac{O}{H} h\right) \sigma_o + n \sigma_n}$$

Cette équation suppose que la quantité d'hydrogène  $h$  brûle entièrement à la température  $t_1$ . Si, au contraire, il n'en brûlait qu'une quantité égale à  $hx$ , tandis que la quantité  $h(1-x)$  resterait libre, l'équation (1) deviendrait :

$$(2) \quad t_1 = \frac{wh}{\left(\frac{H+O}{H}\right) hx \sigma_w + \left(o - \frac{O}{H} hx\right) \sigma_o + (1-x) h \sigma_h + n \sigma_n}$$

dans laquelle  $\sigma_h$  représente la chaleur spécifique de l'hydrogène non brûlé à la température  $t_1$ . Si l'on pose :

$$h \left( \frac{H+O}{H} \sigma_w - \frac{O}{H} \sigma_o - \sigma_h \right) = C$$

$$h \sigma_h + o \sigma_o + n \sigma_n = D,$$

il vient :

$$(3) \quad t_1 = \frac{hwx}{Cx+D}$$

$$(4) \quad x = \frac{t_1 D}{hw - t_1 C}$$

De plus, en appelant  $P_1$  la pression qu'exerce à  $t_1^\circ$  et dans un vase fermé le mélange explosif, on déduit des lois de Mariotte et de Gay-Lussac l'équation suivante :

$$(5) \quad (1+\alpha t_1) PS = (1+\alpha t) P_1 S_1$$

dans laquelle  $\alpha$  désigne le coefficient de dilatation des gaz,  $t$  et  $P$  la température et la pression du mélange au moment où l'on ferme le vase dans lequel devra s'effectuer l'explosion, et  $S$  et  $S_1$  les poids spécifiques du mélange avant et après l'explosion.

Si l'on désigne par  $s_w$ ,  $s_o$ ,  $s_n$ ,  $s_h$  les poids spécifiques

des différents gaz contenus dans le mélange, et par  $G$  le poids total du mélange, il vient :

$$S = \frac{G}{\frac{h}{s_h} + \frac{o}{s_o} + \frac{n}{s_n}}$$

$$S_1 = \frac{G}{\frac{1}{s_w} \left( \frac{H+O}{H} \right) hx + \frac{1}{s_o} \left( \frac{o}{H} \right) hx + \frac{1}{s_h} (1-x)h + \frac{1}{s_n} n}$$

enfin en posant :

$$h \left( \frac{H+O}{Hs_w} - \frac{O}{Hs_o} - \frac{1}{s_h} \right) = A$$

et

$$\frac{h}{s_h} + \frac{o}{s_o} + \frac{n}{s_n} = B$$

on a plus simplement :

$$S = \frac{G}{B}$$

$$(6) \quad S_1 = \frac{G}{Ax+B}$$

Cela fait, si l'on remplace  $x$  dans l'équation (6) par sa valeur donnée par l'équation (4) et que l'on substitue ensuite la valeur ainsi trouvée de  $S_1$  dans l'équation (5), on obtient en posant :

$$P_1 (1 + \alpha t) = Q$$

l'équation :

$$t_1 = -\frac{E}{2} \pm \sqrt{F + \frac{1}{4}E^2}$$

dans laquelle :

$$E = \frac{AD + B\alpha hw - BC + \frac{CGQ}{PS}}{\alpha (AD - BC)}$$

$$F = \frac{\left( \frac{QG}{PS} - B \right) hw}{\alpha (AD - BC)}$$

Des deux valeurs de  $t_1$  donnée par l'équation ci-dessus, l'une est plus grande que celle que donne l'équation (1), elle n'a donc point de signification dans le problème qui nous occupe. Une fois qu'on a trouvé la valeur de  $t_1$ , on peut déduire de l'équation (4) la valeur de  $hx$ , c'est-à-dire de la quantité d'hydrogène brûlée au moment où la température du mélange gazeux a atteint son maximum, et du même coup la valeur de  $h(1-x)$ , c'est-à-dire de la quantité d'hydrogène qui n'a pas pu être brûlée à la haute température  $t_1$ .

Pour des mélanges d'oxyde de carbone et d'hydrogène avec de l'oxygène et de l'azote toutes les données numériques qui entrent dans les équations ci-dessus sont connues, à l'exception de  $P_1$ . Il ne reste donc plus qu'à déterminer expérimentalement la valeur de  $P_1$ .

Il n'est pas possible de mesurer exactement la pression qu'un gaz exerce en faisant explosion dans un vase fermé, et à l'instant où il atteint sa température maxima. Mais on peut néanmoins en faire une évaluation suffisamment approximative, et cela en chargeant de différents poids une soupape qui ferme hermétiquement le vase à explosion, et en augmentant successivement ces poids, jusqu'à ce qu'on ait déterminé la charge la plus forte que puisse soulever le gaz. Les résultats obtenus de cette façon ne sont évidemment applicables que dans de certaines limites; car, si on raréfie de plus en plus un mélange gazeux, en y introduisant un gaz qui demeure étranger à la combustion, celle-ci se propage toujours plus lentement dans son intérieur, jusqu'à ce qu'étant arrivée à la limite, l'on puisse suivre à l'œil la marche de la flamme. Si donc, par l'introduction de gaz étrangers, la combustion vient à être ralentie outre mesure, l'évalua-

tion de sa pression maxima pourra en être complètement faussée, car tandis que dans certaines parties du mélange la température sera encore croissante, il y en aura d'autres, au contraire, dans lesquelles elle aura déjà commencé à diminuer. Pour éviter cette cause d'erreur il faudra donc, dans le mélange, éviter un trop grand excès de gaz étranger, prendre un vase d'une petite section, et produire si possible l'incandescence dans toutes les parties du mélange à la fois. La meilleure manière de satisfaire cette dernière condition est de faire jaillir l'étincelle d'induction d'une grosse machine de Ruhmkorff sur toute la longueur de la colonne gazeuse. Le vase que j'ai employé pour cette explosion (pl. I, fig. 4) était très-épais, et renfermait une colonne gazeuse de 8,15 centimètres de hauteur et de 1,7 centimètres de section, de telle sorte que, pour se propager du centre à la périphérie, l'étincelle n'avait à parcourir qu'un espace de 8,5 millimètres. Pour que la source d'erreur susmentionnée soit la plus petite possible, il faut que le temps mis par le gaz à atteindre sa température maxima, soit aussi petit que possible comparé à la durée du refroidissement. C'est à ce point de vue qu'il est important de se faire une idée de la vitesse de propagation de la flamme dans l'intérieur du gaz. A cet effet, on peut procéder de la manière suivante : on fait sortir le gaz par une ouverture extrêmement petite de section connue, pratiquée dans une plaque très-mince, puis on diminue progressivement la force du jet et on l'allume avec les précautions nécessaires jusqu'au point où la flamme, rebroussant brusquement dans l'ouverture, allume le gaz qui est au-dessous. Ce recul de la flamme doit, en effet, se produire quand la vitesse avec laquelle le gaz s'échappe au travers de l'ouverture, est

seulement très-peu inférieure à celle avec laquelle la combustion se propage des couches de gaz supérieures aux couches inférieures. On n'a donc plus qu'à mesurer directement la vitesse avec laquelle s'échappe le mélange gazeux non enflammé à la pression à laquelle le recul a eu lieu, pour avoir la vitesse de propagation de la flamme avec une approximation suffisante. Soit  $c$  cette vitesse de propagation,  $d$  le diamètre de l'ouverture par laquelle le gaz s'échappe, et  $V$  le volume de gaz qui, à la pression indiquée, s'échappe de cette ouverture dans un temps  $t$ , et il vient :

$$c = \frac{4V}{\pi d^2 t}$$

Une expérience faite sur un mélange d'hydrogène et d'oxygène pur donna les résultats suivants :

$V=963000$  millim. <sup>3</sup>;  $d=1,2$  millim.;  $t=25$  secondes.

La vitesse de propagation de la flamme dans le mélange explosif d'hydrogène et d'oxygène purs est donc de 34 mètres par seconde <sup>1</sup>.

La vitesse vraie est probablement un peu plus grande que celle que donne l'expérience, car le refroidissement que subit le jet de gaz enflammé dans le passage au travers de l'ouverture diminue nécessairement la valeur trouvée pour cette vitesse.

Puisque, dans le vase à explosion décrit plus haut, il n'y a que 8<sup>mm</sup>,5 d'intervalle entre l'axe du vase cylindri-

<sup>1</sup> On voit par là que la vitesse avec laquelle certains météores lumineux fréquents sur le disque du soleil se meuvent sur sa surface, est, la plupart du temps, infiniment plus grande que celle avec laquelle les actions chimiques se propagent dans l'intérieur des gaz. Partant, le champ des hypothèses qui attribuent quelques-uns de ces phénomènes à des actions chimiques se trouve bien restreint.

que qui est la voie suivie par l'étincelle et le bord, l'on peut affirmer *que le temps nécessaire pour que la combustion du gaz soit complète et son maximum de température atteint, ne dépasse pas  $\frac{1}{4000}$  de seconde.*

Si l'on regarde au travers d'une roue stroboscopique, tournant avec une vitesse connue, et percée de fentes suivant un certain nombre de rayons, une surface blanche éclairée par le gaz enflammé, on trouve pour la durée totale de l'éclairement produit par cette explosion  $\frac{1}{65}$  de seconde.

*Ainsi, d'une part, le maximum de température est atteint partout dans l'intérieur du gaz en moins de  $\frac{1}{400}$  de seconde, d'autre part, cette température a suffisamment peu diminué en  $\frac{1}{65}$  de seconde pour que la flamme qui en résulte donne encore une lumière assez brillante.*

Il suit de là que, dans le cas du mélange pur d'oxygène et d'hydrogène, il n'y a pas lieu de redouter l'erreur mentionnée plus haut. Les conditions sont en revanche moins favorables dans le cas de l'oxyde de carbone, car la vitesse de propagation de la combustion dans le gaz n'est pas même d'un mètre par seconde; d'autre part, il ne paraît se refroidir que très-lentement. Néanmoins l'on peut encore considérer comme bons les résultats obtenus dans la mesure de la pression maxima d'explosion de ce gaz, car ces résultats concordent avec ceux qui ont été obtenus pour l'hydrogène, et il n'est pas probable que ce soit par pur hasard. Cette mesure de la pression maxima se fait de la manière suivante: on fait dégager le mélange explosif sur du mercure, et on en remplit le vase d'explosion jusqu'à un trait déterminé, on amène le niveau du mercure à coïncider au dedans et au dehors, puis l'on ferme le vase avec la plaque de verre

(fig. 2) consistant en un épais morceau de verre à glace, aplani sur la meule. Cette plaque est encadrée dans une monture en fer qui se prolonge au travers de la plaque en une pointe destinée au passage de l'étincelle. On graisse légèrement la plaque de verre avec de l'huile d'olive, et on l'amène sous le mercure à fermer exactement le vase à explosion dont le rebord a été également aplani sur la meule. On retire alors le vase du mercure et on le munit du manchon de verre (fig. 3) comme on le voit sur la figure d'ensemble 4. Ce manchon de verre se fixe à la partie supérieure du vase à explosion sur un bourrelet de caoutchouc qui, le fermant hermétiquement, permet de le remplir d'eau. Pour mesurer la pression, j'ai employé la disposition de levier indiqué dans la fig. 4. Le poids fixe  $a$  ne sert qu'à faire équilibre au plus long bras du levier sur lequel se meut le poids  $b$ , de manière à faire varier la charge qui repose sur l'obturateur du vase à explosion. La tige  $d$  par laquelle le levier porte sur cet obturateur tombe dans un petit trou pratiqué exactement au centre de la monture métallique, de manière à ce que la charge soit également répartie. Le mercure qui est dans le vase est mis en communication avec la feuille métallique  $c$  par un fil de platine qui traverse le fond du vase. Pour faire jaillir l'étincelle, il ne restera donc plus qu'à relier la machine de Ruhmkorff, d'une part avec le levier, d'autre part avec la feuille d'étain. Lorsque la pression du gaz enflammé est plus faible que celle qu'exerce le levier, il ne se produit pas d'explosion bruyante, et de plus l'eau renfermée dans le manchon de verre n'est pas mise en mouvement. Dans le cas contraire, cette eau est projetée avec une grande violence et un grand bruit. A l'aide d'un très-petit nombre d'expériences, on arrive à apprécier approximativement la limite entre ces

deux cas contraires, et l'on peut même de leur moyenne déduire une mesure assez exacte de la pression maxima cherchée; comme on peut le voir par les exemples qui suivent :

Mélange de cyanogène et d'air, pression en atmosphères. . . . .	{ 11,01 faible explosion, 10,90 violente explos.
Mélange d'oxyde de carbone et d'air, pression en atmosphères . . . . .	{ 7,31 faible explosion, 7,22 violente explos.
Mélange d'oxyde de carbone et d'oxygène, pression en atmosphères . .	{ 10,20 faible explosion, 10,04 violente explos.
Mélange d'oxygène et d'hydrogène, pression en atmosphères. . . . .	{ 9,56 faible explosion, 9,46 violente explos.

A la pression produite par le levier, il faudra, cela va bien sans dire, ajouter la pression du mélange gazeux au moment où l'on a fermé le vase à explosion, ainsi qu'un terme de correction provenant de l'adhésion de l'obturateur. La pression nécessaire pour séparer cet obturateur du rebord du vase doit être surmontée par le gaz, et doit par conséquent s'ajouter à celle qu'indique le levier. Or, l'adhésion dépend en grande partie du temps pendant lequel la pression agit. Aussi, pour la mesurer autant que possible dans des conditions identiques à celles de l'expérience, j'ai employé la méthode suivante : je suspendis un plateau de balance à l'obturateur de verre et je le chargeai de plus en plus en le laissant reposer sur une table, jusqu'à ce que j'eusse atteint la limite à laquelle, en soulevant brusquement le vase, l'obturateur se trouvait détaché sans que le plateau de la balance fût sensiblement soulevé. J'ajoutai toujours le poids ainsi trouvé à la pression produite par le levier. L'incertitude qu'il peut y avoir dans la mesure de ce terme de correction, n'influe pas d'une manière sensible sur le résultat final des expériences, car ce terme n'est qu'une très-faible partie de la

pression totale. L'exactitude des résultats ainsi obtenus pour la pression maxima d'un gaz au moment de son explosion n'est évidemment qu'approximative, mais bien suffisante, comme on peut le voir par les expériences suivantes, pour reconnaître la loi qui préside aux phénomènes de combustion des gaz. Dans ces expériences le volume de gaz renfermé dans le vase à explosion était de 18,5 centimètres cubes. La flamme cylindrique produite par le passage de l'étincelle avait une hauteur de 8,15 centimètres, et une section de 1,7 centimètres. Dans la première et la seconde des sept expériences dont il va être fait mention on a opéré sur un mélange de  $h$  parties d'oxyde de carbone et de  $o$  parties d'oxygène, dans les proportions convenables pour la combustion complète; dans les expériences 3 et 7, on a opéré sur le même mélange en ajoutant chaque fois un excès de  $n$  parties d'oxygène.  $P$  et  $P_1$  sont donnés dans ces expériences comme dans toutes celles qui suivront en atmosphères.

	Expérience 1 <sup>re</sup>	Expérience 2 <sup>me</sup>	Expérience 3 <sup>me</sup>	Expér <sup>oo</sup> 4 <sup>me</sup>	Expér <sup>oo</sup> 5 <sup>me</sup>	Expér <sup>oo</sup> 6 <sup>me</sup>	Expérience 7 <sup>me</sup>
$h$	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
$o$	0,5715	0,5715	0,5715	0,5715	0,5715	0,5715	0,5715
$n$	0,0000	0,0000	0,1850	1,4664	1,8620	2,9390	3,6960
$P$	0,9934	0,9804	0,9590	0,9658	0,9699	0,9763	0,9768
$P_1$	10,1197	10,5600	8,6940	8,1662	7,6057	6,5130	5,6867
$t^{\circ}C$	4,5	10,0	10,7	8,5	8,8	8,6	10,0

Les valeurs des différentes constantes qui entrent dans la formule furent fixées comme suit :

$$\begin{array}{lll}
 \sigma_h = 0,1753 & s_h = 0,9674 & w = 2403 \\
 \sigma_o = 0,1547 & s_o = 1,1056 & \alpha = 0,00366 \\
 \sigma_n = 0,1547 & s_n = 1,1056 & H = 14,0000 \\
 \sigma_w = 0,1702 & s_w = 1,5202 & O = 8,0000
 \end{array}$$

Dans les expériences 8 et 9 qui suivent, on a ajouté au mélange de 1 partie d'oxyde de carbone avec 0,5715 d'oxygène, non plus des excès d'oxygène, mais un excès toujours croissant de  $n$  parties d'oxyde de carbone, et dans les expériences 10 et 11, au lieu de ce dernier gaz, un excès d'azote.

	Expérience 8 <sup>me</sup>	Expérience 9 <sup>me</sup>	Expérience 10 <sup>me</sup>	Expérience 11 <sup>me</sup>
$h$	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
$o$	0,5715	0,5715	0,5715	0,5715
$n$	1,0285	4,7444	1,8920	1,8920
P	0,9851	0,9791	0,9934	0,9802
P <sub>1</sub>	8,7602	4,7008	7,2760	7,5720
$t^{\circ}\text{C}$	8,0	7,7	4,5	10,0

Pour les expériences (8) et (9) on a :

$$\sigma_n = 0,1753$$

$$s_n = 0,9674$$

et pour l'expérience (10) :

$$\sigma_n = 0,1717$$

$$s_n = 0,9713$$

Les expériences (12) et (13) ont été faites avec un mélange d'oxygène et d'hydrogène pur obtenu par l'électrolyse, l'expérience (14) avec le même mélange plus un excès d'azote.

	Expérience 12 <sup>me</sup>	Expérience 13 <sup>me</sup>	Expérience 14 <sup>me</sup>
$h$	1,0000	1,0000	1,0000
$o$	8,0000	8,0000	8,0000
$n$	0,0000	0,0000	26,5000
P	0,9736	0,9736	7,9684
P <sub>1</sub>	9,7300	9,5140	7,2512
$t_1^{\circ}\text{C}$	5,0	10,0	10,0

Les valeurs des constantes employées à calculer ces différentes quantités étaient:

$$\begin{array}{lll}
 s_h = 2,3910 & s_h = 0,06927 & w = 2,9629 \\
 s_o = 0,1547 & s_o = 1,1056 & \alpha = 0,00366 \\
 s_n = 0,1717 & s_n = 0,9713 & H = 1,0000 \\
 s_w = 0,3621 & s_w = 0,62207 & O = 8,0000
 \end{array}$$

Le tableau ci-dessous donne les résultats du calcul de ces différentes expériences ordonnés suivant les maxima de température  $t_1 - t$  que ces différents mélanges gazeux rapportés à l'unité de volume et à 0° atteignent lors de leur combustion dans un vase fermé<sup>1</sup>. La colonne III donne les maxima de température correspondant aux mélanges dont les proportions sont données dans les colonnes I et II.

Numéro de l'expérience.	I	II	III $t_1 - t$	IV $x$	V Moyenne.	VI Écart de la moyenne.
2	2 vol. CO	0,0000 vol.	3172° C.	0,351		+0,0194
	vol. O					
1	vol. CO	0,0000 vol.	2893° C.	0,319		-0,0126
	vol. O					
12	vol. H	0,0000 vol.	2854° C.	0,338	0,3316	+0,0064
	vol. O					
13	vol. H	0,0000 vol.	2833° C.	0,336		+0,0044
	vol. O					
3	vol. CO	0,1079 vol. O	2558° C.	0,314		-0,0176
	vol. O					

<sup>1</sup> Il n'a pas été tenu compte de la diminution que subit la chaleur de combustion par la soustraction du terme  $t$  à la température maxima  $t_1$ , cette diminution étant tout à fait négligeable.

Numéro de l'expérience.	I	II	III $t_1 - t$	IV $x$	V Moyenne.	VI Écart de la moyenne.
8	vol. CO vol. O	0,6857 vol. CO	2471° C.	0,460		-0,0421
4	vol. CO vol. O	0,8554 vol. O	2325° C.	0,478		-0,0241
5	vol. CO vol. O	1,0861 vol. O	2117° C.	0,490		-0,0121
11	vol. CO vol. O	1,2563 vol. N	2084° C.	0,515		+0,0129
14	vol. H vol. O	1,2599 vol. N	2024° C.	0,547	0,5021	+0,0449
10	vol. CO vol. O	1,2563 vol. N	1909° C.	0,470		-0,0321
6	vol. CO vol. O	1,7145 vol. O	1726° C.	0,520		+0,0179
7	vol. CO vol. O	2,1559 vol. O	1460° C.	0,512		+0,0099
9	vol. CO vol. O	3,1629 vol. CO	1146° C.	0,527		+0,0249

Il ressort de la colonne III :

1° En prenant la moyenne des expériences (1) et (2), qu'un mélange explosif en proportions convenables d'oxyde de carbone et d'oxygène faisant explosion dans un vase fermé s'échauffe de 0° C. à

3033° C.

avec un écart de la moyenne des expériences qui s'élève jusqu'à 4,58 pour 100 de l'élévation de la température tout entière.

2° En prenant la moyenne des expériences (12) et (13), qu'un mélange d'oxygène et d'hydrogène à proportions convenables faisant explosion dans un vase fermé s'échauffe de 0° C. à

2844° C.

et cela avec des différences d'une expérience à l'autre qui s'élèvent jusqu'à 0,388 pour 100 de l'élévation totale de température.

3° En prenant la moyenne des expériences (10) et (11), qu'un mélange à proportions convenables d'oxyde de carbone et d'air atmosphérique brûlant dans un vase fermé s'échauffe de 0° C. à

1997° C.

avec une erreur possible de 4,41 pour 100 de l'élévation totale de température.

4° Que, d'après l'expérience (14), un mélange à proportions convenables d'hydrogène et d'air atmosphérique brûlant dans un vase fermé s'échauffe de 0° C. à

2024° C.

Les colonnes IV et V font voir ce fait très-curieux :

5° Qu'à la température  $t_1 - t$ , et cela tant dans le cas du mélange pur d'oxygène et d'oxyde de carbone que dans celui d'oxygène et d'hydrogène [expériences (1), (2), (3), (12)], il n'y a qu'un tiers environ de la quantité totale d'oxyde de carbone ou d'hydrogène qui brûle, car :

$$x = \frac{1}{3,015}$$

tandis que les deux autres tiers ont perdu la faculté de se combiner à l'oxygène, en étant élevés à ces hautes températures de 2558° à 3033° C.

6° Et, de plus, que lorsque ces deux mêmes mélanges explosifs sont étendus de 0,686 à 3,163 volumes de gaz étranger à la combustion, de manière à abaisser la température de la flamme jusqu'à 2471° C. et 1146° C., c'est à peu près exactement la moitié de l'oxyde de carbone

ou de l'hydrogène qui brûle à toutes les températures comprises entre ces limites, car la moyenne des expériences donne :

$$x = \frac{1}{1,992}$$

tandis qu'au contraire, dans l'autre moitié oxygène et oxyde de carbone ou oxygène et hydrogène, les deux gaz ont complètement perdu la faculté de se combiner à ces températures.

D'après cela les produits de la combustion du mélange pur d'oxygène et d'oxyde de carbone à 3033° C. sont les suivants :

Oxygène. ....	1 vol.
Oxyde de carbone...	2 vol.
Acide carbonique....	1 vol.

de même on obtient comme produit de la combustion du mélange explosif pur d'hydrogène à 2844° C. :

Oxygène.....	1 vol.
Hydrogène.....	2 vol.
Vapeur d'eau.....	1 vol.

A toutes les températures comprises entre 2471° C. et 1146° C. la combustion du mélange explosif d'oxyde de carbone donne les produits suivants :

Oxygène.....	1 vol.
Oxyde de carbone...	2 vol.
Acide carbonique....	2 vol.

Enfin, le mélange explosif d'hydrogène donne à 2024° C. :

Oxygène.....	1 vol.
Hydrogène.....	2 vol.
Vapeur d'eau.....	2 vol.

Les différents résultats indiqués dans les colonnes III et IV sont représentés graphiquement dans la fig. 5 sous forme d'une courbe A, ayant comme abscisses les températures et comme ordonnées les quantités d'oxyde de carbone ou d'hydrogène qui, sur 10 volumes de chacun de ces deux gaz, ont eu la faculté de se combiner avec l'oxygène à ces mêmes températures. Cette courbe, qui est plutôt une ligne brisée, montre que la proportion de gaz non brûlé n'augmente pas régulièrement avec la température, mais s'accroît brusquement à certaines températures. La courbe B, fig. 5, a pour abscisses les températures d'explosion des différents mélanges explosifs d'oxyde de carbone, et pour ordonnées les excès de gaz non combustible contenus dans l'unité de volume de chacun de ces mélanges. Plusieurs des points de ces courbes ont été déterminés comme moyenne de deux expériences faites sur le même mélange gazeux. La courbe B présente un point d'inflexion correspondant au coude brusque de la courbe A et à la température où la fraction de gaz brûlé passe subitement de  $\frac{1}{3}$  à  $\frac{1}{2}$ . De tout ceci il résulte que la combustion des gaz se fait dans de toutes autres conditions qu'on ne l'avait admis jusqu'à présent.

Si l'on fait faire explosion à un mélange d'oxyde de carbone et d'oxygène, sa température s'élève subitement de 0° à 3033° C., et après il contient encore les  $\frac{2}{3}$  de l'oxyde de carbone primitif, demeurés étrangers à la combustion, n'ayant pas eu à cette température la faculté de se combiner avec l'oxygène; le gaz se refroidissant par conductibilité et rayonnement, sa température s'abaisse jusqu'à 2558° C., sans qu'aucune nouvelle quantité d'oxyde de carbone ait été brûlée. Le mélange gazeux continuant à se refroidir, il se produit une nouvelle combustion, qui

restitue au mélange la chaleur perdue par conductibilité et rayonnement, et rétablit la température de 2558° C., sans pouvoir toutefois élever la température au-dessus de cette limite. La température qui s'était d'abord graduellement abaissée à partir de 3033° demeure ensuite assez longtemps fixe à 2558° et cela jusqu'à ce que la moitié juste de l'oxyde de carbone ait été brûlée. A partir de ce moment le mélange gazeux entre dans une nouvelle phase de refroidissement graduel jusqu'à 1146° C. au moins, sans intervention d'aucune combustion nouvelle. Et comme lors du refroidissement complet le mélange est entièrement transformé en acide carbonique, ces phases alternatives de combustions partielles et de refroidissements graduels doivent nécessairement se reproduire au-dessous de 1146° C., jusqu'à ce que les dernières portions d'oxyde de carbone aient été brûlées.

Si, en suivant la marche inverse, on réussit par une élévation graduelle de température à faire passer l'acide carbonique par des phases de décomposition successives correspondant à celle que nous venons de constater dans la combustion de l'oxyde de carbone, on en aura une preuve par la mesure du poids spécifique de ce gaz à ces différentes températures, et l'on devra, dans ce cas, trouver comme valeur de cette pesanteur spécifique<sup>1</sup> :

à 0° 1,5202  
entre 1146° et 2558° 1,2162  
entre 2558° et 3033° 1,1402

De même, en produisant de la sorte la décomposition

<sup>1</sup> En faisant abstraction de l'erreur qui provient de ce que les lois de Mariotte et de Gay-Lussac ne sont pas parfaitement exactes.

lente de la vapeur d'eau, on devrait avoir comme mesures de sa pesanteur spécifique :

à 150° 0,6221

à 1874° 0,4977

à 2024° 0,4666

Cette combustion discontinue et alternative des gaz dans l'oxygène rentre sous la loi générale que j'ai énoncée ailleurs à propos d'une classe de phénomènes tout à fait analogues <sup>1</sup>.

*Quand dans un mélange gazeux, parfaitement homogène, il se produit à la fois et dans des conditions favorables différentes combinaisons chimiques, celles-ci sont entre elles dans un rapport stœchiométrique simple; mais ces rapports changent et cela d'une manière discontinue et par sauts brusques, quand on ajoute au mélange gazeux des excès toujours croissants d'un troisième corps qui ne détruit pas l'homogénéité du mélange.*

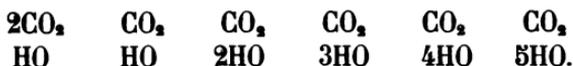
Pour faire mieux comprendre cet ordre de phénomènes, je reproduis ici quelques-unes des observations que j'ai publiées ailleurs <sup>2</sup> à l'appui de cette loi :

Lorsqu'on enflamme un mélange homogène d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'oxygène ne contenant pas assez de ce dernier gaz, pour que la combustion d'aucun des deux autres gaz seul puisse être complète, il peut se présenter trois cas : l'oxygène se combinant tout entier avec l'un des gaz, ou tout entier avec l'autre ou avec tous deux à la fois. L'expérience montre que la combinaison a lieu avec tous les deux ; mais elle montre en même temps que les quantités de chacun des deux gaz en excès auxquelles l'oxygène se combine sont entre elles dans un

<sup>1</sup> Liebig, *Ann.*, t. LXXX, p. 137.

<sup>2</sup> *Gasometrische Methoden*, page 273.

rapport atomique simple, lequel, quand on fait varier la quantité de l'un ou de l'autre des deux gaz inflammables, ne change pas d'une manière continue, mais passe brusquement d'un rapport atomique simple à un autre. L'oxygène se partage entre les deux gaz en excès, de manière à former toujours un mélange à proportions simples d'eau et d'oxyde de carbone, les différents mélanges pouvant résulter de cette double combinaison sont les suivants :



Comme jusqu'ici on n'a pu former aucune combinaison d'eau et d'acide carbonique, on est forcé d'admettre *qu'il se produit entre les atomes libres de différents corps des attractions soumises à la loi des proportions définies, même dans des cas où la combinaison chimique, correspondant à ces proportions, ne peut pas se former.* Partant, on est amené à admettre aussi *que dans des corps en présence et avant aucune combinaison, les forces chimiques sont capables de distribuer les atomes voisins, ceux même qui ne devront jamais se combiner, suivant certains groupements déterminés qui soient entre eux dans des rapports stœchiométriques simples, et entre lesquels la combinaison s'effectue de préférence, si plus tard elle a lieu.*

Cela étant, et pour en revenir à la combustion des gaz, on y reconnaît sans peine le même ordre de considérations. Supposons, en effet, un certain nombre d'atomes d'oxygène et d'oxyde de carbone :

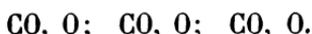


soient exposés à des températures de plus en plus élevées. Il arrivera un moment où la première paire  $\text{CO}, \text{O}$  brûle

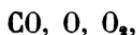
et se change en  $\text{CO}_2$ . La résultante des actions existant entre les atomes :



devra dès lors être toute différente de ce qu'elle était dans le premier cas :



Cette résultante peut avoir été changée au point de ne pouvoir plus effectuer la combinaison des deux paires d'atomes voisins de  $\text{CO}_2$  aux températures comprises entre  $3033^\circ \text{C}$ . et  $2558^\circ \text{C}$ . Quand donc le même fait se sera produit dans la masse entière du mélange gazeux, il ne pourra y avoir qu'un tiers de l'oxyde de carbone qui soit brûlé, conformément à ce qu'indique l'expérience. Quant à expliquer théoriquement pourquoi dans ces conditions la force attractive en question ne s'exerce qu'entre trois paires d'atomes et non pas plus, on ne le peut pas mieux qu'on ne peut en général pour une combinaison quelconque déterminer d'avance *à priori* les quantités d'atomes qui entreront en jeu. Après cela, on peut par le même mode de raisonnement se rendre compte du fait qu'au-dessous de  $2558^\circ \text{C}$ ., il n'y ait encore que la moitié du mélange gazeux qui ait brûlé. En effet, la formation d'un nouvel atome d'acide carbonique devenue possible au-dessous de cette température a entraîné avec elle un nouvel état d'équilibre des forces atomiques et un nouveau groupement de ces mêmes atomes tel que :



dans lequel de nouveau la résultante des attractions réciproques se trouve trop faible, même aux températures plus basses de  $2471^\circ$  à  $1146^\circ$ , pour former un nouvel atome d'acide carbonique.

Cette explication trouve sa confirmation dans le fait que tant la température à laquelle un mélange gazeux prend feu, que les intervalles de température entre lesquelles ont lieu les différentes phases de combustion, dépendent des attractions qu'exercent les uns sur les autres des groupes d'atomes voisins, même ceux qui ne jouent aucun rôle dans les combinaisons produites. C'est un fait bien connu, que ce n'est qu'à des températures comprises entre 20° et 30° que le phosphore commence à se combiner avec l'oxygène pur pour former de l'acide phosphoreux, qu'une légère addition d'un hydrogène carboné quelconque détruit cette faculté du phosphore de se combiner avec l'oxygène entre 20° et 30°, et ne la rend possible qu'au-dessus de 30°; qu'enfin, au contraire, la présence d'une certaine quantité d'azote abaisse bien au-dessous de 20° le point auquel le phosphore devient lumineux.

J'ai à peine besoin de faire observer ici que la méthode décrite dans ce mémoire pour la détermination des températures de certaines flammes, n'est applicable qu'aux mélanges explosifs dans lesquels il n'y a que deux éléments qui prennent part à la combustion et pas plus, car dans un cas plus compliqué que deux, l'on serait dans l'impossibilité de déterminer quels sont de tous les produits possibles ceux qui se forment dans les différentes phases de la combustion. En revanche, l'on peut toujours au moyen de la formule ci-dessous calculer la température  $t_1$  de la flamme d'un mélange gazeux formé de deux gaz seulement se combinant ensemble, pourvu que l'on ait calculé d'avance une fois pour toutes, en nombres entiers, le coefficient  $\frac{m}{n}$ , exprimant pour différents intervalles de tempé-

rature la proportion de gaz qui est susceptible de brûler à cette température-là. Cette formule est :

$$t_1 = \frac{\frac{m}{n} Hw}{\sigma_2 \frac{m}{n} (H+O) + \sigma_1 \left(1 - \frac{m}{n}\right) H + \sigma_0 \left(1 - \frac{m}{n}\right) O + \sigma_q q}$$

dans laquelle les grandes lettres latines indiquent les poids atomiques des gaz qu'il s'agit d'enflammer,  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_q$  les chaleurs spécifiques des différents gaz, et  $q$  le poids d'une certaine quantité de gaz étranger à la combustion, le tout rapporté à la même unité que H et O.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

### H. WILD. POUVOIR ABSORBANT DE L'AIR SUR LA LUMIÈRE.

M. Wild, à l'occasion des communications faites à l'Académie des Sciences par M. A. de la Rive et par le maréchal Vaillant, a repris l'étude de la question de la transparence de l'air en se servant de son photomètre <sup>1</sup>.

Le procédé d'expérimentation consiste dans l'emploi de deux écrans carrés de papier, l'un de 0<sup>m</sup>,6, l'autre de 1<sup>m</sup>,2 de côté. On place ces deux écrans, d'abord tous les deux, à 6 mètres de distance de chacun des deux oculaires du photomètre et on mesure l'intensité relative de leur éclaircissement. Cela étant, le petit écran demeurant fixe, on transporte l'autre à 21 mètres de distance, puis à 36, et on mesure le rapport de leurs éclaircissements ; puis on mesure de nouveau ce même rapport, les deux écrans étant replacés à la même distance. Une formule <sup>2</sup> dans laquelle  $a$  représente le coefficient de transparence de l'air, c'est-à-dire la proportion de lumière incidente transmise à travers une couche d'air d'une longueur d'un mètre, a donné à M. Wild, pour la valeur de  $a$ , 0,9961 avec une erreur possible de  $\pm 0,0005$ .

L'expérience a été faite sur une route parfaitement libre, entourée seulement de prairies ; la température était de 24° Cent., la fraction de saturation de l'air de 0,55 et la pression

<sup>1</sup> Voyez *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, juin 1867, t. LXIV, p. 1221.

<sup>2</sup> Nous ne donnons pas ici cette formule qu'on trouvera dans le mémoire original de M. Wild. On peut aussi trouver la description de son photomètre dans les *Annales de Poggendorff*, t. CXVIII, p. 193.

moyenne de  $0^m,722$  ; enfin la couche d'air était située à environ  $1^m,2$  au-dessus du sol.

M. Wild remarque que le résultat qu'il a obtenu diffère assez notablement de ceux auxquels conduisent les observations de Schlagintweit qui donnent, d'après lui 0,9990, et d'après Beer 0,9997, nombres tous les deux assez différents de celui de 0,9961 qui résulte de ses propres expériences. M. Wild attribue l'infériorité du coefficient de transparence qu'il a trouvé à ce que le jour où il a fait son expérience tout concourait à augmenter le pouvoir absorbant de l'air. Il soufflait un vent continu du nord-ouest ; l'air était sec et la température élevée, de sorte qu'il devait y avoir dans l'air des courants entraînant avec lui une grande abondance de poussière et de germes organiques.

M. Wild a encore réussi en employant des verres de diverses couleurs à trouver que le coefficient de transparence de l'air est plus grand pour les rayons rouges que pour les bleus.

L'intensité du pouvoir absorbant de l'air ayant paru assez grande à M. Wild pour pouvoir être sensible même dans un tube ne dépassant pas deux mètres de longueur, il a fait une série d'expériences en faisant le vide dans l'un des tubes de son photomètre, tandis que l'autre était rempli d'air à la pression atmosphérique. Il a trouvé une différence sensible dans le degré de transparence de ces deux milieux, ce qui lui a montré que, à l'aide de son photomètre, il lui était facile de mesurer le pouvoir absorbant de faibles colonnes d'air renfermées dans des tubes. En conséquence il se propose, en perfectionnant encore sa méthode, de refaire dans des espaces fermés les expériences qu'il a déjà faites dans des conditions plus favorables en plein air.

En attendant, il résulte des expériences déjà faites que la transparence de l'air est en général bien plus faible qu'on ne l'a cru jusqu'à présent, et que, ainsi que nous l'avons fait remarquer, les rayons bleus sont bien plus absorbés par l'air

que les rayons rouges, ce qui est d'accord avec la théorie que Clausius a donnée de la teinte rouge du ciel le soir et le matin, et de la coloration bleue dans la journée.

---

**J.-C. POGGENDORFF. SUR UN NOUVEAU PHÉNOMÈNE ÉLECTRIQUE DE MOUVEMENT.** (*Comptes rendus de l'Académie de Berlin* pour juin 1867, et *Philosophical Magazine*, supplément de février 1868.)

On a fréquemment cité des exemples de mouvement de nature très-diverse provenant de l'action directe ou indirecte des courants électriques, mais le phénomène suivant, dû aux recherches de M. Poggendorff et communiqué par lui, il y a quelques mois, à l'Académie de Berlin, n'avait pas été décrit jusqu'ici. L'auteur l'observa pour la première fois, lorsqu'il s'est occupé du développement de l'électricité par le frottement du mercure contre des corps isolants, en vue surtout de s'assurer si les singulières anomalies, remarquées déjà anciennement à ce sujet, se produiraient également dans un espace vide d'air. Il avait fait préparer dans ce but plusieurs tubes vides d'air, renfermant chacun une certaine quantité de mercure et pourvus aux deux extrémités, ou au moins à l'une d'entre elles, de fils de platine destinés à indiquer l'état électrique du mercure qui y était renfermé. Le premier de ces tubes, qui n'était pourvu que d'un seul fil de platine, devenait très-lumineux lorsqu'on l'agitait à l'obscurité, et lorsque le fil de métal était mis en communication avec un électroscope, il en résultait une divergence notable des feuilles de métal. Cette divergence était négative et, par conséquent, normale.

Pour s'assurer s'il en serait de même lorsque le tube était électrisé, l'auteur recouvrit chacune de ses extrémités d'une large bande de feuille d'étain, et ayant ensuite placé ce tube qu'il compare à une bouteille de Leyde vide d'air, à travers les électrodes d'une machine de Holz, il constata que le pas-

sage du courant n'altérait en rien l'état négatif du mercure. Il crut cependant apercevoir un certain mouvement dans celui-ci pendant que le tube était posé sur les électrodes, mouvement qui, au surplus, ne pouvait avoir un caractère défini, car le courant dans ce cas est un courant alternatif.

L'auteur se procura donc d'un second tube, muni cette fois de fils de platine à chacune de ses extrémités. Ayant fait passer le courant à travers ce tube, placé aussi horizontalement que possible, dans le sens de sa longueur, il aperçut de nouveau un léger mouvement dans le mercure, plus distinct cette fois que dans le premier cas, mais pas encore assez défini pour l'autoriser à le regarder comme réel. Une expérience analogue, faite avec trois autres tubes, a fourni un résultat à peu près semblable ; mais un sixième tube, préparé avec un soin tout particulier, a suffi pour lever tout doute sur le mouvement du mercure. Non-seulement on y avait fait le vide le plus parfait possible, mais, de plus, on y avait maintenu pendant quelque temps le mercure à l'état d'ébullition, au point qu'en inclinant le tube, on entendait ce bruit sec du mercure contre le verre qui indique que le vide est parfait. De plus, ce tube était recourbé à angle droit à la distance d'un pouce de chacune de ses extrémités, de façon à ce que les fils de platine ne fussent plus en contact avec le mercure, l'auteur ayant cru remarquer que ce contact avait pour effet de diminuer la mobilité du liquide, probablement par suite de la formation d'un amalgame. Le tube, ainsi disposé, a été suspendu aux électrodes de la machine de Holtz à l'aide de petits crochets en fil de fer, de telle manière que le milieu se trouvait parfaitement horizontal. Cette position était facile à obtenir en faisant mouvoir les électrodes, jusqu'à ce que la petite colonne de mercure, qui servait lui-même de niveau, restât parfaitement immobile, lors même qu'on frappait légèrement sur le tube. En faisant alors passer le courant de la machine, on voyait aussitôt le mercure se mettre en mouvement et se transporter avec une certaine vitesse du

pôle négatif au pôle positif, et cela quelle que fût la direction du courant.

Pour que le mercure se mette en mouvement, il est indispensable que le diamètre de la colonne ne soit pas suffisant pour remplir la section entière du tube placé horizontalement, si ce n'est peut-être sur une très-petite portion de sa longueur. Le tube était disposé, dans la plupart des cas, de façon à ce que le mercure formât un petit cylindre ou filet au-dessus duquel passait le courant. Dans l'expérience dont nous venons de rendre compte, ce filet avait quatre pouces de long. La partie horizontale du tube était long d'un pied, d'où il résulte que le filet avait à se mouvoir sur un espace de huit pouces. Il fallait, pour que ce mouvement s'opérât, un intervalle de deux à trois secondes, suivant l'intensité du courant. Dès que le filet de mercure commence à se mouvoir, aussitôt il change de forme et s'allonge d'environ un pouce. Si l'électricité n'agit que sous la forme d'un courant intermittent, on remarque que c'est l'extrémité antérieure du filet, celle qui est située vers l'extrémité positive du tube, qui commence d'abord à se mouvoir, tandis que l'extrémité postérieure reste immobile. Lorsqu'ensuite on suspend l'action du courant, on voit l'extrémité postérieure du filet se traîner à la suite de l'autre, en s'étirant à la façon d'une sangsue. On remarque aussi sur la surface du filet, pendant qu'il se meut, un état de vibration des particules indiqué par l'apparition d'un grand nombre de petites stries, provenant évidemment de la réflexion de la lumière sur les ondes de la matière vibrante.

Le phénomène que nous venons de décrire ne se vérifie pas seulement pour le cas de très-petites quantités de mercure; au contraire, lorsque le mercure est en trop petite quantité, il reste immobile, probablement à cause de son adhésion pour les parois du tube. L'auteur a remarqué, en effet, qu'en secouant le tube de façon à détacher de la partie postérieure du filet de petites parcelles de mercure de deux,

trois ou quatre lignes de long, lorsqu'ensuite on fait passer le courant, ces petites parcelles de mercure restent immobiles, tandis que la masse continue à se mouvoir comme auparavant. Dans l'expérience précitée, le poids du mercure mis en mouvement n'était que d'une once, mais l'auteur ne doute pas qu'en employant un tube plus large, il en aurait été de même d'une livre de mercure, car comme nous le verrons, la force motrice, dans l'opinion de M. Poggendorff, réside en partie dans le mercure même.

Il n'est pas nécessaire, pour que le phénomène de mouvement se manifeste, que le courant employé ait une certaine intensité. Le courant produit par une machine de Holtz est, en effet, faible comparé à celui d'une bobine d'induction ou d'une pile voltaïque, et cependant, ce courant peut être encore affaibli sans rien changer à l'effet produit. La preuve, c'est que l'auteur, dans une de ses expériences, avant d'introduire le courant dans le tube vide, l'a fait passer successivement à travers une colonne d'air de l'épaisseur d'un pouce, puis à travers une colonne d'eau de la longueur de huit pouces, et enfin à travers le fil d'une bobine d'induction de 10,000 pieds, sans que son action parût le moins du monde affaiblie. Les électrodes auxquels le tube est suspendu, s'ils se terminent en pointes, peuvent être rapprochés à moins d'un pouce l'un de l'autre, de façon à laisser passer de petites étincelles, sans amener d'interruption dans le mouvement du mercure. L'auteur a même constaté que le courant produit par la machine électrique ordinaire, munie d'un disque de quinze pouces seulement, suffisait pour communiquer au mercure un mouvement de vibration tout aussi vif que lorsqu'il se servait de la machine de Holtz. Ce mouvement était cependant moins continu, se manifestant plutôt par saccades; et c'était vers l'extrémité de la machine qui communiquait avec le conducteur, c'est-à-dire, vers le pôle positif de la machine que se portait le filet de mercure.

L'auteur est parvenu à reproduire le phénomène au moyen

de la machine de Holtz jointe à une bouteille de Leyde. Dans ce cas, le tube était suspendu de manière que l'une de ses extrémités se trouvait rapprochée de l'électrode positif, et l'autre d'un support isolé en laiton dont on approchait l'électrode négatif à la distance de demi-pouce environ. On a remarqué que, dans ce cas, il arrivait parfois qu'avant le passage d'une étincelle de la bouteille de Leyde, et par conséquent, pendant que l'électricité positive se portait à travers l'électrode pour former cette étincelle, le mercure dans le tube commençait à se mouvoir du côté du pôle positif, ou plutôt vers la portion la plus positive de l'électrode positif, tandis qu'au moment où l'étincelle passait, le mercure restait à peu près stationnaire.

Un courant d'induction paraît se comporter comme le courant de la machine, mais d'une façon moins énergique, malgré sa plus grande intensité. L'auteur n'a pu arriver à des conclusions certaines sur cette partie de son sujet. Pour éviter l'action que des fils de platine, sous l'influence du courant d'induction, pourraient exercer sur le mercure, l'auteur s'est servi de tubes munis de fils d'aluminium. Dans ce cas, des effets analogues à ceux déjà décrits, quoiqu'un peu moins énergiques, se sont représentés lorsqu'on a employé le courant de la machine, tandis qu'un puissant courant d'induction ne produisait qu'une action d'une nature douteuse, lors même que dans ce cas les tubes ont paru remplis d'une lumière blanche stratifiée ou granulée visible de jour, ce qui n'est jamais arrivé en se servant du courant de la machine.

Dans la production du phénomène que nous venons de décrire, la quantité d'électricité est un élément moins important que ce qu'on appelle son « intensité ou sa tension. » C'est ce qui le distingue de phénomènes analogues produits par le passage de courants voltaïques à travers les liquides, et plus spécialement des mouvements du mercure observés par M. Erman en 1808, et par M. Quinke en 1861. D'après la théorie de M. Quinke, à laquelle M. Poggendorff se rallie,

au moins quant à présent, la substance renfermée dans le tube est électrisée, avant de se mettre en mouvement, par le contact du corps qui est à côté d'elle. Alors le courant agit sur la substance ainsi électrisée, et la transporte au pôle positif ou au pôle négatif suivant que l'électricité développée est négative ou positive. Le mercure, par exemple, dans l'expérience des tubes de Poggendorff, serait devenu négatif par suite de son contact avec le verre, et nous avons vu qu'il était effectivement à l'état négatif au moment de se mettre en mouvement. Il n'est donc pas étonnant qu'il se soit transporté du côté du pôle positif. Si cette opinion est fondée, il faudrait, ce semble, en conclure que le transport du mercure devrait pouvoir s'effectuer en quantité quelconque. L'auteur fait cependant remarquer que le mercure, dans quelques-uns des tubes, avait une réaction positive, avant même qu'il eût pu constater un mouvement correspondant vers le pôle négatif. Il est possible qu'il se soit trouvé à l'état négatif pendant le passage du courant.

Dans tous les cas décrits précédemment, le phénomène de mouvement du mercure a été accompagné d'une belle lueur fluorescente jaunâtre, visible à l'obscurité seulement, et qui se montre à l'extrémité négative du tube sur toute la longueur du fil de platine. Cette même lumière se manifeste à l'extrémité de la colonne de mercure tournée du côté du pôle positif, et se meut avec elle à travers le tube tout entier jusqu'à la courbure positive, laquelle émet aussi une vive lueur au moment où le mercure l'atteint. Le reste du tube, non occupé par le mercure, brille d'une belle lumière violette mais non stratifiée. Il est à remarquer que, dès que le mercure a atteint la courbure positive du tube, aussitôt la lumière jaune de l'extrémité négative perd une grande partie de son intensité, mais elle la retrouve dès que l'électricité positive a disparu. Cette intensité est encore accrue dans de certaines limites en faisant passer le courant électrique, avant qu'il ait pénétré dans le tube, à travers une couche mince d'air.

Les différents tubes de verre ne font pas tous également ressortir la lumière jaune fluorescente dont nous venons de parler. Morren l'attribuait (*Ann. de Chimie et de Physique*, série 4, t. IV, p. 365) à la présence d'uranium dans tous les verres d'Allemagne; mais une analyse postérieure par le docteur Stahlschmidt du verre des tubes employés dans les expériences relatées ci-dessus, montre qu'il ne renfermait pas la plus petite trace d'uranium, mais bien une quantité notable de cuivre, quoique d'ailleurs complètement incolore.

---

V. REGNAULT. SUR LA VITESSE DE PROPAGATION DES ONDES DANS LES MILIEUX GAZEUX. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome LXVI, p. 209.)

Les expériences dont je présente aujourd'hui les résultats à l'Académie sont terminées depuis plusieurs années. Le Mémoire qui les résume est déjà imprimé dans le tome XXXVII de ses Mémoires, dont il forme la première partie; mais comme ce volume ne paraîtra que dans un avenir plus ou moins éloigné, je prie l'Académie de m'autoriser à en publier les conclusions dans le *Compte rendu* de cette séance.

*Conclusions générales.*

Les formules adoptées jusqu'ici par les physiciens, comme représentant la vitesse de propagation d'une onde dans un milieu gazeux indéfini dans tous les sens, ou renfermé dans un tuyau cylindrique et rectiligne, supposent que le gaz jouit de l'élasticité parfaite, de plus que l'excès de force élastique qui donne lieu à la propagation de l'onde est infiniment petit par rapport à l'élasticité du milieu tranquille.

Ces hypothèses sont introduites dès l'origine dans le calcul; leurs conséquences se trouvent donc nécessairement dans les formules qu'on en déduit. Mais aucun de nos gaz ne satisfait rigoureusement à ces conditions; on doit donc s'attendre à trouver des différences sensibles entre les résul-

tats des expériences directes et ceux que l'on déduit de la théorie par le calcul.

En effet, en disant que le gaz jouit de l'élasticité parfaite, on suppose :

1° Qu'il suit exactement la loi de Mariotte ; mais l'expérience démontre que tous les gaz s'en écartent plus ou moins ;

2° Que son élasticité n'est pas altérée par les corps ambiants : mes expériences sur la propagation des ondes dans les tuyaux démontrent que leurs parois exercent une influence très-marquée ;

3° Que le gaz n'oppose aucune inertie à la transmission de l'onde : or mes expériences démontrent que l'émission d'une onde forte produit toujours un véritable transport des premières couches gazeuses, lequel augmente notablement la vitesse de propagation, surtout dans la première partie du parcours ;

4° Pour tenir compte de l'accélération produite par le dégagement subit de chaleur qui a lieu au moment du passage de l'onde, on admet dans le calcul la loi de Poisson ; mais celle-ci n'est exacte que si le gaz jouit de l'élasticité parfaite, s'il satisfait à la loi de Mariotte, etc., etc.

Enfin, le calcul théorique suppose que l'excès de compression qui existe dans l'onde est infiniment petit par rapport à la pression barométrique supportée par le gaz. Mais les expériences pour déterminer la vitesse de propagation du son dans l'air libre ont été faites jusqu'ici à l'aide du canon, et l'on a suivi l'onde depuis son origine, qui est à la bouche de la pièce. Or cette onde présente, au sortir du canon, une compression énorme, laquelle, il est vrai, s'affaiblit très-vite à mesure que l'onde se propage sphériquement dans l'espace ; mais on ne peut pas admettre que cette compression est *infiniment petite* dans les premières parties du parcours.

Lorsque l'excès de compression dans l'onde est une fraction sensible de celle du milieu gazeux tranquille, on ne peut

plus admettre la formule de Laplace; il faut recourir à une formule plus complexe, dans laquelle on a introduit les éléments véritables du problème. La formule que j'ai donnée dans mon Mémoire n'est elle-même qu'une approximation, car elle admet encore implicitement la loi de Mariotte et toutes les conséquences qui en découlent.

En résumé, la théorie mathématique n'a abordé jusqu'ici la propagation des ondes que dans un *gaz parfait*, c'est-à-dire dans un *fluide idéal* qui réunit toutes les propriétés que l'on a introduites *hypothétiquement* dans le calcul. On ne s'étonnera donc pas de voir que les résultats de mes expériences soient souvent en désaccord avec la théorie.

I. D'après la théorie, une onde plane doit se propager indéfiniment dans un tuyau cylindrique rectiligne, en conservant la même intensité. Mes expériences démontrent, au contraire, que l'intensité de l'onde diminue successivement, et d'autant plus vite que le tuyau a une plus faible section.

Pour démontrer nettement ce fait, j'ai produit des ondes, d'intensité égale, avec un même pistolet chargé de 1 gramme de poudre, à l'orifice de conduites de sections très-différentes, et j'ai cherché à reconnaître la longueur du parcours au bout de laquelle le coup ne s'entend plus à l'oreille. J'ai cherché de plus à déterminer le parcours, beaucoup plus long, au bout duquel l'onde silencieuse cesse de marquer sur mes membranes les plus sensibles. J'ai trouvé ainsi :

1° Dans une conduite à gaz d'Ivry, dont la section intérieure est de 0<sup>m</sup>,108, on entend encore le coup à la seconde extrémité, distante de 566<sup>m</sup>,7 de l'origine, mais le son est très-affaibli. Si l'on ferme la seconde extrémité hermétiquement, avec une plaque de tôle, et qu'on place l'oreille à l'orifice du départ, il faut prêter la plus grande attention pour entendre le retour du coup. Ainsi, dans une conduite cylindrique rectiligne du diamètre de 0<sup>m</sup>,108, un parcours de 1150 mètres suffit pour éteindre complètement le son produit par un coup de pistolet, avec une charge de 1 gramme de poudre.

2° Dans une conduite, du diamètre de 0<sup>m</sup>,30 de la route militaire, le coup de pistolet s'entend très-distinctement à l'autre extrémité, éloignée de 1905 mètres. Si l'on ferme cette extrémité avec une plaque de tôle, et qu'on applique l'oreille à l'orifice du départ, on entend encore l'onde réfléchie, mais la perception est à peine sensible. L'onde a alors parcouru, dans la conduite, un chemin de 3810 mètres.

3° Dans la grande conduite, du diamètre de 1<sup>m</sup>,10, de l'égout Saint-Michel, l'onde produite par le coup de pistolet donne un son intense quand elle arrive à l'autre extrémité B, après avoir parcouru un chemin de 1590 mètres. Après une première réflexion en B, elle revient à l'extrémité de départ A. Son parcours total est alors de 3180 mètres; on reconnaît que le son s'est affaibli, mais il conserve assez d'intensité pour qu'on l'entende au dehors, sans avoir besoin de retirer la membrane qui ferme l'orifice A. Après une seconde réflexion en B et un second retour en A, l'onde a parcouru 6360 mètres; on entend encore le coup très-distinctement. Enfin, ce n'est qu'après une nouvelle réflexion en B, qu'on n'entend le troisième retour en A, que si un silence absolu règne dans la galerie. Le parcours total est alors de 9540 mètres.

Ainsi, un coup de pistolet, produit par 1 gramme de poudre; donne un son qui n'est plus perçu par l'oreille quand il a parcouru :

1150 mètres dans un tuyau dont le diamètre est de 0<sup>m</sup>,108,  
 3810 mètres dans un tuyau dont le diamètre est de 0<sup>m</sup>,300,  
 9540 mètres dans un tuyau dont le diamètre est de 1<sup>m</sup>,100.

Les longueurs sont ici sensiblement proportionnelles aux diamètres. Il est probable, néanmoins, que ces parcours seraient plus longs si l'onde ne subissait pas des réflexions successives qui l'affaiblissent continuellement.

Lorsque l'onde n'a plus assez d'intensité, ou qu'elle s'est assez modifiée, pour ne plus produire sur notre oreille la sen-

sation du son, elle est encore capable, même après un parcours très-prolongé, de marquer son arrivée sur nos membranes.

Ainsi, lorsque l'onde est produite par une charge de 1 gramme de poudre, elle imprime sa dernière marque sur une membrane quand elle a parcouru les chemins suivants :

4056 mètres dans la conduite de 0<sup>m</sup>,108,  
11430 mètres dans la conduite de 0<sup>m</sup>,300,  
19851 mètres dans la conduite de 1<sup>m</sup>,100.

Mais, sur une conduite du diamètre de 1<sup>m</sup>,10 qui forme le grand siphon de Villemonble, nous avons noté des parcours beaucoup plus longs ; il est vrai que la charge de poudre était portée à 2<sup>gr</sup>,40. Ainsi, dans le tableau qui renferme les résultats de l'une des séries d'expériences faites sur cette longue conduite, la dernière marque correspondait à une onde qui avait parcouru 58641 mètres, et, lorsqu'on opérait sans tirer les bandes de papier, on notait facilement jusqu'au dixième retour de l'onde à la membrane A, lequel correspondait à un parcours de 97735 mètres, c'est-à-dire de près de 100 kilomètres. Mais les bandes de papier noirci prenaient des longueurs tellement considérables, qu'il m'a été impossible de recueillir plus de six retours ; ces bandes avaient déjà une longueur de 27 mètres quand elles marquaient le sixième retour.

Quelles sont les causes qui affaiblissent ainsi une onde plane lorsqu'elle se propage dans une conduite cylindrique rectiligne ? Elles sont de diverses natures, mais la principale tient certainement à ce que l'onde perd constamment une partie de sa force vive par la réaction des parois élastiques du tuyau. On le reconnaît immédiatement sur notre grande conduite du diamètre 1<sup>m</sup>,10 de l'égout Saint-Michel, qui est suspendue sur des colonnes de fonte, dans une large galerie voûtée : dans le premier trajet de l'onde, on entend au dehors un son très-fort au moment du passage de l'onde, en

quelque point de la ligne qu'on se place. Une portion notable de la force vive se dépense donc au dehors ; j'en dirai autant pour les extrémités et pour tous les orifices garnis de membranes. Cette perte continue nécessairement après que l'onde n'a plus assez d'intensité pour impressionner l'oreille, et elle suffit, à la rigueur, pour expliquer comment le son s'éteint, et comment l'onde s'affaiblit assez pour ne plus faire marcher nos membranes les plus sensibles. Mais je ne crois pas que ce soit la cause unique ; il y en a une autre qui provient d'une action de la paroi solide sur le gaz, dont elle diminue sensiblement l'élasticité ; j'en donnerai une preuve tout à l'heure.

II. La formule de Laplace ne contient pas l'expression de l'intensité de l'onde ; d'après cette formule, la vitesse de propagation d'une onde est donc la même, quelle que soit son intensité. Mais, d'après la formule plus générale que j'ai donnée, cette vitesse doit être d'autant plus grande que l'intensité de l'onde est plus considérable. Or nous venons de voir que, dans une conduite cylindrique rectiligne, l'intensité de l'onde ne reste pas constante, comme on l'a admis jusqu'ici ; mais qu'elle diminue successivement, et d'autant plus rapidement que le tuyau a une section plus petite. Il en résulte nécessairement que la vitesse de propagation d'une onde dans un tuyau doit diminuer continuellement à mesure qu'elle se propage, et la diminution sera d'autant plus rapide que le tuyau aura une plus petite section. C'est en effet ce qui se présente dans toutes mes expériences ; je me contenterai de rapporter ici les vitesses moyennes d'une onde produite par un coup de pistolet qui se propage dans de l'air sec et à 0 degré, et que l'on suit depuis son départ jusqu'au moment où elle n'a plus assez d'intensité pour faire marcher mes membranes. Je les choisis parmi les expériences qui ont été faites sur les conduites des sections 0<sup>m</sup>,108, 0<sup>m</sup>,300 et 1<sup>m</sup>,10.

1° *Conduite du diamètre de 0<sup>m</sup>,108 de la route d'Ivry.*Chemins parcourus. Vitesses moyennes V<sub>o</sub>.Charge de poudre = 0<sup>sr</sup>,3.566,74<sup>m</sup> 330,99<sup>m</sup>

1133,48 328,77

1700,22 328,21

2266,96 327,04

2833,70 327,52

Charge de poudre = 0<sup>sr</sup>,4.1351,95<sup>m</sup> 329,95<sup>m</sup>

2703,00 328,20

4055,85 326,77

5407,80 323,34<sup>1</sup>

La diminution de la vitesse moyenne d'une même onde comptée depuis son départ, mais que l'on prend successivement sur un parcours de plus en plus long, est très-marquée.

2° *Dans la conduite du diamètre de 0<sup>m</sup>,30 de la route militaire.*Chemins parcourus. Vitesses moyennes V<sub>o</sub>.Charge de poudre = 0<sup>sr</sup>,4.4905,0<sup>m</sup> 331,91<sup>m</sup>

3810,0 328,72

Charge de poudre = 0<sup>sr</sup>,4.

4905,0 332,37

3810,0 330,34

Charge de poudre = 1<sup>sr</sup>,5.

Réflexion sur le fond fermé B.

3810,3 332,18

7620,6 330,43

11430,0 329,64

15240,0 328,96

<sup>1</sup> Cette dernière vitesse m'inspire peu de confiance, parce qu'on ne l'a trouvée que sur une seule bande.

Les vitesses moyennes, pour des ondes produites avec une même charge de poudre et pour des parcours égaux, sont donc beaucoup plus grandes sur la conduite de 0<sup>m</sup>,30 que sur celle de 0<sup>m</sup>,108.

3° Dans la conduite du diamètre de 1<sup>m</sup>,10 de l'égout S<sup>t</sup>-Michel.

Chemins parcourus. Vitesses moyennes V'.

Charge de poudre = 1 gramme.

749,1 <sup>m</sup>	334,16 <sup>m</sup>
920,1	333,20
1417,9	332,50
2835,8	331,72
5671,8	331,24
8507,7	330,87
14343,6	330,68
14179,5	330,56
17015,4	330,50
19851,3	330,52

La vitesse moyenne de propagation sur la conduite du diamètre de 1<sup>m</sup>,10 diminue moins vite que sur celle du diamètre 0<sup>m</sup>,30. Les premières vitesses sont plus grandes, parce qu'elles sont prises bien plus près du départ.

Les différences sont encore plus marquées quand nous comparons, sur les trois conduites, les *vitesses moyennes limites*, c'est-à-dire celles qui correspondent à l'onde assez affaiblie depuis son départ pour ne plus marquer sur nos membranes.

Ces vitesses limites ont été trouvées :

Sur la conduite de 0,108 <sup>m</sup> , V'.	= 926,66 <sup>m</sup>	chemin parcouru =	4055,9 <sup>m</sup>
» 0,306 <sup>m</sup> , V'.	= 328,98	»	= 15240,0
» 1,106 <sup>m</sup> , V'.	= 330,52	»	= 19851,3

Dans ces expériences, l'onde a été produite par la même

charge de poudre; les membranes sont les mêmes, elles ont par conséquent la même sensibilité : en d'autres termes, elles doivent cesser de marquer dans les trois conduites, lorsque l'onde est arrivée à la même faiblesse. Si donc l'affaiblissement de l'onde ne provenait que de la perte de force vive à travers la paroi du tuyau, la vitesse moyenne limite devrait être la même dans les trois conduites, puisque l'onde a la même intensité au départ, et la même intensité au moment où elle donne sa dernière marque sur la membrane. Ces vitesses limites étant au contraire très-différentes, il faut en conclure que les parois du tuyau exercent encore sur l'air intérieur une autre action que celle que nous venons d'indiquer, action qui diminuerait notablement son élasticité sans changer sensiblement sa densité. Par suite de cette action, *la vitesse de propagation d'une onde de même intensité dans des tuyaux rectilignes serait d'autant plus faible que le tuyau aurait une section moindre.* Il est probable que la nature de la paroi, que son poli plus ou moins parfait, exercent une influence sur ce phénomène. Je citerai un fait qui en donne la preuve : dans les égouts de Paris à grande section, on prévient ordinairement les ouvriers par le son de la trompette; or on a reconnu que ces signaux portent incomparablement plus loin dans les galeries dont les parois sont recouvertes d'un ciment bien lisse, que dans celles où elles sont formées par de la meulière brute.

Pour que cette action des parois sur l'élasticité du milieu gazeux fût absolument nulle, il faudrait que le diamètre du tuyau fût infini; en d'autres termes, que la propagation du son eût lieu dans l'air libre. Mais cette action doit déjà être très-petite dans mes grosses conduites de 1<sup>m</sup>,40; j'ai supposé qu'elle y était nulle, et j'ai conclu d'expériences très-nombreuses et très-concordantes que *la vitesse moyenne de propagation, dans l'air sec et à zéro, d'une onde produite par un coup de pistolet, et comptée depuis la bouche de l'arme jusqu'au*

*moment où elle s'est tellement affaiblie, qu'elle ne fait plus marcher mes membranes les plus sensibles, est*

$$V' = 330^m,6.$$

J'ai cherché aussi à déterminer la vitesse que possède l'onde la plus affaiblie, celle que j'appelle la *vitesse minima*. Cette détermination n'a pu être faite avec quelque certitude que sur les grosses conduites de 1<sup>m</sup>,10; on a trouvé

$$W' = 330^m,30,$$

valeur qui diffère peu de la *vitesse limite moyenne*.

Dans les conduites de plus petit diamètre, la vitesse minima est encore moindre.

III. Lorsque l'onde est produite, non plus par l'explosion subite d'un mélange détonant, mais par l'injection d'une petite quantité d'air plus ou moins comprimé, sa vitesse de propagation dans la même ligne de tuyaux est d'autant plus grande que son intensité est plus considérable. Ainsi, pour cette onde, comme pour celle qui est donnée par le coup de pistolet, la vitesse diminue progressivement.

Dans nos conduites de 1<sup>m</sup>,10, les ondes produites par l'injection de l'air comprimé ont sensiblement la même vitesse initiale de propagation que les ondes qui sont données par les coups de pistolet, mais leur vitesse moyenne limite est un peu plus faible. Le même fait s'est présenté pour la conduite de 0<sup>m</sup>,30, lorsque l'excès de pression de l'air injecté était suffisant.

IV. L'onde produite par la fermeture brusque de l'orifice à l'aide d'un disque lancé avec une grande vitesse se comporte de même: *la vitesse de propagation diminue sensiblement à mesure que le parcours augmente*. Les expériences faites à l'aide du piston frappeur sur la conduite du diamètre de 0<sup>m</sup>,216 de la route de Choisy-le-Roi le montrent très-clairement. Dans la grande conduite du diamètre de 1<sup>m</sup>,10, formant le siphon de Villemonble, on a trouvé pour la vitesse

moyenne de propagation, sur un même parcours de 9773<sup>m</sup>,5 :

Lorsque l'onde est donnée par un coup de pistolet. . .  $V_0=333^m,14$

Quand elle est produite par le piston frappeur. . . . .  $V_0=332^m,56$

Ainsi, l'onde donnée par le piston frappeur marche un peu moins vite que celle qui provient du coup de pistolet; mais cela tient uniquement à ce qu'elle a moins d'intensité, car elle n'a jamais marqué sur la membrane un second retour qui correspondrait à un chemin parcouru de 19547 mètres, tandis que l'onde fournie par le coup de pistolet a marqué constamment plusieurs retours.

V. Les expériences que j'ai faites sur les ondes produites par la voix humaine et par les instruments à vent sont décrites en détail dans mon mémoire; mais la description que je pourrai en faire ici prendrait trop d'étendue pour cet extrait.

VI. Nos formules théoriques de la vitesse de propagation du son dans l'air ne contiennent pas la pression barométrique à laquelle l'air est soumis. Si donc ces formules sont exactes, *la vitesse de propagation d'une onde dans un gaz est la même, quelle que soit la pression que le gaz supporte.* Les seules expériences directes que l'on puisse invoquer jusqu'ici, comme confirmant cette loi, ont été faites dans l'air libre; ce sont celles de MM. Stampfer et Myrbach en 1822, dans le Tyrol, entre deux stations présentant une différence de niveau de 1364 mètres, et celles de MM. Bravais et Martens, faites en 1844 en Suisse, à deux stations dont la différence de niveau était de 2079 mètres. Malheureusement, les pressions barométriques moyennes que l'air présente entre les deux stations ne diffèrent pas assez de la pression au niveau de la mer.

J'ai donné dans mon mémoire deux séries d'expériences pour déterminer la vitesse de propagation du son dans de l'air, sous diverses pressions, et contenu dans des tuyaux de diamètre de 0<sup>m</sup>,108.

La première sur la conduite à gaz de la route militaire, près d'Ivry, ayant 567<sup>m</sup>,4 de longueur; les pressions ont varié de 0<sup>m</sup>,557 à 0<sup>m</sup>,838; par suite, la densité de l'air de 1,0 à 1,5.

La seconde a été faite sur une petite conduite horizontale établie dans la cour du Collège de France, et dont la longueur n'est que de 70<sup>m</sup>,5. Les pressions ont varié depuis 0<sup>m</sup>,247 jusqu'à 1<sup>m</sup>,267, par conséquent, la densité de l'air a changé à peu près de 1 à 5.

Il n'a pas été possible de constater une différence sensible dans la vitesse de propagation du son dans l'air sous des pressions si différentes. Ainsi, mes expériences confirment l'exactitude de la loi que je viens d'énoncer.

VII. Si l'on compare les vitesses  $V$  et  $V'$  de propagation d'une même onde dans deux gaz différents, mais à la même température et sous la même pression; si l'on admet qu'ils suivent la loi de Mariotte, qu'ils ont le même coefficient de dilatation, qu'ils satisfont à la loi de Poisson, etc., etc.; en un mot, si l'on admet que ce sont des *milieux gazeux parfaits*, on doit avoir, d'après la théorie,

$$\frac{V'}{V} = \sqrt{\frac{d'}{d}}.$$

De sorte que si l'un des gaz est l'air atmosphérique, et si  $\delta$  représente la densité de l'autre gaz par rapport à l'air, on a

$$\frac{V'}{V} = \sqrt{\frac{1}{\delta}}.$$

Jusqu'ici on n'a fait aucune expérience directe pour déterminer la vitesse de propagation d'une onde dans un gaz autre que l'air atmosphérique; on a cherché seulement à démontrer l'exactitude de la loi précédente par une méthode détournée, fondée sur la théorie des tuyaux sonores.

Je donne dans mon mémoire deux séries d'expériences directes sur les gaz que j'ai pu préparer en quantité suffisante.

La première série a été faite sur la conduite du diamètre de 0<sup>m</sup>,108 de la route militaire d'Ivry, et dont la longueur efficace est de 567<sup>m</sup>,4; j'ai pu la remplir successivement de gaz hydrogène, d'acide carbonique et de gaz de l'éclairage.

Pour la seconde série, j'ai utilisé la petite conduite du Collège de France, qui a la même section, mais seulement une longueur de 70<sup>m</sup>,5. J'ai pu m'en servir pour les gaz acide carbonique, protoxyde d'azote et ammoniac; je réunis en un seul tableau les résultats obtenus sur les deux conduites :

	$\frac{V'}{V}$	$\sqrt{\frac{1}{\delta}}$
	Conduite de 567 <sup>m</sup> ,3.	Conduite de 70 <sup>m</sup> ,5.
Hydrogène.....	3,801	3,682
Acide carbonique.	0,7848	0,8087
Protoxyde d'azote.	»	0,8100
Ammoniaque ....	»	1,3025

Si l'on compare les rapports  $\frac{V'}{V}$  des deux premières colonnes aux valeurs calculées de  $\sqrt{\frac{1}{\delta}}$ , on trouve une coïncidence assez remarquable : les différences seraient certainement plus petites si on avait pu opérer sur des gaz très-purs, mais c'est bien difficile dans des conduites d'aussi grande capacité. De plus, les valeurs de  $\sqrt{\frac{1}{\delta}}$  ne sont pas elles-mêmes très-exactes, parce qu'on est obligé quelquefois de prendre pour la densité du gaz par rapport à l'air, sa densité théorique, et non sa densité réelle, qui doit seule intervenir.

Mes expériences démontrent que l'on peut admettre la loi  $\frac{V'}{V} = \sqrt{\frac{1}{\delta}}$ , mais seulement comme une *loi limite*, à laquelle les gaz satisferaient exactement si on les mettait dans les conditions où ils se comportent comme des *milieux élastiques parfaits*.

VIII. Mes expériences pour déterminer la vitesse de pro-

pagation des ondes dans l'air libre, ont été faites par la méthode des coups de canon réciproques. L'onde a évidemment au départ une très-grande intensité, mais elle s'affaiblit très-vite à mesure qu'elle se propage sphériquement dans l'espace. De plus, au moment du départ du coup, les couches d'air voisines de la pièce doivent subir un véritable transport, qui augmente encore la vitesse de propagation. Ainsi, par suite de ce transport et de sa grande intensité, l'onde doit marcher plus vite, surtout suivant la ligne du tir, dans les premières parties du parcours que dans les suivantes. Mais cette accélération s'éteint très-vite et devient à peu près insensible quand l'onde parcourt de grandes distances.

Je distingue deux séries d'expériences :

Pour la première série, qui comprend 18 coups réciproques, chaque canon est éloigné d'environ 1280 mètres de la membrane qui marque l'arrivée de l'onde ; on trouve pour la vitesse moyenne de propagation dans l'air tranquille, sec et à 0 degré,

$$V'_{0} = 331^{\text{m}},37.$$

Dans la seconde série, chaque canon est éloigné de 2445 mètres environ de sa membrane; elle se compose de 11 journées d'expériences comprenant 149 coups réciproques avec de très-grandes variations de température et de vent.

La moyenne générale donne pour la vitesse dans l'air tranquille sec et à 0 degré,

$$V'_{0} = 330^{\text{m}},7.$$

Cette vitesse est notablement moindre que celle de la première série. Ainsi nous trouvons encore ici que la vitesse diminue sensiblement à mesure que le parcours augmente.

Dans la seconde série, la température a varié de 1°,5 à 21°,8; j'en conclus l'exactitude de la correction pour la température, telle qu'on l'admet généralement.

IX. Ces recherches sur la propagation de l'onde dans les milieux gazeux ont été entreprises principalement au point

de vue de la théorie mécanique de la chaleur. Je crois pouvoir en déduire des conséquences importantes ; mais la place dont je puis disposer pour cet extrait ne me permet pas de les développer.

---

### CHIMIE.

D<sup>r</sup> Jul. LÖWE. UEBER DIE UMWANDLUNG, etc. SUR LA TRANSFORMATION DE L'ACIDE GALLIQUE EN ACIDE TANNIQUE. (*Journal für prakt. Chemie*, CII, p. 111. En extrait dans *Zeitschrift für Chemie*, 1868, p. 111.)

Les recherches de M. Rochleder ont rendu douteux que l'on doive considérer l'acide tannique comme un glucoside dont l'acide gallique serait un dérivé. M. Löwe reviendra plus tard sur ce point, dans un travail sur le tannin. Il se propose dans ce mémoire de montrer que l'acide gallique peut être transformé, par oxydation, en acide tannique. C'est un fait connu qu'un mélange d'acide gallique et de nitrate d'argent, tous deux en solution aqueuse, reste clair au premier moment pour laisser ensuite précipiter de l'argent métallique. Quand on opère sur des liqueurs concentrées, il se dépose, par le frottement de la baguette sur les parois du verre, un précipité cristallin de gallate d'argent qui se décompose peu à peu même dans l'obscurité, avec séparation d'argent. Le liquide surnageant se colore alors en jaune, et quand on le soumet à l'évaporation, on obtient un résidu visqueux jaune foncé. L'acide gallique pur n'est pas complètement attaqué par le nitrate d'argent ; il est facile d'en retrouver des aiguilles dans le résidu dont il vient d'être question. Mais la réaction s'effectue sur la totalité de l'acide gallique, si, comme M. Löwe l'a reconnu, on l'emploie sous forme de gallate. L'auteur a neutralisé de l'acide gallique par du carbonate de baryte, décomposé les dissolutions par le nitrate d'argent, filtré au bout de vingt-quatre heures, éliminé l'excès d'argent au moyen du chlorure de baryum, filtré

de nouveau, et précipité par l'acétate de plomb. Après un lavage complet, le tannate de plomb obtenu a été mis en suspension dans de l'eau aiguisée de quelques gouttes d'acide acétique et traité par un courant d'acide sulfhydrique. Le sulfure de plomb ayant été éliminé, la liqueur évaporée a laissé un dépôt jaune foncé, visqueux, lequel est devenu friable en se refroidissant et ne contenait point de cristaux d'acide gallique. Ce dépôt possédait si bien les propriétés de l'acide tannique, comme on a pu s'en assurer par ses réactions sur les alcaloïdes, les peaux et la gélatine, qu'il n'est guère possible de douter que ce fût du tannin pur. M. D.

---

H. E. ROSCOE. RECHERCHES SUR LE VANADIUM. (*Proceedings of the Royal Society*, XVI, p. 220, 19 décembre 1867.)

Comme tous les chimistes le savent, le plomb chloro-vanadiaté d'Écosse présente le plus complet isomorphisme avec l'apatite, la pyromorphite et le mimetèse, trois minéraux dont les acides correspondent à la formule générale  $R^2O^5$ , tandis que les expériences de Berzélius conduisent à admettre que l'acide vanadique est formé par la combinaison d'un atome de vanadium avec trois atomes d'oxygène.

Il résulte de ce qui précède que l'on se trouve en présence des deux alternatives suivantes, ou bien l'isomorphisme de la vanadinite et de la pyromorphite est un fait accidentel, sans qu'il existe de relations dans la constitution de ces deux corps, ou bien les recherches de Berzélius, confirmées par Shafarik et par Czudnowicz, sont entachées d'erreur, et il faut admettre pour l'acide vanadique une formule  $V^2O^5$  qui corresponde à celle de l'acide phosphorique.

Berzélius a basé ses conclusions sur les faits suivants, savoir : 1° la perte de poids constante que l'acide vanadique subit sous l'influence de l'hydrogène à une température rouge ; 2° l'action du chlore sur l'oxyde provenant de la

réduction ci-dessus, laquelle action donne naissance à un chlorure volatil, tandis qu'il reste un résidu d'acide vanadique dont le poids est égal au tiers de celui qui avait été soumis à la réduction par l'hydrogène. Partant de ces données, Berzélius conclut que le nombre d'atomes d'oxygène dans l'oxyde est à celui de l'acide comme 1 à 3, et en admettant que l'oxyde inférieur contient un atome d'oxygène, il en attribue trois à l'acide vanadique. Les analyses du chlorure volatil faites par Berzélius et par Shafarik confirment ces conclusions et rendent indubitable que le poids atomique du vanadium étant pris = à 68,5 ( $O=8$ ), la formule de l'acide vanadique soit  $VO^3$ , celle de l'oxyde préparé par réduction  $VO$  et celle du chlorure  $VCl^3$ .

Les recherches de M. Roscoe l'ont conduit à des conclusions différentes de celles de l'illustre chimiste suédois touchant la constitution des combinaisons du vanadium, et le professeur de Manchester établit que la formule de l'acide vanadique est  $V^2O^5$ , le poids atomique du vanadium  $V=51,2$ , que la substance décrite par Berzélius comme étant le métal n'est qu'un oxyde, tandis que le chlorure de ce chimiste ne serait en réalité qu'un oxychlorure.

M. Roscoe a obtenu les composés suivants du vanadium :

Le protoxyde ou vanadyle,  $VO=67,2$ .

Le sesquioxyde (sous-oxyde de Berzélius),  $V^2O^3=150,4$ .

Le bi-oxyde,  $VO^2=83,2$ .

L'acide vanadique,  $V^2O^5=182,4$ .

L'oxychlorure  $VOCl^3$  correspondant à l'oxychlorure de phosphore. C'est le tri-chlorure de Berzélius.

Les oxychlorures  $VOCl^2$ ,  $VOCl$ ,  $V^2O^3Cl$ .

L'azoture  $VAz$  contenant 51,2 p. de vanadium pour 14 d'azote.

Fondu avec du carbonate de soude, l'acide vanadique déplace trois molécules d'acide carbonique, ce qui montre que le vanadate normal est tri-basique et correspond en conséquence à la formule  $3Na^+O + V^2O^5$ .

La réduction de l'acide vanadique par l'hydrogène se présente par l'équation suivante :



et l'action du chlore sur l'oxyde provenant de la réduction précédente par



*Poids atomique du vanadium.* L'auteur l'a déterminé en réduisant l'acide vanadique en évitant soigneusement tout ce qui pourrait amener la présence d'acide phosphorique dans sa matière. En adoptant les formules  $\text{V}^2\text{O}^5$  et  $\text{V}^2\text{O}^3$  pour l'acide et le produit de sa réduction, quatre expériences ont conduit au nombre moyen 51,37 pour le vanadium.

*Protoxyde de vanadium* VO ou  $\text{V}^2\text{O}^3$ . Ce corps peut également être appelé *vanadyle*, car il fonctionne dans plusieurs cas à la manière de l'uranyle (UO). C'est une poudre grise, douée de l'éclat métallique, obtenue en faisant passer des vapeurs d'oxychlorure  $\text{VOCl}^3$  mélangé d'hydrogène, à travers un tube à analyses contenant du charbon porté au rouge.

Le vanadyle peut être préparé par voie humide en faisant réagir l'hydrogène naissant dégagé par le zinc, par exemple, sur une dissolution d'acide vanadique dans l'acide sulfurique. Quand le liquide a pris une teinte de lavende permanente, il contient le vanadium sous forme de protoxyde. Ce composé est si avide d'oxygène qu'il décolore l'indigo et les autres couleurs végétales aussi rapidement que le chlore. Quand une dissolution neutre de protoxyde (couleur de lavende) est exposée à l'air pendant quelques secondes, la couleur se change en un brun chocolat foncé : cette réaction pour l'oxygène est aussi délicate que celle des pyrogallates alcalins. Si l'on fait traverser une dissolution acide de vanadyle par un courant d'air, l'oxygène est absorbé, le liquide devient d'un bleu permanent et il contient alors un sel de bi-oxyde. Si l'acide libre a été neutralisé par du zinc, une exposition à l'air

donne à la liqueur une teinte brune que l'addition des acides rend grise par suite de la production de sesqui-oxyde.

*Sesqui-oxyde*  $V^2O^5$  (sous-oxyde d'après Berzélius). Les propriétés de ce corps ont déjà été mises en lumière par Berzélius.

*Bi-oxyde*  $VO^2$  (oxyde vanadique d'après Berzélius). Déjà décrit par Berzélius.

*Vanadates*. Si l'on admet les nouvelles formules de M. Roscoe, on est conduit à considérer les vanadates neutres de Berzélius comme des méta-vanadates.

Les bi-vanadates deviennent des anhydro-sels ayant la composition  $Na^2O, V^2O^5 + V^2O^5$  comparables au bi-chromate de potasse.

*Oxychlorures*. La véritable composition de ces corps fait la base de la nouvelle manière dont M. Roscoe propose d'envisager les combinaisons vanadiques. Comme on l'a vu plus haut, Berzélius envisageait comme un tri-chlorure de vanadium  $VCl^3$  le liquide jaune qui prend naissance quand le chlore agit sur le résidu de la réduction de l'acide vanadique. M. Roscoe a constaté que ce liquide contient de l'oxygène : 1° en le faisant passer sur du charbon chauffé au rouge, ce qui détermine une production d'acide carbonique; 2° en le soumettant à l'action du magnésium lequel donne de la magnésie, ou à celle du sodium qui produit de la soude, et 3° en faisant passer sa vapeur avec de l'hydrogène pur dans un tube chauffé au rouge, ce qui donne lieu à un dépôt de sesqui-oxyde de vanadium.

L'oxychlorure  $VOCl^2$  a une densité de 4,844 à 14°,5 C.; sa densité de vapeur est de 88,2 (H = 1) ou 6,108 (air = 1); son point d'ébullition déterminé pour la pression de 767<sup>mm</sup> est fixé à 126°,7. Les analyses de ce corps confirment le poids atomique (51,37) déduit de la réduction de l'acide par l'hydrogène; la moyenne des deux séries d'expériences est 51,21.

*Oxy-dichlorure de vanadium* ou *bi-chlorure de vanadyle*

$\text{VOCl}^2$ . Corps solide cristallin, gris-clair, obtenu en traitant le précédent par le zinc, à  $400^\circ$ , dans des tubes scellés. Son poids spécifique est égal à 2.88; il est insoluble dans l'eau, attire à la longue l'humidité de l'air et se dissout facilement dans les acides.

*Oxy-monochlorure de vanadium* ou *protochlorure de vanadyle*  $\text{VOCl}$ . Solide, brun, pulvérulent, léger, formé par l'action de l'hydrogène sur le trichlorure au rouge, insoluble dans l'eau, aisément soluble dans les acides.

*Chlorure bi-vanadylé*  $\text{V}^2\text{O}^2\text{Cl}$ . Poudre métallique, brillante, lourde, semblable à l'or mussif, qui prend naissance en même temps que le corps précédent.

*Azotures de vanadium*. 1° *Proto-azoture*  $\text{VAz}$ . Poudre grisâtre, inaltérable à l'air, obtenue en chauffant au blanc l'oxychlorure ammoniacal dans un courant d'ammoniaque.

2° *Bi-azoture*.  $\text{VAz}^2$ . Uhrlaub a obtenu ce corps en se méprenant sur sa vraie composition. Se prépare comme le précédent, mais à une température moins élevée. M. D.

M. PATTISON et JOHN CLARK. SUR LA SÉPARATION DU CÉRIUM DE SES DEUX CONGÉNÈRES LE LANTHANE ET LE DIDYME. (*Chem. new.*, 22 nov. 1867.)

Le chromate de cérium évaporé à sec, puis chauffé à la température de  $410^\circ$  se décompose en donnant une poudre insoluble dans l'eau, tandis que dans les mêmes circonstances les chromates de lanthane et le didyme demeurent inaltérés. C'est sur ce fait que les auteurs ont basé le procédé suivant pour séparer le cérium du lanthane et du didyme.

Le mélange des trois oxydes est dissous dans de l'acide chromique aqueux et la liqueur évaporée jusqu'à siccité; le résidu chauffé à  $410^\circ$  est ensuite arrosé d'eau chaude. Le lanthane et le didyme se redissolvent, tandis que le cérium reste sous forme d'oxyde blanc-jaunâtre. Cet oxyde est

presque insoluble dans les acides. D'après les auteurs, le procédé qui vient d'être décrit est applicable à l'analyse quantitative, car, disent-ils, aucune trace de cérium ne se redissout avec les deux autres métaux. M. D.

---

A. FROEHDE. SUR UNE NOUVELLE RÉACTION DES MATIÈRES ALBUMINOÏDES. (*Annalen der Chemie und Pharm.*, tome CXLX, p. 376.)

Les matières albuminoïdes (Eiweisskörper) à l'état solide, traitées par de l'acide sulfurique contenant de l'acide molybdique, se colorent en bleu intense. Les graines coupées par le milieu, et en particulier les céréales, montrent nettement cette réaction ; il en est de même des fibres musculaires.

Certains réactifs empêchent la coloration bleue de se produire. M. D.

---

R. OTTO. SUR LA RÉDUCTION DE L'ACIDE HYPOSULFURIQUE EN ACIDE SULFUREUX, AU MOYEN DE L'HYDROGÈNE NAISSANT. (*Zeitschrift für Chemie*, 1868, p. 168.)

Si on laisse en contact pendant quelque temps une dissolution étendue d'hyposulfate de baryte avec de l'amalgame de sodium  $\text{Na}^2\text{Hg}$  et que l'on sature par de l'acide chlorhydrique, il se dégage de l'acide sulfureux, de l'hydrogène sulfuré et il se sépare du soufre résultant de l'action de ces deux gaz l'un sur l'autre.

Ce qui montre bien que l'acide sulfureux produit ne provient pas d'un dédoublement de l'acide hyposulfurique en  $\text{SO}^2 + \text{SO}^3$  sous l'influence de la chaleur, c'est qu'il ne manifeste aucune production de sulfate de baryte et que la réaction a lieu quand même on refroidit fortement la liqueur. Un mélange de zinc et d'acide chlorhydrique réduit aussi l'acide hyposulfurique en acide sulfureux. M. D.

---

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

SEMPER. VOYAGE DANS L'ARCHIPEL DES PHILIPPINES. (*Reisen im Archipel der Philippinen. 2<sup>ter</sup> Theil, 1<sup>ster</sup> Band: Holothurien. Leipzig, 1867, Engelmann.*)

Après des voyages en sens divers dans les Philippines et les Carolines, durant sept années, M. Semper entreprend de publier dans un grand ouvrage les résultats scientifiques auxquels il est arrivé et l'histoire même de ces voyages. Cette publication comprendra tout naturellement deux parties, et c'est à la seconde, plus spécialement scientifique, que l'auteur a d'abord mis la main. Les trois premières livraisons du premier volume que nous avons sous les yeux sont consacrées à l'étude des Holothuries. Elles sont accompagnées de vingt-cinq planches imprimées en couleur, qui font le plus grand honneur aux ateliers chromolithographiques de M. Heuer à Hambourg et de M. Bach à Leipzig, ainsi qu'au célèbre éditeur et vrai protecteur des sciences naturelles, M. Wilhelm Engelmann.

Ce premier volume peut, à bon droit, être appelé une monographie des Holothuries, car l'auteur nous offre non-seulement une étude zoologique et anatomique soignée des nouvelles espèces qu'il a rencontrées, mais encore une révision critique des formes déjà connues et des considérations générales sur la classe entière des Holothurides et sur les ordres et les familles qui la composent.

Parmi les corpuscules calcaires bien connus, dont le siège est toujours chez les Holothuries le corium, M. Semper distingue deux catégories : d'une part les ancras et les roues généralement connues des Synaptides, ainsi que des corpuscules très-caractéristiques des Holothuries proprement dites, corpuscules que l'auteur désigne à cause de leur forme sous le nom d'*escabeaux* (Stühlchen); d'autre part, les plaques percées, les corpuscules ramifiés, etc. qui ont toujours leur siège dans des couches plus profondes du corium que les précé-

dents. L'auteur appelle ces derniers des *corpuscules connectifs*. Ce sont eux qui dans certains cas donnent naissance par leur réunion à de larges plaques calcaires (*Psolus*, *Ocnus*, etc.) qui rappellent le squelette cutané des Echinides. Soit les escabeaux, soit les corpuscules connectifs peuvent manquer parfois entièrement. Cependant les cas où les corpuscules calcaires de toutes formes font absolument défaut, sont fort rares (chez certains types de la famille des Synaptides et de celle des Molpadides).

On sait que toutes les Holothuries sont caractérisées par la présence d'un anneau composé de pièces calcaires disposées autour du pharynx, anneau qu'on pourrait peut-être considérer comme l'homologue de la lanterne d'Aristote chez les Oursins. Cet organe est formé dans la règle de dix pièces dont cinq radiaires et cinq inter-radiaires, les premières percées chacune d'une ouverture pour le passage du vaisseau aquifère ambulacraire. M. Semper cite un cas, celui d'une Pentacte du Japon, dans lequel les pièces inter-ambulacraires manquent complètement, et les pièces ambulacraires sont réduites à de petites plaques calcaires, logées dans la peau du pharynx.

M. Semper distingue deux formes d'appendices ambulacraires : les *pieds ambulacraires*, munis à l'extrémité d'une ventouse renforcée par une plaque calcaire, et les *papilles ambulacraires* qui sont coniques et pointues. Les premiers appartiennent dans la règle au trivium ventral, les secondes au bivium dorsal. Cependant, dans certains cas, on peut trouver des pieds ambulacraires sur le dos, comme des papilles ambulacraires sur le ventre, exceptions qui se trouvent réalisées toutes deux dans le genre *Sporadipus*. Comme on le sait, les appendices ambulacraires manquent totalement sur le dos chez les Dendrochirotes. Chez les Molpalides, ces appendices manquent partout, cependant les rameaux correspondants des cinq vaisseaux ambulacraires n'en percent pas moins la peau. Enfin, chez les Synaptides des tropiques l'au-

teur constate l'absence complète des cinq vaisseaux ambulacraires, que M. Baur avait déjà relevée pour des Synaptés d'Europe.

Les *organes de Cuvier* s'attachent tantôt directement au cloaque, tantôt au tronc des poumons. L'auteur confirme de nouveau qu'ils ne sont point creux, mais solides, et il conteste leur nature glandulaire. Il les considère comme une sorte d'arme que l'animal peut pousser au dehors par le cloaque. Il est vrai que ce phénomène est toujours accompagné, comme la projection des viscères si particulière aux Holothuries, de la rupture de la paroi du cloaque.

Chez beaucoup d'Holothuries (Aspidochirotides), le vaisseau dorsal se résout dans la première anse intestinale en un réseau admirable qui s'enchevêtre avec les ramifications du poumon gauche. Joh. Müller admettait que cet enchevêtrement ne constitue point une liaison intime des deux organes, mais une simple juxtaposition. Toutefois, M. Semper a constaté l'existence de fins cordons qui passent du réseau admirable aux follicules de l'arbre pulmonaire, et se perdent dans la tunique connective de cet organe. Il est vrai que, à en juger par les expressions de l'auteur, ces « cordons » ne paraissent pas renfermer de vaisseaux, et que le rôle respiratoire des prétendus poumons reste toujours un peu problématique.

Les nouvelles Holothuries recueillies par M. Semper ont été figurées avec une très-grande habileté artistique, soit par l'auteur lui-même, soit par M<sup>me</sup> Anna Semper. Beaucoup d'entre elles sont remarquables non-seulement par leur forme, mais encore par leur taille, puisque nous y rencontrons des Synaptés de cinq et même de sept pieds de longueur, auxquelles les indigènes de Célèbes ont bien le droit de donner le nom de *serpents de mer*. Parmi les détails anatomiques et zoologiques qui accompagnent la description de chacune d'elles, nous rencontrons bien des faits nouveaux et intéressants; nous nous permettrons d'en glaner quelques-uns çà et là.

Les ancras des Synaptas ne sont point, comme on l'a cru souvent, des organes locomoteurs : lorsqu'ils se sont accrochés quelque part, l'animal ne peut se dégager qu'en les sacrifiant. Elles sont, il est vrai, mobiles sur leur plaque basilaire, mais il n'y a pas de muscles destinés à les mouvoir, et la volonté de l'animal n'a aucune action sur leurs mouvements. D'ailleurs le corps des Synaptas ne happe à la main que lorsqu'on le touche rudement. En réalité, les Synaptas rampent sur les pierres et les plantes sans s'accrocher à elles, et même, chez la *Synapta Beselii*, les ancras sont logées si profondément dans la peau, que M. Semper crut à leur absence complète, jusqu'au moment où l'examen microscopique lui enseigna le contraire.

M. Semper a augmenté le nombre des Synaptides connues d'une manière considérable. L'Archipel des Philippines passe aujourd'hui pour l'une des régions tropicales les mieux connues au point de vue zoologique, grâce surtout aux recherches de M. Cuming, ce *prince of collectors*, comme on l'a nommé, et pourtant on ne connaissait avant M. Semper qu'une seule Synapte de cet Archipel, tandis que maintenant, grâce à ce zoologiste, ce nombre se trouve porté à onze, sans compter une Chirodote. Il est vrai que M. Cuming paraît n'avoir récolté parmi les invertébrés que des animaux à coquille dure, puisqu'il a négligé complètement les Céphalopodes, si abondants pourtant dans les mers tropicales. En 1859 le nombre total des Synaptides connus s'élevait à trente-trois espèces ; ce chiffre doit être élevé aujourd'hui de cinquante-sept pour cent. Or, si l'on tient compte du fait que la majorité des nouvelles espèces proviennent des Philippines et même presque d'une seule localité, la petite île Bohol, il est vraisemblable que des recherches faites dans d'autres mers tropicales augmenteront considérablement ce nombre.

Relativement aux entonnoirs ciliés des Synaptides, l'auteur affirme, comme Müller et M. Baur, qu'ils ne peuvent être considérés comme les terminaisons internes du système

aquifère, pas plus que des vaisseaux sanguins. Il est donc impossible d'assimiler les vaisseaux sanguins des Holothurides à l'appareil vasculaire excréteur des vers, et les entonnoirs ciliés des Synaptides ne peuvent être comparés à ceux des Annélides. Ce sont sans doute des appareils destinés à entretenir un courant dans le liquide de la cavité du corps.

La famille des Molpadides renferme une série de formes, réunies, il est vrai, par des caractères communs, mais se rattachant cependant par certains traits aux genres les plus divers d'autres familles d'Holothuries. On pourrait en quelque sorte la considérer comme une collection de formes prototypiques. L'absence complète de pieds la rapproche en apparence des Synaptides, cependant le genre *Echinostoma* est le seul qui justifie entièrement ce rapprochement par l'absence complète des canaux radiaires de la peau. Chez les autres genres étudiés par M. Semper, les canaux aquifères traversent bien la peau de part en part, mais au lieu de se prolonger en pieds comme chez les Holothuries, ils se terminent en cœcum sous l'épiderme. Une partie au moins de cette famille paraît comprendre des espèces hermaphrodites.

Si la famille des Molpadides comprend des formes jusqu'à un certain point hétérogènes, celles des Dendrochirotidés est au contraire très-uniforme. M. Semper est conduit à réduire notablement le nombre des genres qui a été augmenté dans une forte proportion par M. Selenka. D'après ce que nous savions jusqu'ici sur cette famille, on était en droit de la considérer, en opposition à celle des Aspidochirotidés, comme appartenant essentiellement à la région boréale et à la tempérée. Cette appréciation eût été pourtant entièrement fautive. Avant le travail récent de M. Selenka, le rapport des espèces connues dans la région tropicale à celui des espèces des zones tempérées et boréale était de un à douze; après le travail de ce savant, ce rapport fut de un à cinq, et maintenant, après l'étude des espèces des Philippines, il est devenu de un à un et demi. Il est donc probable que des

recherches faites dans d'autres régions tropicales continueront de modifier le rapport dans le même sens. Lorsqu'on parcourt la liste des Holothuries du musée de Cambridge (Massachusetts), publiée par M. Selenka, celle du musée de Berlin, et celle du musée Godefroy à Hambourg, on peut être disposé à croire que les tropiques sont très-pauvres en Dendrochirotes, mais ce serait une erreur. Ces Echinodermes n'ont pas été collectés jusqu'ici par suite de leur genre de vie. En effet, tandis que la majorité des Aspidochirotes vivent dans les bas-fonds à la portée des naturalistes voyageurs, les Dendrochirotes des tropiques vivent tous à une grande profondeur d'où la drague peut seule les tirer. Chose bien digne de remarque, ces Holothuries vivant à de grandes profondeurs dans l'Archipel des Philippines sont précisément des formes qui, comme les *Psolus*, les *Cucumaria*, les *Echinocucumis*, se rapprochent très-étroitement d'espèces de la zone boréale. Pour le dire en passant, c'est dans ces conditions que M. Semper a pêché aux Philippines un Stelléride du genre *Pteraster* qu'il peut à peine distinguer du *P. militaris* des côtes de Scandinavie.

Les Aspidochirotes, ou Holothuries proprement dites, bien que fort nombreuses en espèces, constituent comme les Synaptides et les Dendrochirotes une famille extrêmement uniforme. On a souvent répété que l'inspection d'un seul corpuscule calcaire de la peau d'une Holothurie pouvait permettre de déterminer avec *certitude* l'espèce à laquelle appartient l'animal. M. Semper montre, au contraire, que la plupart de ces corpuscules ne peuvent fournir que des renseignements fort incertains non-seulement sur l'espèce, mais encore sur le genre.

M. Semper fait suivre sa monographie des Holothuries de quelques détails fort curieux sur les Parasites de ces Echinodermes. Abstraction faite de quelques petits Copépodes vivant en Epizoaires sur différentes Holothuries, les Dendro-

chirotides paraissent être entièrement dépourvus de parasites. Les singuliers parasites observés par M. Semper, habitent tous sur le corps ou dans l'intérieur des Aspidochirotides. Presque tous appartiennent à des groupes zoologiques pour lesquels le parasitisme est une rare exception. Mentionnons d'abord les poissons qui appartiennent presque tous au genre *Fierasfer* Quoy et Gaimard. On sait que ces poissons parasites furent d'abord décrits par Risso, et que Delle Chiaje a fort bien figuré les deux espèces de la Méditerranée. Leur immigration dans l'Holothurie, aussi bien que leur sortie, paraissent avoir lieu par le poumon. M. Semper possède l'arbre pulmonaire d'une Holothurie, dans lequel est logé un de ces poissons qui paraît être dans le moment de l'immigration, car sa tête est tournée vers les ramifications extrêmes de l'organe. Il s'agit bien de véritables parasites, car l'auteur a toujours trouvé leur estomac rempli des débris du poumon de leur hôte. Un autre genre de poissons parasites des Holothuries est celui des *Enchelyophis* Joh. Müller, qui est entièrement dépourvu de nageoires pectorales.

En fait de Crustacés, M. Semper mentionne, outre quelques petits Copépodes, deux espèces du genre *Pinnotheres* qui vit, comme l'on sait, d'ordinaire en parasite chez des Lamelli-branches. Chose curieuse, ces deux espèces sont parasites d'une même Holothurie, où on les trouve constamment dans le poumon droit, c'est-à-dire dans celui qui n'a pas de connexion avec les vaisseaux entériques. Parfois le poumon qui loge un *Pinnotheres* est complètement atrophié, mais dans ce cas il s'en est développé un autre à une place anormale.

Les mollusques comptent plusieurs parasites des Holothuries, et d'abord la célèbre *Entoconcha mirabilis*, découverte par Joh. Müller dans la Synapte digitée d'Europe, a son pendant, non plus chez une Synapte, mais chez une Holothurie proprement dite des Philippines. Ce Gastéropode extraordinaire a été baptisé par M. Semper du nom d'*Entoconcha Mulleri*. Il paraît être fixé dans la règle au cloaque.

M. Cuming a déjà signalé depuis longtemps la présence d'*Eulima* dans l'estomac des Holothuries, mais on paraît avoir admis généralement que ces Gastéropodes avaient été avalés par ces Echinodermes. Cette opinion est erronée. M. Semper possède deux ou trois espèces qu'il a trouvées vivantes, rampant joyeusement dans l'intestin des Holothuries. Ces espèces sont très-allègres dans leurs mouvements, en opposition avec les espèces épizoaires, dont le pied est en général enfoncé dans la peau de leur hôte. La seule nourriture que ces Gastéropodes aient à leur disposition, c'est le chyme ou bien les sécrétions de l'épithélium intestinal. On a donc bien le droit de les appeler des parasites. Il n'est pas improbable que les conchyliologistes ont tort lorsqu'ils admettent que les *Eulima* et les *Stylifères*, qui vivent dans les piquants des *Cidaris* et d'autres *Echinides* n'empruntent pas à leur hôte les matières dont ils se nourrissent. Ils paraissent oublier que les piquants des Echinodermes ne sont pas simplement des formations cuticulaires comme les coquilles de mollusques. Le parasitisme est surtout évident pour une espèce d'*Eulima* trouvée par M. Semper dans une cavité de la peau d'une Holothurie du genre *Stichopus*. Pendant la vie de l'Echinoderme, la coquille est presque entièrement cachée dans la peau, le sommet de la spire faisant seul légèrement saillie. Essaie-t-on de l'enlever, on rencontre une forte résistance. Mais lorsque l'Holothurie est épuisée et en voie de périr, on réussit à retirer le mollusque muni d'un fil long et mince qui, pour les grands individus tout au moins, pouvait pénétrer jusque dans la cavité du corps de l'Holothurie. Ce fil n'est pas autre chose que la trompe fort allongée du mollusque, et la bouche de cet animal se trouvant ainsi logée profondément dans la peau de l'Echinoderme, il est clair qu'il ne peut se nourrir qu'aux dépens de celui-ci. Cette bouche, étant dépourvue de toute trace d'armure, est sans doute destinée à absorber des parties liquides ou molles. M. Semper paraît disposé à admettre que toutes les autres *Eulima* (également dépourvues de

mâchoires) qui vivent sur des Holothuries ou d'autres Echinodermes se nourrissent du mucus sécrété par l'épiderme de leur hôte.

Enfin un dernier parasite fort singulier est un petit Lamellibranche vivant sur la peau d'une Synapte, où on le trouve rampant vivement à l'aide d'un pied large et presque membraneux. Cet animal appartient à ce groupe peu nombreux de Lamellibranches qui, de même que certains Céphalophores, n'ont qu'une coquille *interne*, ou du moins chez lesquels le manteau se réfléchit pour envelopper la coquille primitivement externe. Dans l'espèce en question le manteau est, il est vrai, complètement fermé, de telle sorte que la coquille est interne dans toute l'étendue du terme, tandis que chez certaines Erycina la soudure des deux moitiés du manteau n'est pas complète.

La richesse des matériaux que nous fait connaître ce premier volume du bel ouvrage de M. Semper, nous rend impatient de voir bientôt paraître ceux qui sont annoncés comme devant lui succéder.

E. C.

---

MAX SCHULTZE, etc. SUR LES BATONNETS ET LES CONES DE LA RÉTINE (*Archiv für mikrosk. Anat.* III, p. 215-248.) — LE MÊME : UEBER DIE ENDORGANE, etc. SUR LES ORGANES TERMINAUX DU NERF OPTIQUE CHEZ LES ARTICULÉS. (*Ibid.* p. 404.) — LE MÊME : BEMERKUNGEN, etc. REMARQUES SUR LE MÉMOIRE DE STEINLIN. (*Ibid.* IV, p. 22.) — LE MÊME : RECHERCHES SUR LES YEUX COMPOSÉS DES CRUSTACÉS ET DES INSECTES. (*Untersuchungen über die zusammengesetzten Augen der Insekten und Krebse*, 1 vol. in-folio. Bonn, 1868, Max Cohen und Sohn.) — STEINLIN : UEBER ZAPPEN, etc. SUR LES CONES ET LES BATONNETS DE LA RÉTINE. (*Arch. für mikr. Anat.* IV, p. 10.) — ZENKER : VERSUCH EINER THEORIE, etc. ESSAI D'UNE THÉORIE DE LA PERCEPTION DES COULEURS. (*Ibid.* III, p. 249.)

Depuis la publication de notre compte rendu des travaux

de MM. Schultze, Steinlin et Hensen sur la structure et la physiologie de la rétine<sup>1</sup>, de nombreux travaux ont paru sur ce sujet et conduit à des résultats qui doivent modifier en partie les conclusions précédentes. Il est surtout intéressant de voir entrer de nouveau dans la lice M. Max Schultze et M. Steinlin, puisque nous avons dû signaler entre les observations de ces deux micrographes des divergences profondes. La discussion nouvelle a certainement fait disparaître une partie de ces divergences; mais, nous avons regret de le dire, il est plus d'un point sur lequel l'entente n'est pas près de s'établir.

Dans tous leurs travaux, M. Schultze et ses adhérents considèrent, soit les cônes, soit les bâtonnets, comme composés de deux articles placés bout à bout, tandis que M. Steinlin représente les cônes comme formés de trois pièces auxquelles il donne les noms de *pointe*, de *corps* et de *prolongement du cône*. Cette différence est au fond moins importante qu'elle ne le paraît au premier abord. Dans ses travaux les plus récents, M. Schultze continue de distinguer dans les éléments de la couche à bâtonnets seulement deux articles, mais il indique souvent dans l'article interne un corps lenticulaire, toujours placé à l'extrémité par laquelle cet article s'attache à l'article externe. Il n'est pas difficile de reconnaître dans ce globule le *corps du cône* de M. Steinlin, et la division en trois parties adoptée par ce dernier s'explique d'elle-même.

Une divergence plus importante entre MM. Steinlin et Schultze concerne la distinction entre les cônes et les bâtonnets. On se souvient que le premier de ces auteurs attribue la perception de la lumière aux cônes seuls et qu'il la dénie aux bâtonnets, tandis que le second attribue la perception de la lumière à la fois aux cônes et aux bâtonnets et la perception des couleurs aux cônes seuls. Nous avons déjà remarqué qu'il n'y a là en partie qu'une discussion de mots, en ce sens que dans une foule de cas M. Steinlin étend le nom

<sup>1</sup> *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1867, tome XXX, p. 257.

de cône à des éléments appelés bâtonnets par M. Schultze. Mais il n'en reste pas moins constant que, dans ces cas-là, la distinction entre les cônes et les bâtonnets, à laquelle M. Schultze attribue une si grande importance physiologique, disparaît complètement pour M. Steinlin. M. Schultze n'en continue pas moins de considérer cette distinction comme légitime. Dans toute la série des animaux étudiés par lui à ce point de vue, il n'y aurait que les Tritons chez lesquels la distinction entre les cônes et les bâtonnets paraîtrait s'effacer. Cet auteur ne recule même pas devant une hypothèse hardie, en admettant que les bâtonnets sont les éléments sensibles primaires de la rétine au point de vue phylogénétique<sup>1</sup>, pour employer le terme de M. Hæckel, et que, par conséquent, dans les périodes géologiques anciennes, ces éléments existaient seuls dans la rétine des vertébrés.

Dans la série des temps postérieurs, les cônes seraient résultés d'une modification graduelle des bâtonnets. M. Schultze fonde cette hypothèse sur l'absence de cônes, constatée par lui chez les Cyclostomes et les Plagiostomes, qu'on peut considérer comme la souche de l'embranchement des Vertébrés. L'existence de bâtonnets seulement, constatée chez les Lamproies, les Raies et les Requins, ces antiques habitants de notre globe, paraît se retrouver également chez les Ganoïdes, antérieurs, comme l'on sait, aux Téléostéens dans la phylogénésie; tout au moins, M. Leydig ne décrit-il dans la rétine de l'esturgeon qu'une seule forme d'éléments percepteurs, forme qui paraît comparable aux bâtonnets plutôt qu'aux cônes d'autres animaux. Parmi les Téléostéens on ne connaît jusqu'ici que les anguilles dont la rétine ne renferme que des bâtonnets et point de cônes. M. Schultze paraît disposé à admettre que ces poissons, amis de l'obscurité, ont perdu par régression, comme les hiboux, les chauves-souris, les taupes et les hérissons, les cônes si répandus chez les autres Téléostéens.

<sup>1</sup> *Phylogénie*, développement des embranchements animaux dans la série des temps géologiques. De *Phylon*, tronc, embranchement.

Une nouvelle étude de la structure intime de la couche à bâtonnets a révélé certains détails d'organisation qui paraissent être d'une haute importance physiologique. M. Hannover fut le premier à remarquer dans l'article extérieur des bâtonnets, des stries transversales qui depuis lors ont été revues par divers observateurs. M. Schultze s'est assuré que ces stries ne sont que l'expression d'une série de petits disques empilés les uns sur les autres. Ces disques deviennent évidents surtout à l'aide de l'emploi de certains réactifs, tels que l'acide acétique étendu de sérum, etc. On voit alors l'article externe des bâtonnets se gonfler, s'allonger et, par suite de la dissolution de couches interposées, fort minces, d'une substance peu réfringente, se diviser en disques très-réfringents, d'épaisseur commensurable. Certains réactifs, comme la potasse caustique en solution étendue, amènent aussi un gonflement considérable de ces disques. Il existe, en outre, dans ces articles externes des bâtonnets, un système de stries longitudinales dont l'existence, comme l'analogie des fibres musculaires nous permet de l'affirmer, n'est point en contradiction avec celle des disques. L'article externe des cônes est aussi formé par une pile de disques, d'observation, il est vrai, plus difficile que pour les bâtonnets, la différence de réfringence des deux substances constitutives étant moins forte que dans ces derniers. M. Steinlin confirme entièrement cette découverte de M. Schultze; il avait d'ailleurs lui-même précédemment comparé les bâtonnets à une pile galvanique, à cause des stries transversales de l'article externe.

L'existence de piles de petites plaques dans les bâtonnets paraît commune à tous les Vertébrés. Il était intéressant de rechercher jusqu'à quel point les yeux si complexes des Arthropodes présentent quelque chose d'analogue dans leur organisation. M. Max Schultze a donc repris l'étude histologique déjà si avancée des yeux composés des insectes et des crustacés. Le corps cristallin que les uns considèrent comme un milieu réfringent, les autres comme un organe de nature

nerveuse, ne présente dans sa structure rien qui rappelle les piles de petites plaques des vertébrés. M. Schultze est d'ailleurs disposé à le considérer simplement comme un milieu réfringent. En revanche, dans les régions plus profondes de l'œil composé, on trouve certaines parties présentant tantôt la forme de cylindre, tantôt celle de fuseau, parties dont la surface présente dans certains cas des stries transversales très-évidentes. Ces organes qu'on a déjà souvent comparés physiologiquement aux bâtonnets des vertébrés, paraissent être formés dans certains cas par une série de plaques superposées, tout à fait comparables à celles que nous avons décrites dans l'article externe des bâtonnets chez les vertébrés.

La découverte d'une série de plaques dans les éléments bacillaires de la rétine a conduit M. Zenker à une théorie ingénieuse de la perception des couleurs, théorie à laquelle M. Schultze se range entièrement, modifiant par suite, dans une certaine mesure, ses vues physiologiques antérieures dont nous avons déjà rendu compte dans ces *Archives*. M. Schultze admettait précédemment que les articles externes des bâtonnets et des cônes fonctionnent comme des organes réflecteurs qui renvoient les rayons lumineux sur l'extrémité externe des articles internes, lesquels joueraient seuls le rôle d'éléments percepteurs. La constance et la régularité de la structure en plaques des articles externes fournit maintenant un argument de plus en faveur du rôle catoptrique des articles externes. En effet, chacune des petites plaques, séparée de ses voisines par une couche de substance intermédiaire d'épaisseur incommensurable, doit fonctionner comme un miroir. Partant, tout faisceau de rayons lumineux pénétrant dans l'article externe dans une direction qui n'amène pas une réflexion totale dès la surface de la première plaque, n'en est pas moins réfléchi successivement en totalité par les plaques suivantes. L'article externe joue ici exactement le rôle d'un système de lames de verre. De là la réflexion énergétique, opérée par la rétine, réflexion

facile à constater à l'aide de l'ophthalmoscope. Le corps lenticulaire existant dans l'intérieur de l'article interne des bâtonnets, peut jouer ici un rôle important, en donnant aux rayons à incidence perpendiculaire une direction légèrement oblique avant que ces rayons atteignent la surface miroitante de l'article externe. Il facilite ainsi la réflexion de ces rayons. Tout semble donc concorder pour faire jouer à la réflexion de la lumière dans les articles externes un rôle important dans la perception des phénomènes lumineux. M. Schultze se sent par suite conduit à abandonner ses idées premières sur le lieu de la perception de la lumière. Il localise maintenant, avec M. Hensen et M. Zenker, le phénomène de la perception, non plus dans les articles internes, mais dans les articles externes. Le mouvement de la lumière dans ces articles à structure si compliquée, pourrait être la condition de la sensation spécifique. Il faudrait admettre dans ce cas que la substance intermédiaire qui sépare les plaques réfléchissantes est de nature nerveuse.

La théorie de la perception des couleurs que M. Zenker essaie de baser sur les données précédentes rappelle la théorie des sons de M. Helmholtz. Le savant physiologiste de Heidelberg admet, on s'en souvient, que les fibres de Corti se mettent à vibrer sous l'influence des sons correspondant à leur nombre de vibrations fondamentale. On comprend de cette manière comment le son peut devenir l'agent d'une irritation nerveuse et même l'agent de l'irritation d'une fibre déterminée. Il est dans tous les cas intéressant de trouver un moyen par lequel on puisse rendre compte d'une manière aussi simple de la perception des couleurs. C'est ce qui aura lieu lorsqu'on aura démontré avec M. Zenker, comment un rayon coloré donné peut agir sur des molécules nerveuses parfaitement déterminées. Le phénomène deviendra, dans tous les cas, plus compréhensible qu'il ne l'a été jusqu'à ce jour, où nous sommes obligés d'admettre que chaque élément perceuteur peut distinguer, par exemple, s'il est tra-

versé en une seconde par 667 billions d'ondulations (violet), ou seulement par 456 billions (rouge).

M. Zenker considère, ainsi qu'il en a le droit, après les recherches de M. Schultze, les éléments de la rétine comme autant de systèmes de surfaces réfléchissantes, sur lesquelles les rayons lumineux tombent dans une direction à peu près perpendiculaire, de manière à être réfléchis dans une direction également à peu près perpendiculaire. Il doit en résulter des ondulations statiques, c'est-à-dire cette forme particulière d'interférences que produit la rencontre de deux systèmes d'ondulations lumineuses. Là où les ondulations du rayon incident et celles du rayon réfléchi se trouvent dans une phase semblable, elles se renforcent. Là où les phases diffèrent d'une demi-longueur d'onde, elles s'affaiblissent, ou même, dans le cas d'intensité égale, s'annulent entièrement. Dans ces derniers points, il y aura donc un repos complet. La position de ces points de repos, comme celle des points d'amplitude maximum de vibrations, est parfaitement constante et ne dépend que de la différence de phase des deux rayons. Pour les rayons perpendiculaires, en supposant une perte d'une demi-longueur d'onde à la surface réfléchissante, les nœuds, soit points de repos, sont à une distance de  $\frac{1}{2}$ , 1,  $1\frac{1}{2}$ , etc. longueur d'onde de cette surface, et les points de vibration maximum à une distance de  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{5}{4}$ , etc. La longueur d'onde ne dépend que de la couleur du rayon et de l'indice de réfraction de la substance dans laquelle le rayon se meut. Si nous admettons provisoirement que ce dernier est constant, il est évident que les points de vibration maximum pour les rayons rouges ne peuvent coïncider, par exemple, avec les points de vibration maximum pour les rayons bleus. En d'autres termes, la perception de la lumière rouge se fera dans des lieux différents de la perception de la lumière bleue.

On voit donc que, dans la théorie de M. Zenker, la perception des couleurs n'est plus une fonction du *temps*, mais une fonction du *lieu*. Sans doute nous sommes encore loin de

pouvoir calculer, même avec les éléments très-ingénieux que nous fournit M. Zenker, les lieux des ondes statiques pour les différentes couleurs. Mais, grâce surtout à la découverte des piles de plaques, il est plus facile de se représenter ces lieux divers, que de comprendre comment un seul élément percepteur peut distinguer entre des centaines de billions d'impulsions dans une seconde, comme on était jusqu'ici obligé d'admettre qu'il doit le faire.

En outre des détails de structure utilisés par MM. Zenker et Schultze pour leur ingénieuse théorie, il en est d'autres dont la portée physiologique est encore complètement obscure. Tels sont par exemple les cônes géminés ou jumaux, découverts dans le principe par M. Hannover chez les poissons. Le savant danois étendit cette découverte à tous les vertébrés; mais c'était une erreur. Ces organes font en particulier complètement défaut à tous les mammifères. Cependant, contrairement à l'opinion de H. Müller, M. Schultze trouve chez les Batraciens, les Reptiles et les Oiseaux des cônes géminés semés constamment entre les cônes simples. Chez les poissons, les deux moitiés des cônes géminés sont parfaitement semblables. Chez les autres animaux ils résultent, au contraire, selon MM. Schultze et Steinlin, de la soudure de deux cônes inégaux. Dans les cas de pigmentation des cônes, les deux moitiés d'un cône géminé diffèrent sous le rapport du pigment. Chez la grenouille, le cône principal renferme une sphère fortement réfringente, tandis que le cône accessoire en est dépourvu, etc. M. Steinlin se demande si ces cônes géminés ne doivent pas être interprétés comme résultant d'une rénovation de la rétine, le petit cône étant un organe de remplacement en voie de formation. Cette hypothèse ne repose pas encore sur des bases bien solides, et il faut attendre d'observations nouvelles des renseignements plus positifs sur le rôle physiologique de ces organes problématiques.

---

E. C.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE MARS 1868.

- Le 3, couronne lunaire dans la soirée.
- 5, faible halo solaire de 8 h. à 9 h. et de 1  $\frac{1}{2}$  h. à 2  $\frac{1}{2}$  h. ; couronne lunaire dans la soirée.
- 6, pluie et neige dans la journée et dans la nuit ; le 7 au matin la neige avait pris pied dans la plaine, mais elle avait déjà disparu avant 10 h.
- 8, à 2 h. quelques coups de tonnerre à l'Ouest ; de 2  $\frac{1}{2}$  h. à 2  $\frac{3}{4}$  h. le vent a été excessivement violent.
- 9, couronne lunaire dans la soirée.
- 10, il a neigé depuis 3  $\frac{1}{2}$  h. à 11  $\frac{1}{2}$  h. du matin, la hauteur de la couche de neige était de 20 centimètres, à 8 h., et elle n'a pas augmenté depuis, quoiqu'il ait continué à neiger, parce que la neige se tassait en tombant. Cette neige a disparu dans la plaine le 12 au milieu de la journée.
- 13 et 14, gelée blanche le matin.
- 17, gelée blanche le matin.
- 18, halo solaire partiel à 8 h. du matin ; couronne solaire à plusieurs reprises dans la journée.
- 21, gelée blanche le matin ; hâle très-prononcé jusque vers 11 h.
- 22, gelée blanche le matin ; hâle moins intense que la veille.
- 23, gelée blanche le matin ; couronne solaire de 5 h. à 5  $\frac{1}{4}$  h.
- 27 et 28, pluie mélangée de flocons de neige.
- 31, couronne lunaire depuis 9  $\frac{1}{4}$  h. et halo lunaire depuis 10 h.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 4 à 10 h. matin .....	737,05	Le 1 à 7 h. matin .....	721,15
7 à 8 h. soir .....	725,79	6 à 7 h. matin .....	719,94
9 à 8 h. matin .....	724,64	8 à 2 h. soir .....	714,37
11 à 10 h. matin .....	724,37	10 à 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> h. matin .....	715,48
13 à 11 h. matin .....	736,71	11 à 10 h. soir .....	720,07
17 à 8 h. matin .....	733,07	15 à 2 h. soir .....	728,39
22 à 8 h. matin .....	732,18	19 à 6 h. matin .....	721,70
26 à 10 h. soir .....	728,88	24 à 4 h. soir .....	721,12
31 à 8 h. matin .....	734,04	27 à 6 h. soir .....	725,98

GENÈVE. — MARS 1868.

JOUR DU MOIS	Baromètre.		Température C.			Tension de la vap.			Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige		Vent dominant.	Clairé moy. du ciel.	Temp. du Rhône		Linnéaire à 14 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	mm.			Nomb. d'heures.	Midi.		Écart avec la temp. normale.	centim.
1	725,00	-0,62	5,45	+2,62	3,4	+10,3	719	+0,14	69	520	870	4,7	3	SSO.	1	0,91	0	74
2	732,23	0,66	4,25	+1,30	2,7	+11,0	693	-0,25	-	450	920	...	...	SSO.	1	0,67	...	75
3	733,54	8,02	7,14	+4,08	4,4	+11,6	780	+1,26	2	530	860	...	...	N.	1	0,90	...	75
4	736,44	-10,97	6,83	+3,65	3,1	+11,7	5,61	+1,06	-	570	910	...	...	SSO.	1	1,00	...	77
5	730,92	5,50	6,95	+3,65	2,1	+12,2	5,48	-0,91	-	560	920	4,6	2	SSO.	2	0,76	...	78
6	721,97	3,40	5,21	+1,79	1,8	+9,8	4,91	-0,32	+	570	930	12,0	11	variable	6,5	0,89	...	79
7	725,12	0,19	3,34	-0,20	0,2	+8,1	4,82	-0,21	+	64	990	5,6	6	SSO.	1	0,94	...	80
8	718,45	6,80	6,60	+2,94	1,8	+13,0	4,88	-0,26	+	520	890	6,2	6	SSO.	3	0,80	...	81
9	722,42	2,77	3,16	-0,62	0,0	+8,0	3,33	-1,30	-	456	400	...	...	variable	0,29	0,80	...	81
10	716,52	8,61	1,64	-2,26	0,6	+4,5	4,85	-0,21	+	780	1000	20,3	13	S.	1	0,99	...	80
11	723,01	-2,06	5,50	+1,48	2,2	+10,0	4,91	+0,26	-	510	850	...	...	variable	0,33	0,60	...	82
12	724,18	-0,83	4,61	+0,46	1,3	+7,4	5,86	+1,20	+	800	1000	4,7	7	variable	0,82	0,1	...	83
13	736,09	+11,4	5,01	+0,73	1,3	+10,0	4,87	-0,20	+	570	1000	...	...	N.	1	0,01	...	86
14	734,28	9,39	5,03	+0,63	0,8	+10,0	4,70	-0,02	+	490	980	...	...	N.	1	0,34	...	86
15	729,17	4,33	6,84	+2,31	3,5	+11,8	4,85	+0,16	-	85	470	...	...	variable	0,71	0,71	...	86
16	731,47	6,66	6,24	+1,58	2,1	+11,4	4,44	-0,27	-	400	900	...	...	variable	0,41	0,9	...	86
17	731,52	6,74	7,10	+2,32	0,6	+14,0	4,77	-0,04	-	102	410	...	...	SSO.	1	0,70	...	87
18	727,49	2,74	2,68	-2,23	0,0	+8,8	4,78	+0,03	+	740	990	2,6	4	N.	1	0,98	...	86
19	722,50	2,22	3,28	-1,76	2,4	+6,0	4,07	-0,70	+	560	800	...	...	NNE.	3	0,97	...	86
20	726,74	2,05	4,08	+1,09	0,2	+9,9	4,25	-0,55	-	460	940	...	...	N.	1	0,64	...	86
21	731,17	6,51	4,04	+1,26	2,2	+11,2	3,74	-1,09	+	400	960	...	...	N.	1	0,01	...	86
22	730,78	6,15	4,37	+0,43	0,9	+11,0	4,41	-0,45	-	35	470	...	...	N.	1	0,01	...	86
23	725,85	1,25	5,13	-0,43	0,3	+5,9	4,43	-0,46	-	62	460	3,0	4	SO.	1	0,00	...	87
24	721,98	2,89	2,04	-3,65	0,3	+5,9	3,24	-1,68	+	430	900	...	...	variable	0,82	0,86	...	87
25	724,11	0,43	0,72	-5,10	1,4	+3,6	3,37	-1,58	-	19	440	...	...	NNE.	2	0,71	...	87
26	728,09	3,58	1,00	-4,96	0,3	+5,0	3,01	-1,97	+	440	920	...	...	NNE.	2	0,14	...	86
27	726,82	2,34	2,09	-4,00	2,4	+6,9	4,58	-0,43	-	540	960	1,8	3	variable	0,96	0,9	...	86
28	726,30	3,84	3,16	-3,07	1,7	+5,9	4,81	-0,23	+	710	1000	1,8	3	NNE.	2	0,69	...	86
29	729,90	5,46	2,92	-3,44	2,0	+5,5	3,52	-1,55	-	72	530	690	...	NNE.	3	0,39	...	86
30	731,32	6,90	1,94	-4,55	0,3	+4,0	3,47	-1,63	-	49	550	760	...	NNE.	2	0,82	...	86
31	733,29	8,88	3,70	-2,93	1,4	+8,6	4,08	-1,05	-	29	510	900	...	N	1	0,0	...	86

## MOYENNES DU MOIS DE MARS 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	726,10	726,30	726,32	726,12	725,56	725,97	726,75	727,19	727,37
2 <sup>e</sup> " .	728,42	728,90	729,09	728,78	728,22	728,06	728,34	728,25	728,75
3 <sup>e</sup> " .	728,37	728,69	728,63	728,32	727,87	727,60	727,92	728,47	728,71
Mois	727,66	727,99	728,04	727,76	727,24	727,22	727,68	728,12	728,29

### Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+ 3,43	+ 4,29	+ 6,92	+ 7,83	+ 8,25	+ 7,12	+ 5,77	+ 4,80	+ 3,93
2 <sup>e</sup> " .	+ 1,67	+ 3,15	+ 5,95	+ 7,47	+ 8,69	+ 8,37	+ 7,21	+ 5,86	+ 4,87
3 <sup>e</sup> " .	+ 0,10	+ 1,84	+ 3,74	+ 4,60	+ 5,75	+ 5,90	+ 5,05	+ 3,63	+ 2,38
Mois	+ 1,68	+ 3,10	+ 5,48	+ 6,57	+ 7,50	+ 7,09	+ 5,98	+ 4,73	+ 3,68

### Tension de la vapeur.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	4,82	5,13	5,19	4,93	4,99	4,63	4,73	4,76	4,98
2 <sup>e</sup> " .	4,51	4,84	5,05	5,10	4,68	4,66	4,54	4,87	4,96
3 <sup>e</sup> " .	3,90	3,79	3,86	3,88	3,97	4,03	3,96	4,11	3,87
Mois	4,39	4,56	4,67	4,61	4,53	4,43	4,40	4,56	4,58

### Fraction de saturation en millièmes.

1 <sup>re</sup> décade	826	824	699	624	618	620	690	735	816
2 <sup>e</sup> " .	875	830	724	665	564	581	607	719	769
3 <sup>e</sup> " .	848	724	650	622	578	573	604	693	714
Mois	850	790	690	636	586	591	633	715	765

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	+ 1,35	+ 10,02	0,82	6,01	50,4	78,0
2 <sup>e</sup> " .	+ 0,86	+ 9,77	0,59	6,43	7,3	85,4
3 <sup>e</sup> " .	- 0,88	+ 7,05	0,51	6,33	6,6	86,4
Mois	+ 0,40	+ 8,88	0,64	6,27	64,3	83,4

Dans ce mois, l'air a été calme 0,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,56 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 7°,0 O., et son intensité est égale à 29,8 sur 100.

TABLEAU  
DES  
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES  
FAITES AU SAINT-BERNARD  
pendant  
LE MOIS DE MARS 1868.

Le 1 <sup>er</sup> ,	brouillard	tout le jour.
2,	id.	à 6 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
3,	id.	tout le jour.
4,	id.	id.
6,	id.	id.
7,	id.	jusqu'à midi.
8,	id.	à 10 h. du soir. La neige tombée dans l'après-midi a été emportée par le vent.
10,	id.	à 6 h. du matin.
11,	id.	jusqu'à 8 h. du matin.
12,	id.	depuis 6 h. du soir.
13,	id.	à 6 h. du matin.
15,	id.	depuis 6 h. du soir.
16,	id.	jusqu'à 8 h. du matin et à 8 h. du soir.
18,	id.	toute la journée.
19,	id.	depuis 8 h. du soir.
23,	id.	depuis 4 h. du soir.
24,	id.	tout le jour.
25,	id.	à 6 h. du matin et à midi.
27,	id.	à 6 h. du matin et à 10 h. du soir. La neige tombée a été emportée par le vent.
28,	id.	jusqu'à midi.
29,	id.	à midi et à 4 h. du soir.
30,	id.	à 2 h. de l'après-midi.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 6 h. soir	569,04	Le 1 à midi	558,96
7 à 10 h. soir	559,27	6 à 8 h. matin	553,59
9 à 10 h. matin	556,65	8 à 4 h. soir	553,06
13 à 10 h. soir	570,08	10 à 10 h. matin	552,07
16 à 10 h. soir	566,42	15 à 4 h. soir	562,86
21 à 10 h. soir	565,91	19 à 6 h. matin	554,98
31 à 8 h. soir	566,29	24 à 10 h. matin	552,28

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.					Pluie ou neige.				Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.				
1	559,62	0,15	558,96	561,24	8,29	+ 0,17	-12,3	3,9	100.	15,5	6	NE.	2	1,00	
2	564,38	4,61	564,84	566,05	9,59	+ 1,20	-13,5	7,4	...	...	...	NE.	2	0,81	
3	566,44	6,67	565,16	567,96	6,41	+ 1,91	6,6	4,3	...	...	...	NE.	2	1,00	
4	568,64	8,88	568,06	569,04	5,26	+ 3,00	6,2	2,6	...	...	...	NE.	1	1,00	
5	565,09	5,33	561,72	567,59	9,41	+ 5,79	4,5	2,8	...	...	...	NE.	3	0,72	
6	554,62	5,14	553,59	555,76	9,94	+ 1,81	-11,4	6,2	...	...	...	NE.	3	1,00	
7	557,60	2,16	555,59	559,27	-11,31	+ 3,25	-13,0	9,0	10	1,5	2	NE.	3	1,00	
8	555,47	4,29	553,06	558,35	6,44	+ 1,55	-14,3	0,7	50	3,0	4	SO.	2	0,82	
9	556,26	3,51	555,69	556,65	8,92	+ 1,00	-15,0	4,3	...	...	...	SO.	1	0,05	
10	553,05	6,72	552,07	554,77	8,90	+ 1,05	-10,9	5,4	50	3,0	8	SO.	3	0,99	
11	558,42	1,35	557,33	559,14	6,41	+ 1,36	9,7	0,1	10	1,2	3	NE.	1	0,36	
12	560,14	0,36	557,83	564,04	7,28	+ 0,41	8,5	4,1	...	...	...	NE.	1	1,00	
13	569,19	9,10	570,08	570,08	6,42	+ 1,19	8,9	1,9	...	...	...	NE.	1	0,11	
14	567,64	7,84	566,28	568,80	4,41	+ 3,12	7,2	4,1	...	...	...	NE.	1	0,20	
15	563,15	3,34	563,86	563,52	6,64	+ 0,81	7,7	4,0	...	...	...	NE.	1	0,49	
16	565,07	5,25	563,30	566,42	7,77	+ 0,41	-10,5	4,2	...	...	...	NE.	1	0,74	
17	564,88	5,05	563,74	563,97	6,93	+ 0,34	-10,4	3,9	...	...	...	NE.	1	0,50	
18	557,63	2,92	556,15	559,87	-12,23	+ 5,05	-12,5	5,1	...	...	...	NE.	2	1,00	
19	556,09	3,77	554,98	558,11	8,98	+ 1,89	-12,7	5,0	10	0,9	3	NE.	1	0,60	
20	560,04	0,13	558,04	562,04	10,06	+ 3,06	-14,6	5,0	...	...	...	NE.	1	0,04	
21	564,58	4,68	563,73	565,91	7,01	+ 0,10	-11,4	2,5	...	...	...	NE.	1	0,00	
22	565,02	5,10	564,42	565,62	8,26	+ 1,10	7,3	0,7	...	...	...	variable	2	0,00	
23	559,37	0,58	557,44	561,83	8,26	+ 1,55	-10,6	3,7	...	...	...	NE.	2	0,63	
24	552,54	7,43	552,98	552,93	-14,58	+ 7,97	-16,0	-12,0	...	...	...	NE.	3	0,99	
25	553,65	6,35	552,38	556,08	-17,57	+ 11,06	-19,9	-15,5	...	...	...	NE.	3	1,00	
26	558,42	1,61	556,39	559,94	8,97	+ 2,66	-10,8	6,3	...	...	...	NE.	1	0,07	
27	558,55	4,51	557,16	559,94	8,97	+ 2,66	-10,8	6,3	...	...	...	NE.	2	0,97	
28	560,05	0,04	558,36	561,90	-11,34	+ 5,14	-12,8	8,9	...	...	...	NE.	1	0,91	
29	562,34	2,32	561,30	563,72	9,14	+ 3,05	-13,0	6,8	...	...	...	NE.	1	0,41	
30	563,17	3,02	562,20	564,69	6,46	+ 0,48	8,9	1,3	...	...	...	NE.	1	0,46	
31	565,89	5,70	565,10	566,29	5,89	+ 0,02	8,8	1,8	...	...	...	NE.	1	0,00	

\* Les chiffres reintermes dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomètre étant hors de service.

## MOYENNES DU MOIS DE MARS 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	560,04	560,06	559,97	560,05	559,86	560,00	560,24	560,51	560,57
2 <sup>e</sup> "	561,66	562,08	562,07	562,28	561,97	562,13	562,36	562,77	562,94
3 <sup>e</sup> "	559,97	560,27	560,22	560,20	560,16	560,22	560,40	560,81	560,95
Mois	560,54	560,79	560,74	560,82	560,65	560,76	560,98	561,35	561,47

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	— 8,82	— 7,86	— 6,06	— 4,75	— 5,15	— 6,45	— 7,89	— 8,67	— 8,86
2 <sup>e</sup> "	— 9,95	— 8,12	— 6,34	— 5,04	— 4,39	— 5,19	— 7,65	— 8,74	— 8,79
3 <sup>e</sup> "	— 11,81	— 9,82	— 8,52	— 7,65	— 7,40	— 8,18	— 9,59	— 10,75	— 10,92
Mois	— 10,25	— 8,64	— 7,02	— 5,87	— 5,70	— 6,66	— 8,42	— 9,43	— 9,57

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	0	0	0,84	mm 23,0	mm 210
2 <sup>e</sup> "	— 10,27	— 3,98	0,50	4,0	30
3 <sup>e</sup> "	— 12,67	— 6,44	0,49	0,0	0
Mois	— 11,28	— 4,89	0,61	27,0	240

Dans ce mois, l'air a été calme 4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 7,89 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 111,1 sur 100.

\* Voir la note du tableau.



BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXI (NOUVELLE PÉRIODE)

1868. — N<sup>o</sup> 121 à 124.

	Pages
Sur la chimie des premiers âges de la terre, par <i>M. Sterry Hunt</i> . . . . .	5
Observations sur le bourdonnement électrique des montagnes, par <i>M. Henri de Saussure</i> . . . . .	15
Sur la production de chaleur dans l'air traversé par des décharges électriques, par <i>M. J.-C. Poggen- dorff</i> . . . . .	28
Recherches sur la réduction du niobium et du tan- tale, par <i>M. C. Marignac</i> . . . . .	89
Des progrès récents dans l'étude des infusoires, principalement d'après <i>M. Fr. Stein</i> , par <i>M. Éd. Claparède</i> . . . . .	104
A. FAVRE. Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc, par <i>M. B. Studer</i> . . . . .	123
Description géognostique et minière des filons du Kinzigthal . . . . .	185
Recherches sur l'arc voltaïque, par <i>M. E. Edlung</i> . . . . .	227
Station de l'homme de l'âge de la pierre, à Veirier, près Genève; lettre adressée à <i>M. E. Lartet</i> , par <i>M. Alph. Favre</i> . . . . .	246

De l'aurore boréale (soit lumière polaire), des phénomènes qu'elle présente et des lois auxquelles elle est soumise, par M. <i>Élias Loomis</i> . . . . .	273
De la température des flammes d'oxyde de carbone et d'hydrogène, par M. <i>R. Bunsen</i> . . . . .	286

## BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

<i>D<sup>r</sup> Collingwood</i> . Sur un arc-en-ciel horizontal observé sur mer . . . . .	60
<i>H.-C. Sorby</i> . Sur la couleur des nuages et du ciel . . . . .	61
<i>William-P. Blake</i> . Les glaciers de l'Alaska (Amérique russe) . . . . .	143
<i>P.-François Denza</i> . Sur les valeurs de l'électricité et de l'ozone, observés à Moncalieri à l'époque du choléra . . . . .	148
<i>A. Kundt</i> . De la vitesse du son dans des tuyaux . . . . .	256
<i>H. Wild</i> . Pouvoir absorbant de l'air sur la lumière . . . . .	308
<i>J.-C. Poggendorff</i> . Sur un nouveau phénomène électrique de mouvement . . . . .	310
<i>V. Regnault</i> . Sur la vitesse de propagation des ondes dans les milieux gazeux . . . . .	316

## CHIMIE.

<i>F. Ullik</i> . Recherches sur l'acide molybdique et ses sels . . . . .	152
<i>A. Würtz</i> . Sur la synthèse de la névrine ou neurine . . . . .	159
<i>Carl Than</i> . Sur l'oxysulfure de carbone . . . . .	160
<i>D<sup>r</sup> E. Drechsel</i> . Réduction de l'acide carbonique en acide oxalique . . . . .	260
<i>A. Wanklin</i> et <i>R. Schenk</i> . Synthèse de l'acide caproïque . . . . .	261
<i>E. Linnemann</i> . Sur la transformation des amines dans l'alcool monoatomique dont elles contiennent l'hydrocarbure . . . . .	263
<i>D<sup>r</sup> Jul. Löwe</i> . Sur la transformation de l'acide gallique en acide tannique . . . . .	330

TABLE DES MATIÈRES.

363

	Pages
<i>H.-E. Roscoe.</i> Recherches sur le vanadium. . . . .	334
<i>M. Pattison et John Clark.</i> Sur la séparation du cérium de ses deux congénères le lanthane et le didyme. . .	335
<i>A. Fröhde.</i> Sur une nouvelle réaction des matières albuminoïdes . . . . .	336
<i>R. Otto.</i> Sur la réduction de l'acide hyposulfurique en acide sulfureux, au moyen de l'hydrogène naissant. . . . .	336

**MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.**

Sur la géologie du Haut-Tatra. . . . .	65
Comte <i>François de Marenzi.</i> Fragments de géologie ou examen de cette science d'après les principes de l'astronomie et de la physique combinés avec les bouleversements et l'âge de la terre. . . . .	67
<i>Suess.</i> Sur l'équivalent du Rothliegende dans les Alpes méridionales . . . . .	263

**ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.**

<i>Ch. Matteucci.</i> Sur l'électrotone des nerfs et de certains fils métalliques recouverts d'une couche humide . . .	68
<i>Van der Hoeven.</i> <i>Phylosophia zoologica.</i> . . . . .	70
<i>D<sup>r</sup> C. Kupffer.</i> Recherches sur le développement du système génito-urinaire. . . . .	75
<i>Vitu Graber.</i> Observations pour servir à l'histoire du développement, etc. des Orthoptères. . . . .	78
<i>William Carpenter.</i> Recherches sur la structure, la physiologie et le développement de l'Antedon. . . . .	162
<i>Wyville Thomson.</i> Sur l'embryologie de l'Antedon rosaceus. . . . .	162
<i>Lütken.</i> Sur les Pentacrinides des Indes Occidentales, avec remarques sur les Crinoïdes en général. . . . .	162
<i>S. de Luca et P. Panceri.</i> Recherches sur la salive et les organes salivaires du <i>Dolium Galea</i> . . . . .	170
<i>Les mêmes.</i> Recherches sur les organes salivaires du <i>Dolium Galea</i> et d'autres mollusques. . . . .	170
<i>Alb. Kölliker.</i> Note sur le polymorphisme des Anthozoaires et la structure des Tubipores. . . . .	171

	Pages
Prof. <i>Wilh. Keferstein</i> . Sur un Némertien hermaphrodite ( <i>Borlasia hermaphroditica</i> ) de Saint-Malo . . . . .	173
<i>Brunner de Wattenwyl</i> . Nouveau système des Blattaires. . . . .	174
<i>Semper</i> . Voyage dans l'Archipel des Philippines . . . . .	337
<i>Max Schultze</i> . Sur les bâtonnets et les cônes de la rétine. . . . .	345
<i>Le même</i> . Sur les organes terminaux du nerf optique chez les articulés. . . . .	345
<i>Le même</i> . Remarques sur le mémoire de Steinlin. . . . .	345
<i>Le même</i> . Recherches sur les yeux composés des crustacés et des insectes. . . . .	345
<i>Steinlin</i> . Sur les cônes et les bâtonnets de la rétine. . . . .	345
<i>Zenker</i> . Essai d'une théorie de la perception des couleurs. . . . .	345

### OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

Observations faites pendant le mois de décembre 1867. . . . .	81
<i>Idem.</i> pendant le mois de janvier 1868. . . . .	177
<i>Idem.</i> pendant le mois de février. . . . .	265
<i>Idem.</i> pendant le mois de mars . . . . .	353

*Errata au numéro de décembre 1867 des Archives, t. XXX.*

Page 324 (note), 7<sup>me</sup> ligne d'en bas, au lieu de formule (1), lisez formule (2).

Même page, 6<sup>me</sup> ligne d'en bas, lisez :

$$v_n = \frac{V}{2} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{2a}{\sqrt{d}} \Delta t \right)^n \right]$$

Page 344, dernière ligne de la note,

au lieu de  $\frac{u}{a+u'} < \frac{1}{2}$  lisez  $\frac{u}{u+u'} < \frac{1}{2}$

et au lieu de  $\frac{u+z}{u+u'+2\varepsilon}$  lisez  $\frac{u+z}{u+u'+2\varepsilon}$

Page 357, ligne 20, au lieu de végétation, lisez régulation.

*Errata au numéro de mars 1868, t. XXXI.*

Page 200, ligne 10 à partir du bas, biffez « son entretien. »

*Ar*





**ARCHIVES**  
**DES**  
**SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES**

12455 K 1868

---

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

---

**BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE**

ET

**REVUE SUISSE**

---

**ARCHIVES**

DES

**SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES**

---

**NOUVELLE PÉRIODE**

**TOME TRENTE-DEUXIÈME**

---

**GENÈVE**

**BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18**

**LAUSANNE**

**GEORGES BRIDEL**

**NEUCHÂTEL**

**DELACHAUX ET SANDOZ**

---

**1868**

12.455 K 1865

A.136109

**RECHERCHES**  
SUR  
**LE FŒHN DU 23 SEPTEMBRE 1866**  
EN SUISSE

PAR  
**M. L. DUFOUR**<sup>1</sup>  
Professeur de Physique à l'Académie de Lausanne.

---

C'est surtout depuis l'incendie de la ville de Glaris en mai 1861, incendie dû à la violence extraordinaire d'une tempête du sud-est, que les physiciens ont porté leur attention sur les causes de ce vent chaud connu dans la Suisse allemande sous le nom de *fœhn*. Déjà depuis 1852, ce phénomène avait acquis une véritable importance scientifique à la suite de l'opinion émise par M. Escher de la Linth, savoir, que la fin de l'époque glaciaire avait très-probablement coïncidé avec la première apparition du *fœhn*, apparition qui aurait été la conséquence du dessèchement du centre de l'Afrique et plus particulièrement du désert de Sahara, lesquels jusqu'à cette époque auraient été recouverts par la mer. Suivant M. Escher, le *fœhn* tire maintenant du désert de Sahara la chaleur qui le caractérise. Si donc cette partie de l'Afrique a été anciennement sous la mer, il est évident que le *fœhn* n'a pu souffler à cette époque, ou du moins pas avec la température élevée qui le distingue

<sup>1</sup> Le mémoire dont nous donnons l'analyse a paru dans le *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences natur.*, vol. IX, n° 58.

aujourd'hui. Son influence n'a dû commencer à se faire sentir qu'à l'époque relativement moderne, à laquelle le centre de l'Afrique a été émergé, et c'est cette influence qui, dans l'opinion de M. Escher, aurait fait succéder dans le centre de l'Europe un climat tempéré à un froid glacial.

Si l'hypothèse de M. Escher a été d'abord assez généralement acceptée par la plupart des géologues suisses, elle a été combattue dans des publications récentes, plus spécialement dans une brochure due à M. Dove, dans laquelle ce savant distingué, après avoir montré que tous les fœhns ne sont pas identiques, et qu'il y a évidemment de la confusion dans l'emploi du même nom appliqué à des circonstances météorologiques assez différentes, expose ses propres vues sur la théorie générale des fœhns, ou plutôt des différents vents qui, par leur influence mutuelle les uns sur les autres, concourent à produire le vent connu dans les vallées suisses sous le nom de « fœhn. » M. le professeur Dufour vient de traiter de nouveau le sujet dans un travail remarquable inséré dans le Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles. L'auteur s'abstient de toute discussion suivie sur les publications auxquelles nous venons de faire allusion, parce que, ainsi qu'il le fait remarquer avec raison, les caractères qui distinguent le fœhn n'ont été indiqués jusqu'ici que d'une manière incomplète, et que, pour arriver à une explication satisfaisante d'un phénomène probablement aussi complexe, il est indispensable d'être mieux informé qu'on ne l'est sur toutes les circonstances météorologiques qui l'accompagnent, ou qui se développent simultanément dans des contrées plus ou moins éloignées de celles où le fœhn se fait sentir. C'est à une

étude détaillée de ces circonstances qu'est consacré le travail dont nous allons chercher à rendre compte, et qui a pour objet une véritable monographie d'une tempête de fœhn dans le sens qui vient d'être indiqué. L'auteur a choisi le fœhn mémorable du 21 au 24 septembre 1866, sur lequel, grâce aux nombreuses stations météorologiques déjà établies à cette époque dans la plupart des cantons de la Suisse, il a pu obtenir des données nombreuses et variées, et ce qui est bien plus important encore, habituellement dignes de confiance.

Afin de pouvoir présenter un aperçu général des circonstances météorologiques qui ont accompagné le fœhn de septembre 1866, l'auteur a réuni dans un premier tableau les différences qui se sont manifestées pour les principales stations du réseau suisse entre les journées du 22, 23 et 24 septembre et les trois jours qui les ont précédé et suivi, au triple point de vue de la pression, de la température et de l'humidité de l'air. Si c'est, en effet, de ces trois circonstances que doit dépendre en grande partie l'origine du fœhn, les bien connaître est un premier pas et un pas important vers l'explication du phénomène.

### § 1<sup>er</sup>. *Variations dans la pression atmosphérique.*

La première partie du tableau de M. Dufour est divisée en trois colonnes, dont la première indique quelle a été, pour 65 stations différentes, la pression atmosphérique moyenne des trois jours qui ont précédé, et des trois jours qui ont suivi la période du fœhn de septembre 1866. La seconde colonne fournit cette même donnée pour les trois jours que le fœhn a duré, savoir : les 22, 23 et 24 septembre. Dans la troisième colonne se trouvent

les différences, positives ou négatives, entre les deux premières. Voici maintenant le résumé des résultats obtenus.

Pour 64 stations sur les 65, la tempête du fœhn a été accompagnée d'une diminution notable dans la pression atmosphérique. Il y a cependant de grandes différences à cet égard entre les stations suisses qui se trouvent au nord et celles qui sont situées au sud des Alpes. Tandis que dans les premières, où le fœhn a régné en général avec une extrême violence, la diminution de la pression barométrique a été considérable, dans les secondes au contraire, où ce vent ne s'est presque pas fait sentir, cette diminution a été beaucoup plus faible. Il faut cependant ajouter que la diminution de pression paraît jusqu'à un certain point indépendante de la force du vent, car elle s'est manifestée dans presque toute la partie de la Suisse située au nord des Alpes, même dans des localités où le mouvement de l'air a été faible ou nul : telles que Morges, Porentruy et Berne. En général, la baisse barométrique a commencé à se manifester dans la journée du 21, et a continué sans interruption jusqu'au 23, où un minimum s'est produit. A partir du 23, la pression a été de nouveau en augmentant jusqu'au 26.

Afin de rendre plus sensibles les variations générales de la pression atmosphérique pendant les trois jours qu'a duré le fœhn, l'auteur a construit des courbes indiquant les oscillations barométriques dans une cinquantaine de stations prises dans les différentes parties de l'Europe. L'examen de ces courbes a donné lieu aux observations suivantes :

1° La dépression barométrique, observée en Suisse dans les stations où le fœhn a régné, est tout à fait semblable à celle qui s'est fait remarquer en même temps à

l'ouest et au nord-ouest de l'Europe, plus particulièrement dans les stations de Lisbonne, Palma, Lyon, Bordeaux, Paris, Greenwich, Bruxelles, Munich, Leipzig, etc.

2° Au sud des Alpes, le mouvement barométrique a été tout autre, et cela pendant toute la durée du fœhn. Sous ce rapport, la grande chaîne alpine paraît avoir constitué, dans la distribution de la pression atmosphérique, une sorte de limite séparant deux régions complètement différentes. En effet, tandis qu'au nord des Alpes il a régné une forte dépression barométrique du 21 au 24 septembre, au sud, au contraire, la pression est restée à peu près stationnaire, ou même le mouvement a eu lieu en sens opposé. Et ce qu'il y a de singulier, c'est que des stations très-rapprochées de la chaîne des Alpes, mais situées du côté du sud, telles que Aoste, Mendrisio, Bellinzone, etc., ont peu ou point participé au mouvement de dépression, tandis que dans des stations situées de 50 à 100 kilomètres seulement des premières, mais au nord des Alpes, telles que Sion, Martigny, Montreux, Glaris, Coire, etc., la dépression barométrique a été très-considérable, de 5 à 8 millimètres. D'autre part, il est à remarquer que la marche du baromètre dans les stations suisses situées au nord des Alpes a ressemblé en général à ce qu'elle a été pour des localités éloignées de plusieurs centaines de kilomètres, telles que Munich, Paris, Bruxelles, Utrecht, etc.

Une remarque analogue peut s'appliquer aux observations du réseau autrichien. En effet, la dépression barométrique à Inspruck, Salzbourg, Lintz, etc., concorde avec celle des stations de l'Europe occidentale; tandis qu'à Trente, Laybach, Klagenfurt, situées au sud des Alpes, le mouvement barométrique a été très-faible.

La dépression barométrique qui a régné dans le nord aussi bien que dans le centre de l'Europe pendant toute la durée du föehn, a été accompagnée de pluies abondantes et de vents plus ou moins violents au nord-ouest du continent et sur la Manche. Sous ce rapport, l'orage de föehn semblerait avoir fait partie d'une tempête générale qui aurait abordé l'Europe par l'ouest, venant probablement de l'Atlantique. On verra cependant plus loin, que la température et la sécheresse de l'air du föehn étaient si différentes du temps froid et humide qui régnait au même moment sur la Manche et les côtes occidentales de la France, qu'il est difficile d'attribuer les deux phénomènes à un seul et même courant. Mais la concordance des oscillations barométriques dans des stations aussi éloignées n'en est pas moins un fait digne d'être remarqué.

La dépression barométrique qui s'est fait sentir sur une si grande partie de l'Europe pendant la durée du föehn, a présenté un minimum à des époques un peu diverses suivant les différentes régions. Ce minimum, comme nous l'avons vu, a eu lieu le 23 septembre pour la plupart des stations suisses ; il en a été de même à Munich, Vienne et pour les stations du Wurtemberg. Il a eu lieu le 22 pour les pays situés au nord et au nord-ouest de l'Europe. Dans les stations du centre et du midi de la France, de même qu'à Palma et à Lisbonne, ce minimum a eu lieu également dans la journée du 23, mais quelques heures plus tôt que pour les stations suisses situées au nord des Alpes.

Quoique la pression atmosphérique ait été inférieure à sa valeur normale les 22 et 23 septembre dans presque toute l'Europe centrale et occidentale, l'écart relativement

à cette normale a beaucoup varié suivant les différentes régions. C'est ce que montre le tableau suivant de l'écart observé dans différents pays entre la pression normale et celle qui a été observée le 23 septembre.

Côtes nord-ouest de l'Europe.....	— 15	à	— 22 <sup>mm</sup>
Allemagne méridionale et centrale..	— 10	à	— 17
Plateau suisse.....	— 6	à	— 14
Vallées alpines.....	— 4	à	— 10
Stations élevées de la chaîne alpine.	+ 0,7	à	+ 1,4
Athènes.....	+ 4	à	+ 5

La pression atmosphérique semble ainsi avoir suivi une marche décroissante en allant du sud-est au nord-ouest de l'Europe, et *c'est immédiatement près du versant nord des Alpes que ce décroissement est le plus rapide.*

## § 2. *Mouvement de l'air.*

Dès le 20 septembre, l'atmosphère était agitée sur plusieurs points au nord et au nord-ouest de l'Europe. Le 21, il régnait sur la Manche une tempête du sud-ouest qui s'est étendue à plusieurs régions de l'Europe centrale. C'est pendant cette même journée du 21 que le *föhn* a commencé à se faire sentir sur plusieurs points de la Suisse, mais ce n'est que le 22 qu'il s'est un peu généralisé, et le 23 qu'il a acquis une violence excessive sur beaucoup de points. Le 24, l'agitation de l'air a commencé à diminuer et le baromètre à monter, quoique le *föhn* se fit encore sentir sur plusieurs points. Le 25, il a achevé de disparaître dans les dernières stations suisses, et les vents sont redevenus variables.

Au sud des Alpes, durant la période du 20 au 25 sep-

tembre, l'état atmosphérique a été complètement différent. Pendant tout cet intervalle, les vents ont été généralement faibles et variables sur toute l'Italie. Presque toutes les localités, situées sur le versant sud des Alpes, sont demeurées dans un calme qui contrastait singulièrement avec le vent violent qui régnait à une distance de quelques kilomètres seulement sur le versant nord. C'est ainsi qu'à Aoste, Cormayeur, Châtillon, Faido et Trente, il régnait un calme presque parfait pendant que le fœhn se déchainait avec violence à Martigny, Zermatt, Altorf, etc. On ne peut donc pas considérer le fœhn comme un sirocco qui a franchi les Alpes, ainsi que cela est admis assez généralement en Suisse. La tempête du 21 au 24 septembre donne un démenti direct à cette opinion. L'auteur mentionne aussi des tempêtes de fœhn qui ont eu lieu le 20 octobre 1864 et le 28 février 1866, et qui, pas mieux que celle du 23 septembre, ne paraissent avoir eu leur origine au sud des Alpes. De plus, il est à remarquer que, tandis que le fœhn, comme nous le verrons plus loin, est un vent très-sec, le sirocco est le plus souvent un vent humide. Le fait que le fœhn n'a rien de commun avec le sirocco proprement dit, bien qu'ils soufflent l'un et l'autre du sud-est, est d'ailleurs amplement confirmé par un grand nombre de communications adressées à M. Dufour de diverses stations de l'Italie et de la Sicile. Il ressort de ces communications, que plusieurs coups violents de sirocco, remarqués en 1866 et 1867 dans le centre et le midi de l'Italie, bien qu'ils aient été accompagnés d'une forte dépression barométrique, n'ont coïncidé en aucune façon avec une tempête de fœhn dans les vallées de la Suisse.

Le fait, que dès le début du fœhn de septembre 1866,

la pression atmosphérique s'est trouvée inférieure à sa valeur normale dans toute l'Europe centrale et occidentale, tandis que cette même pression était égale et même supérieure à sa valeur moyenne en Italie, surtout dans l'Italie méridionale et à Athènes, semble indiquer un *appel* de l'air du sud et du sud-est vers le nord et le nord-ouest. Cette perturbation atmosphérique, accompagnée d'un centre de dépression dans la direction du nord-ouest, arrivait probablement de l'Atlantique, et a dû produire des vents de sud-ouest, vents qui ont effectivement dominé dans l'ouest et le nord-ouest de l'Europe. Maintenant ne pourrait-on pas supposer avec l'auteur, que dans la région des Alpes il a pu se produire un effet complexe, et que le grand courant du sud-ouest, en arrivant au pied de la chaîne alpine, a pu se rencontrer avec le courant supérieur résultant d'un appel de l'air du sud-est vers le nord-ouest, comme nous venons de le voir. Et dans ces circonstances, la chaîne des Alpes n'aurait-elle pas pu servir en quelque sorte de barrière pour empêcher les couches inférieures de la colonne atmosphérique qui reposait sur l'Italie, de céder à l'appel vers le nord, tandis que les masses d'air aspirées peut-être de fort loin du sud et du sud-est, seraient demeurées à l'état de courant très-supérieur jusqu'à la chaîne des Alpes. Arrivées au sommet de ce rempart, elles ont dû se précipiter de haut en bas, et devenues ainsi courant inférieur, se manifester sous la forme d'une tempête de *föhn* venant du sud-est. On conçoit d'ailleurs que, suivant la distribution de la pression sur l'Europe et d'autres circonstances accessoires, le résultat de l'aspiration du sud-est puisse être plus ou moins modifié par la présence du sud-ouest ordinaire, ce qui permet-

trait d'expliquer les différences notables de chaleur et d'humidité qui ont été remarquées d'une tempête de föehn à une autre. L'auteur indique comme de nature à corroborer cette opinion le fait que dans le midi de la France, et en particulier à Marseille, où rien n'empêchait les masses d'air aspirées du sud-est de suivre cet appel en s'abaissant au niveau de la mer, il regnait effectivement un fort vent de sud-est en même temps que le föehn sévissait en Suisse.

On a souvent remarqué, du reste, que le föehn avait les caractères d'un vent plongeant, et qu'il paraissait se précipiter de haut en bas dans les vallées alpines. Ce qui donnerait quelque poids à cette opinion, c'est l'existence du föehn dans des localités qui, par la configuration du terrain, devraient être protégées. C'est ainsi que l'auteur fait remarquer que Bovernier (Val d'Entre-Mont), situé au nord et au pied du mont Catogne, haut de 2500 mètres, devrait, ce semble, être à l'abri de tout courant venant du sud. Le föehn y a cependant régné avec violence dans la journée du 23 septembre, et d'après le témoignage de plusieurs personnes, paraissait tomber directement du haut du Catogne. Il en a été de même dans la vallée des Ormonts, dont le fond est dominé du côté du sud par l'énorme massif des Diablerets, et cependant le föehn a commencé à y souffler dans la nuit du 22 au 23, ce qui se comprendrait difficilement, si ce vent n'avait pas une direction inclinée à l'horizon. Un autre motif en faveur de l'hypothèse que le föehn est un vent plongeant, est tiré du fait constaté par M. Dufour, qu'au niveau de la haute chaîne des Alpes, la pression était en général plus forte (en tenant compte de l'altitude) que dans les stations profondes des vallées situées au nord. En admet-

tant que cette condition ait existé, du plus au moins, entre tous les points élevés de la chaîne des Alpes et le fond des vallées septentrionales, il est tout naturel que l'air se soit précipité des premières stations sur les secondes. D'autre part, le *föhn* ayant soufflé avec une extrême violence pendant deux jours au moins, les masses considérables d'air ainsi déplacées ne peuvent guère avoir été prises uniquement dans les régions avoisinant le sommet des Alpes ; elles ont dû provenir de contrées plus éloignées, ce qui nous ramène à l'hypothèse d'un courant supérieur arrivant des régions méridionales.

Il était intéressant de chercher dans quelles localités le *föhn* a commencé à se faire sentir. Sous ce rapport, les feuilles d'observation des stations suisses se bornent malheureusement à mentionner l'existence du *föhn* à une certaine heure, sans indiquer le moment précis où il a commencé. L'auteur a pu cependant obtenir un petit nombre de renseignements assez positifs, d'où il résulterait, que ce sont les flancs et les sommets du Jura qui ont été atteints les premiers, savoir dans la journée du 21. A ce moment les stations suisses rapprochées du pied des Alpes, telles que Altorf, Splugen, Glaris, Zug, Bex, Reichenau, etc., jouissaient encore d'un calme parfait. Ce n'est que dans la journée du 22, le plus souvent entre onze heures et midi, même pour des stations assez éloignées les unes des autres, que le *föhn* a débuté d'une façon soudaine et violente. Dans quelques stations cependant, telles que Schaffhouse, Stanz et Zurich, il ne s'est fait sentir que le 23. C'est dans cette même journée que quelques bouffées de *föhn* sont arrivées jusqu'au bord du Léman.

Un caractère du *föhn* qui mérite d'être signalé, c'est

qu'en général il ne souffle pas, comme les vent du nord-est, d'une manière continue. Dans la tempête du 22 au 24 septembre, on a vu dans certaines localités des périodes de calme parfait succéder aux plus violentes secousses atmosphériques, tandis que dans d'autres peu éloignées peut-être des premières, le vent a continué à souffler sans interruption. Quant à l'intensité du foehn de septembre 1866, on le cite comme un des plus violents qui se soit fait sentir depuis longtemps en Suisse. Aussi les dégâts qu'il a produits ont-ils été considérables. Pour n'en citer qu'un exemple, plus de mille arbres ont été déracinés ou brisés dans la seule commune de Bex.

### § 3. *Température de l'air.*

Il est facile de s'assurer en parcourant la seconde partie du tableau principal de M. Dufour, que le foehn a coïncidé avec un accroissement souvent très-considérable de la température de l'atmosphère. C'est même dans cette élévation de température que réside le caractère le plus distinctif peut-être du foehn, et qui empêche de le confondre avec le sud-ouest ordinaire. Dans la plupart des stations du réseau suisse la température a commencé à s'élever quelques heures avant que le foehn se soit fait sentir, et lorsque ce vent est arrivé, la température n'a pas atteint dès les premières heures le degré auquel elle est parvenue plus tard. Il y a eu effectivement dans le foehn du 22 au 24 septembre une augmentation de chaleur jusqu'au second, quelquefois même jusqu'au troisième jour; et ce qu'il y a de remarquable, c'est que cette élévation de température a persisté, non-seulement le matin et le soir, mais même la nuit, jusqu'à la fin de la tem-

pête. En d'autres termes, pendant que le fœhn a duré, l'oscillation diurne de la température a été très-peu considérable. Le tableau suivant montre quelques exemples de ce fait.

		7 heures matin.	1 heure jour.	9 heures soir.	Oscillation diurne.
Montreux.....	le 23	22°,0	24°,9	22°,2	2°,9
".....	le 24	22°,8	22°,3	22°,4	0°,5
Glaris.....	le 24	24°,9	26°,8	25°,7	1°,9
Saint-Gall.....	le 23	21°,2	22°,6	22°,0	1°,4
Engelberg.....	le 24	18°,9	19°,5	16°,6	2°,9
Churwalden...	le 23	15°,4	17°,0	17°,0	1°,6
Trogen.....	le 24	20°,6	23°,6	21°,7	3°,0

Dès que le fœhn a cessé, la température de l'atmosphère s'est généralement abaissée. Cependant, dans la plupart des stations, le thermomètre a accusé encore pendant plusieurs heures une température au-dessus de la moyenne. Ce fait a été surtout frappant pour les stations du Jura et de Neuchâtel, où la température élevée s'est conservée pendant toute la journée du 23, alors que le fœhn ne soufflait plus.

L'auteur a calculé l'élévation de température due au fœhn dans les diverses stations du réseau suisse, en comparant la température moyenne des trois jours qui ont précédé et suivi le fœhn, avec la température moyenne des trois jours pendant lesquels il a duré. L'inspection du tableau qui renferme cette comparaison, conduit aux conclusions suivantes :

1° L'élévation de température due au fœhn a été générale dans toutes les stations suisses situées au nord des Alpes. On peut dire que dans la plupart de ces stations l'élévation a atteint 6, 7, 8, et même dans quelques localités jusqu'à 9 degrés. A Genève, où le courant du fœhn n'a été

bien caractérisé que pendant une partie de la journée du 23, l'excès moyen de température a été ce jour-là de 7°,3. Au reste, même dans les stations où le foehn a été faible ou nul, telles que Bâle, Aarau, Berne, Morges, etc., la haute température qu'il portait avec lui s'est fait également sentir, quelquefois même dans une assez forte mesure.

L'élévation de température pendant la durée du foehn a été moins prononcée dans les régions des hautes Alpes que dans les vallées et le plateau suisse. L'excès moyen de la température au Saint-Bernard, au Simplon, au Saint-Gothard et au Splügen, n'a été que de 0°,8 à 3°. Dans le Jura et les stations de la Suisse centrale, il a été beaucoup plus considérable, savoir de 3°,8 à 6°,6.

La température *absolue* de l'air apportée par le foehn a été très-considérable dans quelques-unes des vallées de la Suisse, eu égard surtout à la saison avancée. On peut même affirmer que dans plusieurs localités, les journées du 23 et 24 septembre ont atteint le degré de chaleur qui caractérise les journées chaudes d'été. L'auteur nous a fourni à ce sujet un tableau de la température moyenne de la journée pour quatorze stations différentes du réseau suisse, d'où résulte que dans cinq de ces stations, savoir Glaris, Marschlins, Bex, Sargans et Alstætten, *la journée du 24 septembre a été la plus chaude de l'année*. Dans d'autres localités, telles que Schwytz, Engelberg et Altorf, il n'y a eu qu'un seul jour, en juillet, où la température du 24 septembre ait été dépassée. Tous ces faits montrent jusqu'à quel point le foehn mérite sa réputation d'un vent chaud, surtout lorsqu'on songe qu'il s'agit de stations dont la hauteur au-dessus de la mer est souvent considérable.

En jetant les yeux sur le tableau général de comparaison, on est frappé de ce que les stations suisses, situées au sud des Alpes, ne présentent aucune élévation notable de température pendant la période du fœhn. Pour ces localités, l'excès de température sur la moyenne de celle des trois jours qui ont précédé et suivi le fœhn, n'a pas dépassé 2°. En quelques endroits, tels que Bellinzone, Castasegna et le Bernardin, il a été au-dessous de 1°. Enfin, à Faido, l'excès de température a eu lieu en sens inverse, bien que cette station soit très-rapprochée de la chaîne alpine.

L'auteur fournit quelques renseignements intéressants sur la température comparative qui a régné dans le sud et le sud-ouest de l'Europe pendant la période du fœhn et les jours qui l'ont précédé. Il en résulte ce fait singulier, que la température moyenne diurne de quelques stations suisses, telles que Sargans, Bex, Glaris, etc., a été plus élevée le 23 et le 24 septembre que celle de la plupart des stations du midi de l'Italie et même de la Sicile. On peut presque dire la même chose pour Palma et pour Lisbonne. En prenant pour terme de comparaison la seconde quinzaine tout entière de septembre, l'auteur montre qu'il n'y a eu qu'un seul jour dans toute l'Italie, (savoir le 22 à Naples), où la moyenne diurne ait atteint celle des stations suisses indiquées plus haut.

Un fait pour le moins aussi remarquable, c'est qu'il en est de même des températures maxima observées entre les 15 et 30 septembre dans les parties les plus méridionales de l'Europe. Nulle part en Italie le maximum de température du 24 septembre n'a égalé celui qui a été observé le même jour à Zug. Nulle part, sauf à Naples, ce maximum n'a égalé celui qui a été observé à Zurich,

à Glaris et à Bex le 23 et le 24. Enfin, de toutes les stations méridionales dont l'auteur a pu obtenir les résultats, Athènes et Palma, où le thermomètre a atteint 30°, fournissent seules un maximum un peu plus élevé.

Une autre circonstance remarquable du phénomène a été la persistance pendant une partie, au moins, des nuits du 23 et 24 septembre, d'une température aussi élevée dans un grand nombre de stations suisses que dans la plupart des stations de l'Italie, et cela malgré le rayonnement nocturne plus considérable des stations élevées. L'auteur ne donne, il est vrai, que les résultats observés à 9 heures du soir le 23, et à 7 heures du matin le 24, pour une vingtaine de stations tant suisses qu'italiennes; mais d'après les chiffres comparatifs qu'il a obtenus, il est permis de conclure, au moins avec une grande probabilité, que dans la nuit du 23 au 24 septembre, l'air apporté par le fœhn dans plusieurs des vallées suisses, était aussi chaud que l'atmosphère de la plus grande partie de l'Europe au même moment.

Cette haute température du fœhn pose un intéressant problème de météorologie. L'auteur, fidèle à sa résolution de ne s'occuper dans le texte de son mémoire que des diverses circonstances qui ont signalé le fœhn de septembre 1866, se borne à examiner dans une note la cause à laquelle on peut attribuer la chaleur considérable qui a accompagné la précipitation de l'air dans les vallées alpines. Après avoir passé en revue et démontré l'inefficacité de diverses causes auxquelles on aurait pu l'attribuer, M. Dufour admet comme l'explication la moins improbable, celle qui consisterait à attribuer le réchauffement de l'air tombant du haut des Alpes à un simple accroissement de densité dans ce fluide, ou, en d'autres

termes, à la chaleur développée par la compression de l'air à mesure qu'il se précipite des régions élevées pour arriver dans les couches inférieures de l'atmosphère. Cette explication est admise par M. Hann dans un travail récent (*Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie*, n° 29, 1867), où il prend pour exemple le fœhn du 2 décembre 1865. On avait observé ce jour-là sur le Faulhorn une température de 2° R. sous une pression de 540<sup>mm</sup>. En supposant que l'air se précipite du haut du Faulhorn dans des couches où la pression est de 715<sup>mm</sup>, M. Hann, appliquant une formule connue de Poisson, trouve que la température de cet air se serait élevée, par suite de la chaleur dégagée par sa compression, à 22°,8 R. En admettant même qu'une bonne partie de cette chaleur se perdit en route, on aurait encore dans la plaine l'impression d'un fœhn fort chaud pour la fin de décembre. M. Dufour arrive à un résultat analogue pour le fœhn de 1866. En supposant que l'air qui s'est précipité le 23 et le 24 septembre dans les vallées alpines, venait de traverser cette chaîne à la hauteur de 3000 mètres, et en estimant, conformément à la loi de décroissement de la température, cet air à 3 degrés environ, l'auteur trouve, en appliquant une formule de la théorie mécanique de la chaleur de Zeuner, que l'air arrivant dans les couches inférieures à environ 500 mètres d'élévation, en supposant qu'il n'ait rien perdu de sa chaleur pendant la descente, devrait avoir acquis par suite de la compression une température de 27°,6. Ajoutons cependant que M. Dufour, tout en admettant l'influence considérable de la compression de l'air, n'estime pas que cette influence puisse suffire à elle seule pour rendre compte

d'une manière complète de la température exceptionnelle du fœhn.

#### § 4. *Humidité de l'air.*

Dans les stations du réseau suisse, on observe le degré d'humidité de l'air par la méthode du psychromètre d'August, laquelle, bien qu'elle ne soit pas toujours parfaitement exacte, surtout lorsque l'air est violemment agité, peut cependant être regardé comme donnant en général des résultats rapprochés de la vérité. On s'aperçoit bientôt, en parcourant le tableau comparatif de M. Dufour, que pendant les trois jours que le fœhn a duré, l'air s'est trouvé notablement plus sec que pendant les trois jours qui l'ont précédé et suivi. Sous ce rapport, le fœhn de septembre 1866 doit être certainement rangé dans la catégorie des vents secs. En effet, outre les indications plus précises du psychromètre, on a remarqué que pendant qu'il durait tous les objets humides se desséchaient rapidement; le sol lui-même s'est durci et fendillé par suite de sa dessiccation. Enfin, les impressions physiologiques, telles que dessèchement des lèvres et de la gorge, sont venues confirmer, sous ce rapport, les indications du psychromètre.

La sécheresse s'est généralement manifestée dès que le fœhn a commencé à souffler; souvent même une différence considérable s'est manifestée au bout de quelques heures seulement. C'est ainsi qu'à Glaris, le 22 septembre, à 7 heures du matin, l'observation du psychromètre a donné pour degré hygrométrique de l'air 95 (estimé toujours en centièmes). Le fœhn se lève vers midi, et une heure après, l'état d'humidité de l'air n'est plus que de 42; à 7 heures du soir, 39. A Engelberg, le 22 au ma-

tin, l'observation indique 81 pour le degré d'humidité; le foehn s'étant levé à midi, on note à 1 heure 38, et à 7 heures du soir, 28 seulement. Il en a été de même pour la plupart des autres stations de cette partie de la Suisse. Dans les stations de la Suisse occidentale, la sécheresse a été moindre; elle a été surtout moins subite, bien que l'élévation de température fut considérable. C'est ainsi qu'à Bex, le 22 septembre, par un foehn violent et bien caractérisé, les trois observations hygrométriques faites le matin, au milieu du jour et le soir, ont donné pour résultat 82, 56 et 59. Pour le 23, par un foehn terrible, 50, 44 et 56. Même résultat, ou à peu près, pour Montreux. A Genève, le 22, le vent de sud-ouest étant assez fort, les trois observations hygrométriques ont donné 48, 46 et 53. Le 23, le vent du sud s'est levé avec force, et le degré d'humidité est descendu très-promptement à 27, indiquant une sécheresse assez rare dans notre canton.

Sur les flancs du Jura, la sécheresse n'a commencé à se faire sentir que le 22 dans la journée, bien qu'il régnât déjà dès le 21 un fort vent de sud-ouest. On se rappelle qu'il en a été de même pour l'élévation de température. Cela est dû probablement à ce que le véritable foehn n'est arrivé sur les flancs du Jura qu'après le vent de sud-ouest. Peut-être même le foehn qui a soufflé le 22 et le 23 septembre, aura-t-il été constamment plus ou moins mélangé avec un courant de sud-ouest ordinaire.

Ainsi que l'on pouvait s'y attendre ensuite de la différence de température, la sécheresse comparative de l'air a été généralement moindre dans les stations élevées que dans celles des vallées inférieures, sauf pourtant à En-

gelberg, où nous avons vu que la sécheresse était extraordinaire avec un föhn intense et prolongé.

La sécheresse du föhn, quelle que soit d'ailleurs l'origine primitive de ce courant, n'a rien qui doive nous étonner. La sécheresse proprement dite n'étant, en effet, comme on le sait, qu'une conséquence de la quantité de la vapeur d'eau dans ses rapports avec la température de l'air, il en résulte que tout courant d'air, se précipitant avec une grande rapidité des régions supérieures de l'atmosphère dans les vallées situées au nord des Alpes, après avoir franchi cette chaîne à une altitude de 2500 à 3000 mètres, doit nécessairement ne renfermer qu'une faible quantité de vapeur, et cela lors même qu'il a pu se trouver saturé d'eau au moment où il traversait les crêtes alpines. Le föhn étant devenu un vent chaud en descendant dans la plaine, sa sécheresse n'est donc, au fond, que la conséquence de sa direction de haut en bas, et de la chaleur qui se développe à mesure qu'il arrive dans les vallées inférieures.

Il y avait quelque intérêt à chercher quel était, au point de vue de l'humidité, l'état des contrées éloignées de celles où le föhn s'est fait sentir. Dans ce but, l'auteur a calculé l'état hygrométrique d'un certain nombre de stations allemandes et italiennes, d'après les observations du thermomètre sec et mouillé. Il conclut de l'ensemble des résultats obtenus : 1° que nulle part dans l'Europe centrale et occidentale, l'air n'a atteint le degré de sécheresse qu'il présentait les 22, 23 et 24 septembre dans plusieurs des vallées alpines, bien que la même cause qui a agi si puissamment dans les vallées suisses paraisse avoir étendu son influence dans une certaine mesure au nord, à l'est et à l'ouest, spécialement dans le Wurtemberg et le

Tyrol allemand ; 2° tout le réseau italien fournit une humidité relative plus grande que celle qui a été observée dans les stations suisses. On en peut dire autant de Marseille, de Palma et de Lisbonne.

§ 5. *Pluie tombée pendant le fœhn.*

L'auteur a réuni dans un tableau tous les renseignements précis qu'il a pu se procurer sur la quantité d'eau tombée depuis le 21 au 25 septembre, soit dans celles des vallées de la Suisse où il a plu, soit dans un grand nombre de stations étrangères. Il résulte de l'examen de ce tableau que le fœhn de septembre 1866, malgré sa grande sécheresse, a coïncidé avec quelques chutes de pluie très-abondantes, plus spécialement sur la grande chaîne des Alpes depuis le Mont-Blanc jusqu'aux Grisons, et dans les vallées du versant sud, telles que le Tessin, Aoste, Pallanza, Cormayeur, etc., où, comme on se le rappelle, le fœhn s'est fait peu ou point sentir. Au reste, et c'est un fait important à noter, la pluie n'a commencé à tomber dans ces différentes localités que dans la journée du 23 septembre, soit 24 heures après que le fœhn s'était mis à souffler avec violence dans la plupart des stations suisses. Au nord des Alpes, au contraire, la précipitation aqueuse a été faible ou nulle pendant toute la durée du fœhn. Le 24, cependant, il a plu un peu à Altorf, et le 25, jour où le fœhn a généralement cessé de souffler, la pluie est tombée, quoiqu'en quantité peu considérable, dans un certain nombre de stations, telles que Montreux, Bex, Genève, Engelberg, etc.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Il y en a eu davantage le 26, jour où la température élevée du fœhn avait notablement diminué. Dans le petit nombre d'exemples de

C'est assurément un phénomène singulier que celui de la coexistence d'une pluie abondante sur la crête des Alpes depuis le Mont-Blanc jusqu'aux Grisons, avec un vent chaud et sec arrivant du sud dans les vallées suisses, et paraissant tomber de ces mêmes sommités inondées par l'eau des nuages. Doit-on supposer que ce sont les mêmes masses d'air, qui après s'être débarrassées de leur vapeur d'eau, sont arrivées quelques heures plus tard sous la forme d'un vent chaud et sec dans les vallées de la Suisse ; ou bien, y aurait-il eu dans l'atmosphère deux courants superposés, dont l'un, plus sec et plus élevé, constituerait le vrai courant du fœhn, tandis que l'autre, chargé de vapeur, aurait été la cause de l'abondante précipitation de pluie observée sur les hautes sommités. L'auteur paraît pencher en faveur de la première de ces deux hypothèses, à cause de sa plus grande simplicité, bien qu'au premier abord elle présente quelque difficulté, surtout relativement à l'ordre chronologique signalé plus haut, entre le début du fœhn et l'époque, plus tardive de quelques heures, où la pluie a commencé.

Sur la plus grande partie de l'Italie, sauf dans les stations immédiatement au sud des Alpes, il n'y a eu aucune chute d'eau entre le 18 et le 25 septembre. Dans le midi de la France, la pluie a commencé le 23 et le 24, et a persisté pendant quelques jours. A Lisbonne, elle a com-

fœhn dont j'ai été témoin, j'ai remarqué que si, en général, le ciel est clair pendant que le fœhn souffle, et que la température reste élevée, il survient de la pluie en plus ou moins grande abondance dès que le fœhn cesse et que la température baisse. Cela est du reste tout à fait conforme aux lois de l'hygrométrie, l'eau, maintenue à l'état élastique par la chaleur, devant nécessairement se précipiter dès que la température se refroidit notablement, ainsi que cela a été le cas à dater du 24 et du 25 septembre. (Réd.)

mencé dès le 22. En résumé, ce n'est que vers la fin de la période du *föhn* que la pluie est devenue abondante dans un grand nombre de stations du midi de l'Europe.

### § 6. *Extension du föhn.*

Le mémoire renferme un assez grand nombre de documents sur la question de savoir sur quelle étendue le *föhn* de 1866 a fait sentir son influence. Il résulte des renseignements que l'auteur a pu recueillir à ce sujet, que le *föhn* du 23 septembre, avec les circonstances particulières qui le caractérisent, s'est fait sentir, du côté du nord, à Friedrichshafen au nord du lac de Constance, à Schopfloch (à 90 kilomètres au nord du Rhin) et à Munich; du côté de l'est, à Inspruck et à Salzbourg. Genève peut être regardée comme formant l'extrême limite du phénomène du côté de l'ouest. On peut donc affirmer que le *föhn* du 22—24 septembre 1866 a régné, quoique très-inégalement, dans des localités éloignées d'environ 450 kilomètres à l'est, à l'ouest et au nord des Alpes.

Au midi de la France, les circonstances météorologiques de Marseille sont citées comme dignes d'attirer l'attention. Dans ce port, il s'est levé le 22 septembre un fort vent de sud-est qui a duré jusqu'au 25, avec élévation notable de température et diminution d'humidité. L'auteur fait remarquer à ce sujet, qu'il ne serait point impossible que le vent de sud-est de Marseille, simultanément avec le *föhn* au nord des Alpes et fort chaud également, fit partie du même courant général résultant de l'*appel* dû à la dépression barométrique dans l'ouest et le nord-ouest de l'Europe.

§ 7. *Observations d'ALGER.*

La dernière partie du travail de M. Dufour renferme un tableau des observations météorologiques pour septembre 1866, faites à l'Observatoire d'Alger sous la direction de M. Bulard. Nous en extrayons les données suivantes relatives à la période du föehn.

1° *Observations barométriques.* Les oscillations barométriques à Alger, du 19 au 25 septembre, ont été tout à fait semblables à celles qui se sont produites en même temps dans l'Europe occidentale, et en particulier, dans les stations du réseau suisse. La dépression maximum du baromètre a eu lieu à Alger comme à Berne le 23 septembre, à 3 heures de l'après-midi. Il est donc permis d'admettre que la perturbation atmosphérique venue de l'Atlantique s'est fait sentir également en Afrique pendant la période que le föehn a duré.

2° *Température de l'air.* On voit par l'inspection des tableaux algériens qu'elle s'est élevée notablement les 21, 22 et 23 septembre. La moyenne de ces trois jours a été de 28°; c'est le 22 que la chaleur a atteint son maximum, savoir 35°. On peut remarquer que sous ce rapport il y a eu à Alger un jour, au moins, d'avance sur les vallées suisses, dans la plupart desquelles l'élévation de température a commencé le 22 pour atteindre son maximum le 24 seulement.

3° *Humidité de l'air.* L'auteur déduit du calcul tiré des observations du thermomètre sec et du thermomètre mouillé, qu'à Alger les journées des 21, 22 et 23 septembre, les deux premiers surtout, ont été excessivement sèches, l'humidité moyenne de l'air étant représentée par 0,23 seulement. La tension moyenne de la vapeur d'eau

dans la journée du 22 était de 8<sup>mm</sup>,7, et le 23 à 6 heures du matin, de 3<sup>mm</sup>,1 seulement. Il en résulte que la quantité de vapeur aqueuse contenue dans l'air durant cette période, étant exceptionnellement faible, les couches d'air voisines du sol auraient pu s'élever fort haut, et se refroidir beaucoup sans provoquer une condensation ou précipitation aqueuse. Si alors cet air s'était porté vers le nord sous forme de courant supérieur, il aurait pu, avec la haute température constatée dans les vallées alpines pendant la durée du fœhn, paraître très-sec, sans avoir nécessairement donné lieu à une précipitation aqueuse en traversant la crête des Alpes.

4° *Mouvement de l'air.* Les tableaux fournis par M. Bulard ne laissent aucun doute sur le fait que l'Algérie a été comprise dans la grande agitation atmosphérique qui s'est manifestée entre le 21 et le 25 septembre. Le 22 et le 23, le vent a varié du sud et du sud-est au sud-sud-ouest. Sur plusieurs points la tempête a été violente, pas autant à Alger que dans les stations intérieures voisines du désert. En tenant compte de ce fait, ainsi que de la haute température et de l'extrême sécheresse signalées à Alger même du 21 au 23 septembre, M. Dufour paraît disposé à attribuer, sinon au fœhn en général, tout au moins à celui de septembre 1866, une origine Saharienne. Il semblerait, en effet, résulter des données météorologiques qui précèdent, plus spécialement de celles d'Algérie, qu'en septembre 1866, l'agitation atmosphérique a dû s'étendre assez avant dans le centre de l'Afrique, et que c'est l'air chaud du Sahara qui a été amené au nord du continent africain. De là, entraîné par la tempête, cet air aurait continué, comme courant supérieur, son mouvement vers les latitudes septentrionales. Il est vrai

que dans les conditions ordinaires, la direction naturelle de l'air chaud venant du Sahara serait de se jeter sur le sud-est de l'Europe et sur l'Asie centrale; mais ainsi que l'auteur le fait remarquer, il n'y aurait rien d'impossible à ce que, sous l'influence d'une tempête venant de l'Atlantique et d'une forte diminution de pression dans le nord-ouest de l'Europe, le courant africain suivit un cours plus occidental et vint aboutir dans le centre de l'Europe. En admettant que ce courant africain devienne ainsi le fœhn des vallées alpines, on comprendrait comment le fœhn de 1866 se rattache à une tempête de l'ouest, et pourquoi il en est une conséquence. Quoiqu'il en soit, on peut affirmer que l'ensemble des documents algériens indique une coïncidence remarquable entre les conditions météorologiques du nord de l'Afrique, et celles des vallées suisses situées au nord des Alpes pendant la période du fœhn de septembre 1866.

---

Nous avons cherché dans cette analyse à présenter au lecteur un résumé aussi complet que possible de l'intéressant ouvrage de M. Dufour, sans entrer dans des détails de chiffres et de tableaux qui risqueraient de fatiguer ceux qui ne font pas des questions météorologiques leur occupation principale. L'ensemble des résultats auxquels l'auteur est arrivé, et les idées théoriques que ces résultats lui ont suggéré ont ceci de remarquable, c'est qu'ils nous paraissent tendre à concilier, sous certains rapports et dans de certaines limites, l'hypothèse de M. Escher de la Linth sur l'origine du fœhn avec les idées, en apparence très-différentes, émises plus récemment par M. Dove. Mais il ne faut pas se le dissimuler,

et notre savant collègue de Lausanne est lui-même le premier à le reconnaître, que pour déterminer avec quelque certitude l'origine et les causes immédiates d'un phénomène aussi complexe, il serait nécessaire de refaire, pour plusieurs cas distincts de fœhns, ayant eu lieu à des saisons différentes, le travail que vient de faire M. Dufour pour le fœhn de septembre 1866. Ce n'est qu'après avoir soumis plusieurs orages bien caractérisés de fœhn à cette espèce d'enquête météorologique, que la cause du phénomène pourra être abordée et peut-être résolue avec quelque degré de certitude.

F. MARCET.

# THÉORIE DE LA FEUILLE

PAR

M. CASIMIR DE CANDOLLE

---

L'organogénie de la feuille a été étudiée avec beaucoup de soins dans ces dernières années, et, après une longue discussion, on est parvenu à se mettre d'accord sur les points suivants qui résument, ce me semble, tout le débat :

1° Toute feuille de phanérogame commence sous la forme d'une saillie cellulaire dont la base embrasse une portion de la tige proportionnelle à l'espace qui formera plus tard l'insertion de la feuille. Ainsi les feuilles dont la gaine enveloppe l'axe de toutes parts (*Platanus occidentalis*), commencent par une saillie annulaire entourant cet axe de toutes parts. Il en est de même de certaines feuilles opposées et engainantes qui apparaissent aussi simultanément sous forme d'une seule saillie annulaire (*Galium*). Les plus forts grossissements du microscope ne montrent qu'une structure parfaitement homogène dans cette saillie qu'on nomme la *Feuille primordiale*.

2° C'est de la feuille primordiale que naissent toutes les parties qui constituent la feuille adulte.

3° Ces diverses parties apparaissent successivement. Les premières formées, qu'on appelle parties du premier ordre, naissent directement sur la feuille primordiale, d'autres, dites du deuxième ordre, naissent sur ces premières, et ainsi de suite.

4° Les parties du même ordre se forment tantôt de

bas en haut, tantôt de haut en bas. En outre la formation des parties d'un même ordre peut avoir lieu dans le même sens ou en sens inverse de celle des parties de l'ordre précédent.

5° La feuille primordiale peut produire des appendices, non-seulement sur ses bords latéraux (limbes, folioles, stipules), mais aussi sur sa face postérieure <sup>1</sup> (stipelles, bords, ailes de pétioles).

6° En général les appendices de la face postérieure naissent après ceux des côtés.

Tel est le résumé très-succinct des beaux travaux de MM. Steinheil, Trécul, Nægeli, Schacht, Eichler.

On voit que la théorie d'après laquelle la feuille se développerait uniquement de haut en bas, théorie soutenue surtout par Schleiden, est aujourd'hui complètement abandonnée.

On est aussi arrivé à reconnaître que les stipules ne sont que des appendices de la feuille primordiale et nullement des produits directs de la tige elle-même.

Le développement successif des parties de la feuille les unes sur les autres, et souvent dans un sens basifuge, a dû porter, et a en effet porté, les organogénistes à comparer celle-ci à un rameau. Ils ont été conduits ainsi à considérer la feuille comme un rameau à végétation limitée. Cette définition a cependant l'inconvénient de ne tenir aucun compte ni de ce que tant de feuilles ne semblent avoir d'appendices que sur leurs bords latéraux, ni de ce que ces appendices naissent souvent de haut en bas, tan-

<sup>1</sup> Dans ce qui suivra, la face postérieure de la feuille sera toujours celle qui regarde l'axe de la tige, et la face antérieure sera celle qui regarde l'observateur, en supposant la feuille redressée verticalement.

dis que les feuilles du rameau se développent toujours de bas en haut. Aussi n'a-t-on guère insisté sur cette manière de concevoir la feuille, dont tous les essais de définition sont jusqu'ici restés infructueux.

Une étude récente des feuilles des Pipéracées m'ayant conduit à envisager le mode de disposition et de développement de leurs faisceaux fibro-vasculaires, je me suis vu ramené, par un sentier différent, à cette grande question de la véritable nature de la feuille <sup>1</sup>. La structure intérieure de certaines feuilles de Pipéracées m'a paru représenter tout à fait celle d'un rameau dont la moitié postérieure serait atrophiée. J'ai eu, en effet, l'occasion d'observer plusieurs cas dans lesquels la formation fibro-vasculaire, ordinairement limitée à la moitié antérieure de la feuille, se continuait dans toute la région postérieure sous la forme de faisceaux de collenchyme identiques à ceux qui accompagnent chaque faisceau ligneux de la région antérieure (*P. sidæfolium* L.). Cette observation, suggérant la possibilité d'une formation de faisceaux ligneux dans tout le pourtour d'un limbe, m'avait naturellement reporté à la comparaison de la feuille et du rameau, et je m'étais hasardé à définir celle-ci comme *un rameau à face postérieure atrophiée*. Cette hypothèse avait besoin cependant d'être justifiée par des faits plus variés que ceux que peut offrir une seule famille de plantes; aussi me suis-je appliqué à continuer l'étude de la répartition des faisceaux ligneux dans des feuilles aussi diverses que possible. Il s'en faut, sans doute, de beaucoup que la tâche que je me suis imposée ait été entièrement remplie, mais comme les premiers résultats obtenus me semblent

<sup>1</sup> Cas. D.C. Mém. sur la famille des Pipéracées, dans les *Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. natur.*, tome XVIII.

offrir un certain intérêt, il ne paraît pas inopportun d'attirer dès aujourd'hui l'attention des botanistes sur cette phase nouvelle de la théorie de la feuille.

De même que la naissance de chaque feuille primordiale sur le cône terminal du rameau est suivie de la formation de faisceaux correspondants dans ce dernier, de même la naissance de chaque partie d'une feuille sur la partie d'ordre précédent est suivie de la formation de faisceaux correspondants dans cette dernière. L'analogie de la feuille et du rameau serait donc établie si on prouvait que les faisceaux de deux parties foliaires nées l'une sur l'autre sont disposés entre eux de la même manière que ceux de la feuille primordiale et du rameau le sont entre eux. Connaître à fond la structure fibro-vasculaire de chaque feuille, tel a donc dû être le but de tous mes efforts.

Comme la discussion complète des nombreux faits que j'ai constatés sur ce terrain nouveau, exigerait la rédaction d'un mémoire étendu et accompagné de planches détaillées, je vais essayer de résumer ici brièvement les principaux résultats de mon travail, en me bornant à signaler quelques-unes des observations qui leur servent de base.

La méthode que j'ai suivie a toujours consisté à déterminer la marche des faisceaux de chaque feuille, au moyen de coupes nombreuses opérées en tous sens. On arrive ainsi à se faire une idée nette du plan du système fibro-vasculaire d'un bout à l'autre de la feuille. Il faut avoir soin d'examiner chaque coupe au microscope et sous un assez fort grossissement, car il arrive souvent que ce qui, à première vue, semble n'être qu'un seul et même faisceau, est en réalité une agglomération de faisceaux distincts.

Notons d'abord un fait que j'ai pu vérifier par une foule d'exemples : La feuille est toujours pourvue de faisceaux corticaux situés en face des faisceaux ligneux et formés de collenchyme. • Comme ces faisceaux de collenchyme suivent la même marche que les faisceaux ligneux, il suffit de décrire celle de ces derniers pour donner une idée complète du système fibro-vasculaire tout entier. Aussi est-ce presque uniquement des faisceaux ligneux qu'il sera question dans ce qui va suivre.

On sait déjà depuis longtemps que ceux des faisceaux foliaires qui naissent les premiers, sont communs, à la fois, à la feuille et à la tige, et se prolongent directement de l'une dans l'autre. On sait aussi que ces premiers faisceaux naissent dans un ordre tel que celui qui, dans le pétiole, correspond à l'arête de la nervure médiane se forme le premier, et que les autres apparaissent successivement d'avant en arrière, en sorte que les derniers formés sont les plus rapprochés de la face postérieure de la feuille. Cette loi ne paraît pas subir d'exception, et j'ai eu l'occasion de la vérifier sur plusieurs espèces (en particulier dans le *Pterocarya fraxinifolia*). Le plus souvent la formation de ces faisceaux s'arrête avant d'avoir atteint la région postérieure, et alors la section transversale de la feuille ne présente qu'un arc de faisceaux plus ou moins grand (pl. I, fig. 4). Il arrive cependant aussi que la formation ligneuse se continue dans tout le pourtour de la feuille, soit dans le limbe, soit dans le pétiole. La section transversale du limbe prouve alors qu'il existe des faisceaux ligneux sur ses deux faces, et celle du pétiole présente un cercle ligneux identique à celui de la tige. Les feuilles de cette espèce sont, en quelque sorte, de véritables rameaux, plus ou moins aplatis et privés de

bourgeon terminal (*Acer pseudo-Platanus*, *Platanoides*, *Populus nigra*, etc.).

Les feuilles d'*Acer pseudo-Platanus* (pl. I, fig. 15-18) et de *Populus nigra* (pl. I, fig. 12, 13, 14, 19) sont les exemples les plus parfaits que je connaisse de feuilles à système fibro-vasculaire complet. Non-seulement la formation du tissu ligneux se propage sur tout leur pourtour, mais le parenchyme de leurs deux moitiés, postérieure et antérieure, se développe si également en longueur que leur limbe semble résulter d'une simple expansion latérale des tissus. Chez le *Populus nigra*, la perfection est même si complète qu'il existe des faisceaux ligneux des ordres les plus élevés sur la face postérieure, tandis que dans l'*Acer* on n'y trouve que des faisceaux primaires secondaires et tertiaires, ceux des ordres ultérieurs n'étant plus représentés que par le collenchyme correspondant.

On connaissait déjà beaucoup de feuilles cylindriques dont les faisceaux sont répartis également de toutes parts, mais aucun auteur ne me paraît avoir signalé le fait que les limbes planes, tels que ceux de l'érable et du peuplier, présentent le même mode de structure. Les feuilles peltées doivent aussi être rangées dans la même catégorie. Leurs faisceaux sont répartis également dans le pourtour du pétiole, d'où ils divergent dans le limbe. Cette structure confirme d'ailleurs les observations des organogénistes, qui soutiennent que le limbe des feuilles peltées se forme dans un plan perpendiculaire à la longueur de la feuille primordiale. La feuille des acérinées présente encore une autre particularité qui mérite d'être relevée. Si l'on suit, en effet, la marche des faisceaux communs de cette feuille, depuis le sommet du limbe jusque dans la tige, on trouve que chaque faisceau de la face

postérieure, arrivé dans la région mince de la feuille (gaine), s'applique contre le faisceau opposé de la face antérieure, avec lequel il chemine jusque dans la tige. Il en résulte que, vers l'insertion, les faisceaux sont en quelque sorte doubles. Leur section transversale, dans cette région, présente donc une masse de trachées placée entre deux couches de cambium dont l'une est tournée vers la tige et l'autre vers l'observateur.

Or il existe plusieurs feuilles (*Protea cynaroides*, *Viscum album*, pl. II, fig. 20) dont tous les faisceaux sont revêtus de cambium sur leurs deux faces et cela dans tout leur parcours, depuis la tige jusqu'aux bords du limbe. Par analogie avec ce qui a lieu dans les gaines des Acérinées, il me semble que les feuilles dont les faisceaux sont ainsi doubles dans toute leur étendue doivent être considérées comme des feuilles à système fibro-vasculaire complet de toutes parts. Cette conclusion est, du reste, justifiée par le fait qu'on trouve chez les Protéacées tous les degrés intermédiaires entre la feuille cylindrique et celle à faisceaux doubles.

Les phyllodes de certains acacias sont aussi des feuilles à système fibro-vasculaire complet, ainsi qu'on peut facilement s'en assurer en jetant un coup d'œil sur leur section transversale (pl. I, fig. 4).

Dans la très-grande majorité des feuilles non peltées, la région postérieure du limbe est entièrement dépourvue de faisceaux ligneux et souvent même de collenchyme. Cette absence du système fibro-vasculaire postérieur est souvent tout aussi marquée dans le pétiole, dont la section transversale n'offre qu'un arc de faisceaux. Dans un grand nombre de cas, cependant, le pétiole renferme des faisceaux dans tout son pourtour, même lorsqu'ils man-

quent dans la région postérieure du limbe. En examinant alors avec soin la structure de la base de celui-ci, on constate que les faisceaux postérieurs du pétiole correspondent à un bourrelet presque imperceptible qui complète le limbe du côté postérieur (*Saururus cernuus* et *Saxifraga ligulata*, pl. II, fig. 15 b). Ce bourrelet prend souvent assez de développement pour donner à la feuille une forme d'entonnoir (pl. II, fig. 14), ou même pour la rendre peltée. C'est ainsi qu'on peut s'expliquer les nombreuses transitions si souvent observées sur un même pied entre la forme plane et la forme peltée.

On peut déjà voir, par ce qui précède, à quel point les données de l'organogénie des parties extérieures se trouvent confirmées et complétées par l'observation de la structure interne des feuilles. Cette structure interne nous fournit les éléments qui manquaient pour ramener les formes les plus diverses à un type commun. On aperçoit enfin, et on prévoit tous les passages possibles entre les feuilles cylindriques, les feuilles peltées et celles à limbe plat.

Ainsi, que je l'ai rappelé plus haut, les premiers faisceaux de la feuille naissent successivement d'avant en arrière. Il est rare que ces premiers faisceaux soient seuls communs à la feuille et à la tige. En général, il se produit un grand nombre d'autres faisceaux communs, qui apparaissent successivement et forment plusieurs rangs concentriques. On peut constater facilement par la section transversale de jeunes pétioles (pl. I, fig. 3; pl. II, fig. 11, 12, 13), que chaque nouveau rang de faisceaux communs se forme en dedans du précédent. Les faisceaux de tous ces rangs sont alternes entre eux, de telle sorte qu'ils tendent à s'intercaler entre ceux du premier, avec le-

quel ils finissent par ne plus former qu'un seul et même rang, lorsque l'accroissement du pétiole les a tous repoussés vers la périphérie. Dans beaucoup de feuilles, l'apparition des faisceaux est précédée de la formation d'un anneau de cambium (juglandées et autres), dans lequel ceux-ci se forment par intercalation successive, comme dans une tige. L'anneau, qui résulte de la jonction des premiers faisceaux de cambium, se forme suivant la loi ordinaire d'avant en arrière. Cette loi, qui régit le plus souvent l'apparition successive des faisceaux des deux ou trois premiers rangs (*Aralia digitata*), ne semble pas devoir régler toujours la formation des rangs subséquents, car elle pourrait se trouver en contradiction avec le développement basipète de beaucoup de nervures secondaires et tertiaires.

Il est vrai que les nervures, en apparence de même ordre, ne sont pas toujours formées de faisceaux de même rang. Ainsi, dans le *Piper amplum*, j'ai constaté que certaines nervures secondaires naissent tardivement et s'intercalent entre les premières formées<sup>1</sup>. Ces nervures secondaires subséquentes font partie d'un rang de faisceaux plus intérieur que celui des autres. Il pourrait donc bien arriver que des nervures en apparence de même ordre et formées de haut en bas (c'est-à-dire parallèles entre elles et aboutissant à une même nervure inférieure) fissent en réalité partie de plusieurs rangs différents de faisceaux concentriques tous formés d'avant en arrière. Néanmoins, mes observations ne sont pas encore assez nombreuses pour me permettre une affirmation à cet égard. La seule chose certaine, c'est la répartition de tous les faisceaux de la jeune feuille en plusieurs rangs emboîtés les uns dans les

<sup>1</sup> Cas. D.C. *loc. cit.*

autres. A mesure que le parenchyme s'étale dans le limbe ou s'épaissit dans le pétiole, ces rangs se rapprochent les uns des autres et finissent même par se confondre. Il existe cependant beaucoup de limbes charnus dans lesquels la répartition des faisceaux par rangs concentriques est toujours visible (*Saxifraga crassifolia*, *ligulata*, pl. II, fig. 11, 12, 13). Enfin les derniers faisceaux communs se forment souvent fort longtemps après les premiers, et constituent dans le pétiole un rang bien manifestement inférieur (*Aralia digitata*, pl. II, fig. 16).

Toute feuille renferme donc un système ligneux composé de faisceaux répartis sur plusieurs rangs (concentriques dans les jeunes feuilles), occupant une plus ou moins grande étendue de son pourtour, et tous orientés de telle sorte que leur cambium est tourné vers la périphérie de la feuille. Je désignerai ce premier système sous le nom de *système essentiel*, pour le distinguer de formations différentes dont il sera question plus loin.

Dans la grande majorité des cas, le système essentiel est continu, c'est-à-dire que ses faisceaux communs parcourent toute l'étendue de la feuille du sommet du limbe à la tige. Il arrive cependant aussi que le système essentiel est interrompu de distance en distance par des nœuds dans lesquels se produit une anastomose générale de tous les faisceaux, dont aucun ne parcourt toute l'étendue de la feuille.

Ces anastomoses des nœuds proviennent, comme celles du réseau des nervures du limbe, d'une formation subséquente de faisceaux plus intérieurs, plus courts et qui réunissent les faisceaux communs primitivement indépendants. Quand on dit d'une feuille qu'elle a ou qu'elle n'a pas de nœuds, cela doit donc s'entendre de cette feuille

arrivée à son complet développement. La présence ou l'absence de nœuds paraîtront, sans doute, des circonstances assez importantes pour servir de base à une classification systématique des feuilles, et motiver l'emploi de quelques termes nouveaux destinés à abrégé les descriptions. On pourra, par exemple, appeler *feuilles monomères* celles que leurs faisceaux communs parcourent tout entières depuis les bords du limbe jusque dans la tige, ou celles qui se terminent par un nœud au-dessous duquel les faisceaux communs deviennent parfaitement distincts jusque dans la tige. On appellera, au contraire, *feuilles polymères* celles dont les faisceaux s'anastomosent tous une ou plusieurs fois entre les extrémités de la feuille. On donnera aussi le nom de *mériphyll*e à toute portion de feuille comprise entre deux nœuds. Les polymères seront dites *dimères*, *trimères*... etc., suivant qu'elles se composeront de deux, trois... etc. mériphylls ; elles seront *uniaxifères*, *biaxifères*... etc., *multiaxifères* suivant que leurs mériphylls se suivront le long d'un seul axe ou suivant que cet axe sera lui-même ramifié deux, trois, plusieurs fois. Voici, du reste, quelques exemples qui fixeront mieux les idées.

#### *Feuilles monomères.*

*Mimosa pseudo-Acacia*. *Pisum sativum*. *Phaseolus vulgaris*. *Astragalus Cicer*, *Biserula Pelecinus*. *Inga ferruginea*. *Cytisus Laburnum*. *Coronilla Emerus*. *Sanguisorba tenuifolia*. *Sorbus Aucuparia*, *Spiræa Ulmaria*, *Dictamnus Fraxinella*, *Læa sambucina*, *Tilia glabra*, *Tilia microphylla*, *Juglandées*, *Myricées*, *Cupulifères*, *Carpinées*, *Salicinées*, *Betulacées*, *Populus*, *Hedera helix*, *Viscum album*, *Protea cynaroides*, *Grevillea robusta*, *Myrtus communis*, *Saxifraga crassifolia*, *ligulata*.

De cette première énumération ressortent déjà deux faits importants. On voit d'abord qu'une foule de feuilles articulées sont, en réalité, privées de nœud. L'articulation n'est donc point le signe infailible de la présence d'une anastomose des faisceaux. On voit aussi que le passage, souvent si tranché, de la forme cylindrique du pétiole à la forme plane du limbe ne correspond, la plupart du temps, à aucune différence de structure, car les faisceaux communs sont continus de l'une de ces parties dans l'autre. On devra donc renoncer à considérer le pétiole et le limbe comme des organes différents. On concevra ainsi qu'il puisse exister et qu'il existe, en effet, entre ces deux régions toutes les gradations de formes imaginables, et on ne verra plus de différence essentielle entre une feuille pétiolée et une feuille sessile.

*Feuilles dimères.*

Acerinées (nœud à la base du pétiole). Beaucoup de Bégoniacées (nœud au sommet du pétiole). Pipéracées,

*Feuilles trimères.*

*Ricinus communis* (nœud à la base et au sommet du pétiole), *Tropæolum majus* (id.), *Aralia digitata* (id.), *Aralia Sieboldii* (id.).

*Feuilles polymères multiaxifères.*

*Thalictrum aquilægïæfolium*, *Aralia japonica* Thunb., Umbellifères.

Ces quelques exemples font bien saisir toute la ressemblance de la feuille avec le rameau. On voit, en effet, que les plantes dont le rameau est lui-même partagé par des nœuds ou anastomoses générales des faisceaux sont les seules qui produisent des feuilles polymères.

Les Pipéracées semblent, au premier abord, faire exception à cette loi. Cependant, en tenant compte du fait que leurs faisceaux communs s'anastomosent tous entre eux directement avant les bords du limbe, qui n'est jamais dentelé, on n'hésitera pas à ranger les feuilles des plantes de cette famille dans la section des dimères.

D'après ce qui a été dit plus haut, toute feuille ou tout mériphylle renferme un système fibro-vasculaire cortical et ligneux composé d'un plus ou moins grand nombre de faisceaux. Les faisceaux ligneux de ce système sont tous placés sur plusieurs rangs emboîtés les uns dans les autres. Dans les régions où la feuille a conservé sa forme cylindrique (pétiole, *rhachis*), ces rangs de faisceaux ligneux forment un étui plus ou moins fourni suivant le nombre et l'étendue des rangs. La section transversale de cet étui offre donc un cercle ou une portion de cercle ligneux dont tous les faisceaux sont orientés de manière à tourner leur cambium et leur liber vers la périphérie du mériphylle et leurs trachées vers le centre. Ce premier système ligneux, que j'ai nommé *système essentiel*, existe dans toute feuille, et il présente donc ce caractère constant que tous ses faisceaux ont un développement centrifuge<sup>1</sup>; cette circonstance est d'ailleurs toute naturelle, puisque les plus anciens de ces faisceaux, étant communs à la feuille et à la tige, doivent être orientés comme ceux de cette dernière.

Le système essentiel se compose donc de l'ensemble des faisceaux à accroissement centrifuge et dont les plus extérieurs parcourent tout un mériphylle, ou toute la feuille dans le cas des monomères.

<sup>1</sup> Par développement centrifuge, j'entends celui de tout faisceau dont le cambium regarde la périphérie de la feuille.

La section transversale du système essentiel présente les différences les plus frappantes d'une espèce à l'autre. Quelques cas méritent une mention spéciale, parce qu'ils se lient étroitement avec d'autres circonstances dont il sera question plus loin.

Ainsi (pl. I, fig. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 d) dans les *Populus nigra*, *alba*, *tremuloïdes*, *Alnus glutinosa*, Carpinées, Corylacées, Juglandées, etc., ce système se trouve décomposé en deux ou même trois branches qui se détachent les unes des autres à des hauteurs diverses. A partir de chaque point de ramification du système essentiel, les bords disjoints de chaque branche s'augmentent de nouveaux faisceaux à mesure qu'ils s'élevèrent dans la feuille, en sorte que chaque portion semble devenir, un peu plus haut, un système distinct. La section transversale du pétiole ou du limbe présente alors plusieurs anneaux ou portions d'anneaux ligneux qui se fondent tous en un seul vers la base du mériphyllé (pl. I, fig. 6, 12). Il arrive aussi quelquefois (Myricées, Saliciniées, pl. I, fig. 5) que ce sont les portions latérales du système essentiel qui se détachent du tronc principal et forment des branches latérales plus ou moins complètes. Dans beaucoup de feuilles (rosacées, pl. I, fig. 1) ce sont les derniers faisceaux postérieurs du système essentiel qui se séparent des autres et parcourent les bords ailés du rhachis. Les portions ainsi détachées ne se composent souvent que de faisceaux isolés qui se séparent du tronc principal à la manière de nervures secondaires divergeant de la nervure primaire d'un limbe. Tous ces faisceaux ou groupes de faisceaux ainsi détachés du système essentiel sont d'autant plus récents qu'ils sont plus rapprochés de la face postérieure de la feuille. Je les dési-

gnerai dorénavant sous le nom de *faisceaux détachés*, et je réserverai le nom de système essentiel au corps principal antérieur de ce système dans tous les cas où il se ramifie. Le mode de disposition de ces faisceaux détachés donne des aspects variés aux sections transversales des feuilles, et peut ainsi fournir d'excellents caractères d'espèce, même de genre.

C'est aux faisceaux détachés que correspondent les bords ou les ailes des pétioles ainsi que les stipelles. Ces dernières cependant ne reçoivent, le plus souvent, que la partie corticale des faisceaux détachés.

Il existe aussi, dans un grand nombre de feuilles, une troisième sorte de faisceaux que je nommerai *faisceaux inverses*, parce que leur développement est toujours centripète. Ces faisceaux se forment dans l'intérieur de la moelle du système essentiel et tournent leur cambium vers le milieu de la feuille. Le D<sup>r</sup> A. Franck <sup>1</sup> est, à ma connaissance, le seul auteur qui les ait observés. Il se borne cependant à mentionner leur présence chez les *Acer pseudoplatanus*, *Tilia microphylla*, *Quercus pedunculata*, sans en tirer de conséquence. Non-seulement ses observations sont parfaitement justes en ce qui concerne les plantes qu'il indique, mais j'ai eu l'occasion de trouver des faisceaux inverses dans un très-grand nombre d'autres espèces appartenant aux familles les plus diverses. (*Aralia japonica* Thunb., *digitata*, *Aesculus Hippocastanum*, *Quercus macranthera* et autres, *Fagus sylvatica*, *Castanea vulgaris*, *Castanopsis*, *Dictanus Fraxinella*, *Acer platanoides*, *Negundo fraxinifolia*, *Styrax Gardneriana*, etc.). Ils sont très-inégalement répartis entre les espèces d'un même genre. Ainsi toutes les Acérinées, sauf les *Acer pseudo-*

<sup>1</sup> Bot. Zeit., 1864.

*Platanus*. *Platanoïdes* et *Negundo fraxinifolia*, en sont dépourvues. Il en est de même d'une foule d'espèces du genre *Quercus*. Parmi les légumineuses, je ne les ai rencontrées jusqu'ici que chez l'*Inga ferruginea*, et ils manquent, en particulier, dans les autres espèces du genre *Inga* que j'ai examinées.

Les faisceaux inverses se séparent du système essentiel à des hauteurs très-variables d'une espèce à l'autre, mais constante dans la même espèce. Ainsi les faisceaux inverses du *Quercus pedunculata* n'existent que dans le limbe, tandis que ceux du *Quercus macranthera* se détachent du système essentiel dès la base du pétiole. Dans beaucoup de feuilles monomères, et à plus forte raison chez les polymères, le système essentiel émet des faisceaux inverses à plusieurs hauteurs différentes.

Comme ces faisceaux s'accroissent, de même que les autres, par leur périphérie et de haut en bas, ils ont une tendance à s'arrondir en demi-cercle ou même en anneau fermé surtout vers le sommet où leur section transversale présente souvent un cercle parfait (*Aesculus hippocastanum*, *Acer pseudo-Platanus* (pl. I, fig. 16 *i*)). Il ne faut pas confondre les faisceaux inverses avec les faisceaux endogènes qui parcourent la moelle de certaines tiges et de certains pétioles (Bégoniacées), et dont le liber est tourné vers la périphérie de la tige ou du pétiole. Les inverses existent d'ailleurs chez beaucoup de plantes des familles les plus dépourvues de formations endogènes, et leur développement centripète les rend facilement reconnaissables. Le mode de développement des faisceaux inverses suggère de prime abord cette réflexion qu'ils sont orientés exactement comme le seraient ceux de feuilles insérées sur le système essentiel et en dedans de ce sys-

tème. On pourrait dire de même que les faisceaux détachés sont placés exactement comme le seraient ceux de feuilles insérées sur le système essentiel et en dehors de ce système. Enfin rien n'empêcherait d'étendre cette comparaison au système essentiel lui-même, et de remarquer que les faisceaux essentiels de chaque rang sont orientés précisément comme le seraient ceux d'une feuille insérée sur le rang suivant.

En résumé, on pourrait donc considérer tous les faisceaux d'une feuille monomère ou de chaque mériphyllode de feuille polymère, comme répartis sur une série de formations emboîtées les unes dans les autres et réunies par le parenchyme.

Une feuille à système fibro-vasculaire complet de toutes parts, représenterait donc un rameau dont l'extrémité serait morte de bonne heure et dans lequel les rangs de faisceaux seraient l'ébauche des feuilles que ce rameau aurait portées s'il avait continué à vivre. Si le parenchyme s'accroît principalement dans le sens latéral, le rameau s'aplatit en un limbe (*Acer pseudo-platanus*). Si le parenchyme s'accroît surtout dans le sens du plan passant par l'axe de la tige, le rameau prend la forme de certains phyllodes (*Acacia ovalis*). Si le parenchyme s'accroît également dans toutes les directions horizontales, le rameau devient une feuille cylindrique. On pourrait même suivre cette analogie du rameau et de la feuille jusque dans les moindres détails. Ainsi, une feuille à système fibro-vasculaire incomplet représenterait un rameau dont le cône terminal serait resté plus ou moins stérile sur une zone plus ou moins étendue de son sommet et de sa face postérieure. Si la face supérieure tout entière est restée complètement stérile, et si le parenchyme s'est accru princi-

palement dans le sens latéral, il a dû se produire un limbe dont les nervures ne sont saillantes que sur la face antérieure. Dans le cas, cependant, où la stérilité de la face postérieure n'a pas affecté le système cortical, les nervures sont saillantes des deux côtés, même lorsque le système ligneux ne s'est pas développé dans la région postérieure.

Il semble, à première vue, que cette théorie soit en contradiction flagrante avec la formation basipète, bien constatée, de beaucoup de parties foliaires. On va voir cependant que d'autres faits de structure intime, joints aux données de l'organogénie, semblent lever cette difficulté.

En suivant la marche des faisceaux tout le long d'une feuille de *Tropæolum majus* (feuille peltée, pl. II, fig. 2), on trouve un premier nœud au-dessus de l'insertion. Au sortir de ce nœud les faisceaux cheminent de nouveau, indépendants et parallèles jusqu'au sommet du pétiole, où ils s'anastomosent une seconde fois. De ce second nœud divergent les faisceaux qui parcourent la région inférieure du limbe; d'autre part, en examinant une coupe longitudinale passant par celui-ci et par le pétiole, on constate que d'autres faisceaux s'élèvent de nouveau au-dessus du second nœud et forment l'ébauche d'un nouveau mériphyllé atrophié et intercalé entre l'extrémité du pétiole et la face supérieure du limbe (pl. II, b c).

L'existence de ce dernier mériphyllé, que l'observation de la surface ne pouvait point révéler, confirme pleinement la loi de la formation du limbe des feuilles peltées telle qu'elle nous est révélée par l'organogénie. Elle prouve aussi que le sommet de l'axe végétatif de la feuille primordiale ne coïncide pas toujours avec le sommet apparent du limbe (c'est-à-dire avec le point du limbe qui

est le plus éloigné de sa base). Ces mériphylls terminaux atrophiés existent dans d'autres plantes, et même dans des feuilles non peltées (*Aralia digitata*, pl. II, b c).

On comprend aisément toute l'importance de cette observation pour la théorie des feuilles. La formation de certaines parties, basipète par rapport à la base apparente, pourrait fort bien, en effet, être basifuge par rapport au sommet réel de l'axe végétatif de la feuille primordiale.

Dans la presque totalité des feuilles dentelées, chaque dent correspond à une nervure. On cite, il est vrai, quelques cas de nervures aboutissant à des sinus du bord du limbe, mais une observation attentive montrera toujours que la direction de la longueur de la dent est alors oblique sur celle de la nervure du sinus, et que cette longueur est d'ailleurs parcourue par une nervure d'un ordre plus élevé (*Fagus Gunnii* Hook. *Coldenia procumbens* L., *Crataegus oxyacantha* L., *Rhinanthus*). D'autre part, la structure, déjà citée, des feuilles de *Saxifraga crassifolia* et *ligulata* dans lesquelles la saillie correspondant aux faisceaux postérieurs existe à l'état rudimentaire, suggère l'idée que chaque faisceau correspond à une saillie sinon visible, du moins virtuelle.

On peut donc dire, d'une manière générale, que *la direction de chaque faisceau de la feuille correspond à une pousse du tissu foliaire, de même que chaque faisceau de la tige correspond à une feuille ou un rameau.*

Tout semble donc concourir à faire considérer la feuille comme un *rameau dont le cône terminal serait frappé de stérilité, tantôt sur une zone plus ou moins étendue de son sommet même (feuilles peltées, feuilles cylindriques, feuilles plates, mais complètes, telles que Acer pseudo-Platanus et*

*Populus nigra*), tantôt sur le sommet à la fois et sur la face postérieure (feuilles ordinaires).

Il y a cependant une différence entre la feuille et le rameau. Cette différence réside dans le mode d'insertion sur la tige et résulte de la position intercalée du bourgeon. Tandis que les faisceaux communs de la feuille n'ont à s'écarter que du côté postérieur pour pénétrer dans la tige, ceux du bourgeon ont à s'écarter à la fois dans la région postérieure et dans la région antérieure, afin de s'intercaler entre ceux de la feuille mère et ceux de la feuille suivante.

Du reste, cette différence n'a évidemment qu'une importance secondaire. Il est clair, en effet, que les systèmes de faisceaux détachés postérieurs (Juglandées, Carpinées, *Populus*) se partageant nécessairement en deux branches latérales à leur insertion sur le système essentiel, représentent des feuilles insérées à la manière des rameaux. Sous ce rapport la feuille du *Populus nigra*, dont le système détaché se réunit au système essentiel tout près de l'insertion de ce dernier sur la tige, est particulièrement intéressante. Elle prouve que les systèmes détachés sont de véritables intermédiaires entre la feuille et le rameau, et qu'on pourra les considérer indifféremment ou comme des rameaux soudés avec la feuille ou comme des surfeuilles.

La considération de la structure intime des feuilles donne ainsi la clef de la théorie des soudures, en démontrant leur existence virtuelle là où aucune saillie apparente ne pouvait les faire supposer.

Les feuilles primordiales sont les saillies primordiales du cône terminal, dont les rameaux axillaires représentent des saillies subséquentes. Chaque saillie primordiale (feuille

primordiale) peut à son tour produire d'autres saillies primaires, secondaires, tertiaires, etc., tantôt dans tout son pourtour (*Acer pseudo-Platanus*, *Populus nigra*, *Juglandées*, etc.), tantôt d'un seul côté (la plupart des feuilles). Dans le premier cas, le sommet végétatif de la saillie primordiale peut coïncider avec le sommet apparent de la feuille (*Acer pseudo-Platanus*, *Populus nigra*). Mais il peut aussi arriver que les saillies secondaires antérieures s'allongeant beaucoup plus que les postérieures, éloignent le sommet apparent du sommet végétatif de la saillie primordiale (*Tropæolum majus*, *Saxifraga crassifolia*, *Saururus cernuus*). C'est ainsi que chez tant de feuilles le système ligneux, complet de toutes parts dans le pétiole, manque entièrement à la région postérieure du limbe (*Cytisus Laburnum* L., pl. II, fig. 5, 6).

Voici maintenant un exemple qui fera comprendre mieux encore toute l'importance de l'examen de la structure interne pour la solution de plusieurs problèmes de morphologie.

Tout le monde sait que deux théories sont en présence pour expliquer la vraie nature du tube du calice des roses. Les uns y voient un verticille de feuilles soudées par leurs pétioles, les autres le considèrent comme un pédoncule évasé et creusé intérieurement. Pour ces derniers, la formation foliaire ne commencerait qu'au sommet du tube portant les organes floraux, et les ovaires qui paraissent insérés sur les parois internes du tube reposeraient, en réalité, sur un torus évasé et soudé avec le tube du calice. Une monstruosité récemment décrite par M. Planchon<sup>1</sup> semble donner raison à la première théorie. Cet auteur a

<sup>1</sup> Monstruosité de *Cydonia*, dans *Bull. de la Soc. bot. de Fr.*, 1866, t. XIII, p. 234.

observé, en effet, une fleur de rosacée dont le tube du calice était décomposé en plusieurs pétioles.

Or, si l'on examine la section transversale du pédoncule et du tube de la rose double à diverses hauteurs, on constate les faits suivants :

1° Les faisceaux centrifuges, au nombre de trente environ, qui composent l'anneau ligneux du pédoncule (pl. II, fig. 9), sont situés, en réalité, sur plusieurs rangs concentriques qui deviennent d'autant plus distincts que les faisceaux s'approchent plus du sommet du tube dans lequel ils pénètrent directement, c'est-à-dire sans anastomoses. Chaque rang de faisceau correspond à un rang de sépales ou de pétales. Au sommet du tube, le nombre des faisceaux centrifuges s'accroît d'un grand nombre d'autres faisceaux orientés de la même manière, de plus en plus courts et situés sur des rangs de plus en plus intérieurs. A l'époque de la floraison, les faisceaux des rangs intérieurs, qui correspondent aux étamines et aux pétales intérieurs, sont si courts qu'ils ne descendent qu'à une petite profondeur dans le parenchyme du tube.

Jusqu'ici rien ne contredit la théorie du tube considéré comme un pédoncule évasé et creusé. On peut admettre que les rangs de faisceaux centrifuges de plus en plus intérieurs correspondent à des feuilles (sépales, pétales, étamines) de plus en plus élevées sur le cône terminal.

Mais si on examine la région du tissu du tube qui borde la cavité intérieure, on y découvre une multitude de petits faisceaux, rangés aussi sur plusieurs rangs peu distincts (pl. II, fig. 10). Chose surprenante, ces nouveaux faisceaux sont orientés à l'inverse des premiers. Leur cambium est, en effet, tourné vers la cavité du tube. Si on suit la marche de ces nouveaux faisceaux, au moyen

de coupes longitudinales, on trouve qu'ils se rendent dans les ovaires dont ils constituent la nervure dorsale, et qu'ils s'anastomosent tous ensemble au-dessous de la cavité du tube, c'est-à-dire au sommet du pédoncule.

Cette observation nouvelle me semble prouver que le tube du calice n'est ni un verticille de feuilles, ni un axe évasé, selon le sens ordinaire de ces termes.

Dans la nouvelle théorie, exposée plus haut, le tube du calice devient une saillie primordiale annulaire d'un axe arrêté dans son développement ultérieur. Les saillies correspondant à tous les faisceaux de cette saillie primordiale se développent en sépales, pétales, étamines et ovaires.

La possibilité de la formation de saillies primordiales annulaires est, du reste, un fait prouvé par l'organogénie, aussi bien que par l'existence des feuilles engainantes et des corolles gamopétales. Chez les rubiacées, dont les feuilles sont opposées, les feuilles primordiales opposées débutent simultanément sous forme d'une saillie annulaire (Eichler).

La rose fournit donc, comme la feuille d'*Acer pseudo-Platanus*, l'exemple d'une saillie primordiale pouvant produire de toutes parts des saillies primaires. Dans l'acer, ces saillies primaires restent virtuelles ou rudimentaires, tandis qu'elles se développent toutes dans la rose.

Si les sépales, pétales, étamines et ovaires de la rose restaient rudimentaires, le tube du calice se réduirait à n'être plus qu'une feuille engainante. On peut donc considérer la rose tout entière comme une feuille engainante à système fibro-vasculaire complet et dont toutes les saillies primaires possibles se développent.

Qu'est-ce maintenant qu'une feuille dont les saillies se développent, si ce n'est ce qu'on a appelé jusqu'ici une *feuille dédoublée*.

Toute feuille, si simple soit-elle en apparence (*Carpinus Betula*, *Corylus Avellana*, *Populus*), renferme donc en elle-même le principe d'une foule de dédoublements en tous sens, puisque tous ses faisceaux (essentiels, détachés, inverses) naissent successivement dans des plans différents et répondent à autant de saillies possibles. On peut concevoir que, suivant la quantité de parenchyme qui se développe entre l'apparition de deux faisceaux successifs, suivant la phase de végétation dans laquelle apparaissent ces faisceaux, leurs saillies puissent rester rudimentaires ou se développer également ou inégalement. Ne pourrait-on pas se rendre compte ainsi de la variété des formes qu'une même tige peut produire. La métamorphose, en général, ne semble-t-elle pas s'expliquer naturellement par cette nouvelle manière de considérer la feuille.

Il me paraît donc établi par tous les faits cités plus haut (Juglandées, Carpinées, etc.) que la feuille n'est point une unité morphologique. L'unité, c'est la saillie et le faisceau correspondant. On comprend l'immense variété de types que peuvent produire les divers groupements de ces saillies rudimentaires ou développées.

Les doublements de feuilles et de pétioles (Wydler, Braun, dans *Flora*, 1842, p. 349, 1852, p. 737), la présence d'étamines dans certains ovaires (Masters, in Linn. Soc. Journ. v. q.), les tubes de calice décomposés en pétioles (Planchon, l. c.) et bien d'autres faits tératologiques sont ébranchés dans des feuilles où on ne les soupçonnerait guère à première vue. Que de germes de transition ne saisit-on pas ainsi dans la nature elle-même entre les espèces les plus tranchées, entre les monstruosité et les faits normaux? S'étonnera-t-on dès lors que l'espèce,

généralement fondée sur les formes les plus apparentes, devienne un terrain si mouvant dès qu'on y regarde de près.

Je ne puis m'empêcher de considérer les faisceaux détachés des Juglandées autrement que comme l'ébauche des étamines qui, dans la fleur mâle, naissent sur les écailles du périgone. En effet, parmi les Amentacées (examinées genre par genre, presque espèce par espèce) j'ai trouvé des faisceaux détachés de la face postérieure chez les Juglandées, Carpinées, Corylacées, *Populus*, *Alnus*, dont les étamines sont toujours insérées sur les écailles du périgone. En revanche, les Cupulifères, Saliciniées, Myricées, dont les étamines sont libres, sont privées de faisceaux détachés postérieurs. Les Betulacées et certains *Alnus* semblent faire exception, mais en examinant leurs feuilles de près, on trouve qu'elle est munie d'un coussinet, souvent développé en écailles<sup>1</sup> (*Betula alba*, L., pl. II, fig. 48, 49). Ce coussinet, privé de faisceaux ligneux, résulte évidemment du développement de la saillie correspondante aux faisceaux du collenchyme cortical.

Le coussinet, en général, me semble être l'analogue des stipelles de la face postérieure, dont il prend souvent l'apparence (Betulacées, bien qu'il soit plus ordinairement réduit à l'état de simple protubérance charnue). L'importance morphologique du coussinet grandit singulièrement dès qu'on se prend à l'envisager comme un rudiment de dédoublement normal. On ne s'étonne plus alors de trouver des étamines opposées aux pétales (*Grossulariées*, *Vacciniées*) dans beaucoup de plantes dont les feuilles

<sup>1</sup> Ces écailles insérées sur le dos même du pétiole et non sur ses bords ne sauraient, ce me semble, devoir être considérées comme des stipules, bien qu'on les ait toujours décrites sous ce nom.

sont munies de coussinets dès qu'on tient compte du développement possible de ceux-ci.

Le coussinet de la face antérieure, les stipelles et autres productions de la face postérieure de la feuille sont, à tous les degrés, de véritables dédoublements normaux et apparents. Ils représentent, dans le sens transversal, ce que sont les crénelures, les dentelures, les sinuosités, les lobes dans le sens latéral.

Les faisceaux détachés et inverses sont les ébauches de dédoublements plus profonds ou de proliférations possibles et en tous sens, jusque dans l'intérieur même de la feuille. Les feuilles en godet (*Sarracenia*, *Cephalotus*, *Nepenthes*), les tubes de calice, les cupules, les cavités ovariennes, les ovules même ne sont que des expressions plus ou moins apparentes d'un phénomène unique dont le principe préexiste dans toute feuille.

Cette hypothèse de la formation des cavités ovariennes par des dédoublements internes, me paraît d'ailleurs pleinement justifiée par un fait remarquable et d'une vérification facile.

Il suffit pour cela de comparer attentivement la section transversale de l'étamine avec celle du carpelle du *Magnolia Yulan*. On trouve alors que l'étamine renferme trois faisceaux, dont un central et deux latéraux (pl. II, fig. 24). Ces derniers sont des détachés latéraux qui rejoignent le faisceau du centre au-dessus de l'insertion de l'étamine et tournent leurs trachées vers lui, tandis que leur cambium regarde la périphérie. Ces détachés ne parcourent qu'une faible longueur de l'étamine et s'arrêtent au-dessous des loges, dont la déhiscence, dans cette espèce, est latérale. Quant au faisceau central, il parcourt toute la longueur de l'organe et se compose de trachées placées entre deux

masses de cambium, dont l'une regarde la face antérieure et l'autre la face postérieure de l'étamine. C'est un faisceau commun double et qui reste tel pendant une partie de son trajet au travers de l'axe de la fleur, mais dont la moitié postérieure descend moins bas que l'antérieure. Il résulte de là que la section transversale de l'axe portant les étamines offre toujours à la fois des faisceaux simples tournant leur cambium vers la périphérie et des faisceaux doubles. Les premiers correspondent à des étamines insérées fort au-dessus de la section, et les autres appartiennent à des étamines situées tout près de cette même section transversale.

D'autre part, chaque carpelle reçoit de l'axe un faisceau double semblable à celui de l'étamine, mais qui se dédouble au sortir de cet axe (pl. II, fig. 23, 24). La moitié antérieure de ce faisceau parcourt la face antérieure du carpelle, tandis que sa moitié supérieure longe la face postérieure et constitue évidemment le placenta (pl. II, fig. 23, 24). Enfin, les détachés latéraux parcourent les côtés du carpelle et achèvent d'établir, par leur présence, l'identité fondamentale de l'étamine et du carpelle (pl. II, fig. 23, 24).

On acquiert ainsi la certitude que ce dernier n'est qu'une étamine dédoublée intérieurement. L'examen attentif de la section transversale du carpelle montre aussi que les deux saillies du placenta correspondent à l'accroissement des extrémités de l'arc formé par le faisceau postérieur. Le faisceau de chaque ovule (pl. II, fig. 24) est orienté de manière à tourner ses trachées vers celles du faisceau postérieur dont il représente évidemment un inverse.

Il ne faut donc plus voir dans la carpelle du *Magnolia*

Yulan une feuille repliée dont les bords portent les ovules. Ces derniers naissent évidemment dans une cavité du tissu même de la feuille carpellaire, et représentent des folioles intérieures insérées sur le système essentiel.

Aucune autre hypothèse ne saurait rendre compte de la répartition des faisceaux dans le carpelle du *Magnolia*. Ainsi la théorie admise jusqu'ici, d'après laquelle les carpelles représenteraient des feuilles recourbées, se trouve en contradiction complète avec la structure de l'ovaire de cette plante.

Il s'en faut de beaucoup que la question soit aussi simple pour tous les ovaires formés d'un seul carpelle. Le plus souvent la feuille carpellaire, privée de faisceaux postérieurs, ne renferme qu'un arc fibro-vasculaire incomplet, et ressemble par conséquent tout à fait à une feuille recourbée. Cette ressemblance est même encore augmentée par la déhiscence du fruit facilitée par l'absence de faisceaux postérieurs.

C'est sans doute à la même cause qu'il faut attribuer une foule de faits tératologiques tels que les ovaires béants portant des ovules sur les bords de leur fente. Ces monstruosités, d'ailleurs fréquentes, ne sauraient plus constituer une preuve de l'ancienne théorie, puisqu'on a vu que toute feuille peut se créneler, se dédoubler, se ramifier même en tous sens.

La nouvelle théorie du carpelle, telle que je viens de la proposer, aurait du reste l'avantage de rendre compte de la grande ressemblance qui existe entre le pétiole et le fruit de la plupart des légumineuses. Quiconque a comparé les sections transversales de ces deux organes a dû être frappé, comme moi, de l'identité presque complète de leur structure fibro-vasculaire (pl. II, fig. 7, 8).

La comparaison de l'étamine des *Magnolia* avec celle des *Pæonia* semble aussi jeter un jour tout nouveau sur une question déjà bien ancienne.

Il vient d'être établi, en effet, que l'étamine à déhiscence latérale du *Magnolia* représente une feuille à face postérieure développée. Celle des *Pæonia*, par contre, dont les anthères sont introrses, ne reçoit qu'un seul faisceau antérieur, ainsi qu'on peut s'en assurer par la section transversale. L'étamine introrse des *Pæonia* n'est donc qu'une feuille à région postérieure atrophiée. En est-il de même dans tous les cas d'étamines introrses, et les étamines extrorses représentent-elles toujours des feuilles à face antérieure atrophiée? C'est ce qui me paraît infiniment probable sans que j'ose encore l'affirmer. Tout le monde sait que les pétales des renonculacées sont presque toujours munis d'un onglet qui se détache du pétale un peu au-dessus de l'insertion de celui-ci. Cet onglet me semble représenter en petit la saillie de la face postérieure qu'on peut si souvent observer en grand sur les feuilles ordinaires (*Saxifraga ligulata*, pl. II, fig. 14, 15). On conçoit dès lors que si cet onglet se développe en étamines, ces dernières doivent être extrorses, ainsi que cela a lieu dans presque toutes les renonculacées.

Enfin la présence de faisceaux détachés dans les étamines du *Magnolia* est-elle la première ébauche de ces multiplications d'étamines si fréquentes dans presque toutes les familles? C'est ce qu'une étude détaillée de chaque cas particulier pourrait seule nous révéler.

On a pu voir aussi, par tout ce qui précède, que les différences superficielles, souvent si frappantes, entre les deux faces des limbes sont liées à un fait beaucoup plus général; celui de l'inégal développement des deux ré-

gions de la feuille. Sans vouloir affirmer une loi que de plus nombreuses observations pourraient démentir, je ne crois pas me hasarder beaucoup en disant que l'égal développement des deux régions de la feuille, sous le rapport des faisceaux ligneux ou même seulement sous celui du collenchyme, est presque toujours indiqué par une égalité de pubescence ou de poli des deux faces. La répartition des stomates me semble dépendre aussi de la même circonstance. En effet, tous les cas connus d'égal répartition des stomates sur les deux faces des feuilles m'ont paru correspondre ou à un développement parfaitement égal du tissu fibro-vasculaire de ces deux faces (*Populus nigra* et feuilles cylindriques) ou à la présence de faisceaux doubles (*Viscum album*, *Protea cynaroides*, *Echium vulgare*, *Anemopsis californica*).

De récents travaux ont déjà montré que les stomates existent, en petit nombre il est vrai, sur la face postérieure de plusieurs feuilles où on ne les connaissait jusqu'ici que sur la face antérieure. Ce résultat s'accorde bien avec le fait que dans une foule de cas le système fibro-vasculaire de la face postérieure n'est qu'ébauché sous forme de collenchyme. N'y aurait-il pas dès lors un certain intérêt à reprendre cette étude de la répartition des stomates en la combinant avec une observation approfondie de celle des faisceaux.

Les pages qu'on vient de lire auront montré, je l'espère, toute l'importance de l'étude de la structure interne des feuilles. Un grand nombre de faits établissent que la feuille ne diffère du rameau que par une insuffisance de développement. Cette identité fondamentale de deux productions le plus souvent si dissemblables échappe naturellement à l'observateur des formes extérieures de la

feuille. Les saillies de la surface sont, en effet, souvent si rudimentaires qu'elles se déroberaient entièrement à l'observation, si leurs faisceaux correspondants n'étaient là pour témoigner de la présence virtuelle de ces saillies. Les inductions fondées sur ce témoignage seraient cependant elles-mêmes de pures hypothèses, si une foule de faits tératologiques et normaux ne prouvaient que chaque faisceau indique bien réellement la direction d'une saillie possible (*Saxifraga ligulata*, *Saururus cernuus*). La feuille n'est donc pas plus simple que le rameau et peut comme lui, et suivant les mêmes lois, se ramifier en tous sens. La théorie des dédoublements et des soudures se trouve dès lors fondée sur un terrain solide. Elle cesse d'être une pure hypothèse à peine étayée de quelques cas tératologiques, ou invoquée en désespoir de cause là où tout autre explication devient impossible.

La morphologie acquiert ainsi une ressource nouvelle dont quelques exemples (rose et Magnolia) auront pu faire apprécier l'utilité. Enfin, l'étude approfondie de la structure interne des feuilles pourrait bien aussi élargir le champ de la paléontologie végétale, en fournissant des caractères spécifiques nouveaux et en suggérant parfois la possibilité de certains passages entre les espèces.

---

### Explication des planches.

NB. Pour toutes les coupes, l'axe de la plante est censé être au-dessus de la figure. La lettre *f* indique partout le collenchyme qui n'a été figuré que dans les cas les plus importants.

#### PLANCHE I.

Fig. 1. *Sorbus Aucuparia*. Coupe transversale du milieu du pétiole ;  
a bois, b cambium, c liber.

- » 2. *Tropæolum majus*. Coupe transversale du milieu du pétiole.
- » 3. *Thalictrum aquilægiaefolium*. Id. id.

- Fig. 4. *Acacia ovalis*. Coupe transversale du milieu d'une phyllode.
- » 5. *Salix amygdalina*. Coupe transversale du milieu du pétiole.
  - » 6. *Alnus glutinosa*. Id. id.
  - » 7. Id. Id. du limbe.
  - » 8. *Corylus Avellana*. Id. du pétiole.
  - » 9. Id. Id. du limbe.
  - » 10. *Juglans regia*. *Rhachis* de la feuille supposé transparent, et dans lequel on voit le système essentiel *e* et le système détaché *d*.
  - » 11. *Juglans regia*. Coupe transversale du milieu du *Rhachis*.
  - » 12. *Populus nigra*. Id. du pétiole.
  - » 13. Id. Id. de la nervure médiane.
  - » 14. Id. Id. d'une nervure secondaire.
  - » 19. Id. Id. d'une nervure tertiaire.
  - » 15. *Acer pseudo-Platanus*. Id. de la base du pétiole.
  - » 16. Id. Id. du sommet du pétiole.
  - » 17. Id. Id. de la nervure médiane
  - » 18. Id. Id. d'une nervure secondaire.

## PLANCHE II.

- Fig. 1. *Acer pseudo-Platanus*. Coupe longitudinale du pétiole et de la base du limbe ; *m* jonction d'un faisceau postérieur avec un antérieur ; *i* inverse du pétiole ; *i'* inverse de la nervure médiane.
- » 2. *Tropæolum majus*. Coupe longitudinale du pétiole et de la base du limbe ; *m* nœud de la base ; *n* nœud du sommet du pétiole ; *o* nœud terminal du mériphyllé atrophie.
  - » 3. *Cytisus Laburnum*. Coupe longitudinale du pétiole, montrant que les détachés rejoignent le système essentiel à la base et au sommet du pétiole.
  - » 4. *Aralia digitata*. Coupe longitudinale du pétiole et de la base de la foliole médiane.
  - » 5. *Cytisus Laburnum*. Coupe transversale du milieu du pétiole.
  - » 6. Id. Id. de la base du limbe.
  - » 7. *Coronilla Emerus*. Coupe transversale du milieu du pétiole.
  - » 8. Id. Id. id. du légume.
  - » 9. *Rose double*. Id. id. du pédoncule.
  - » 10. Id. Id. id. du tube du calice.
  - » 11. *Saxifraga ligulata*. Id. id. de la base du limbe.
  - » 12. Id. Id. id. de la gaine.
  - » 13. Id. Id. id. du pétiole.

Fig.14. *Saxifraga ligulata*. Feuille dont le bourrelet postérieur s'est développé.

- » 15. Id. Feuille dont le bourrelet postérieur est rudimentaire.
- » 16. *Aralia digitata*. Coupe transversale du milieu du pétiole.
- » 17. *Rose double*. Coupe longitudinale du tube du calice; *u* faisceaux se rendant aux sépales; *x* faisceaux se rendant aux ovaires.
- » 18. *Alnus glutinosa*. Face antérieure de la base du pétiole; *z* écailles représentant le coussinet.
- » 19. *Alnus glutinosa*. Face antérieure de la base du pétiole dont les écailles sont tombées; *z* cicatrices de ces écailles montrant qu'elles ne sauraient être prises pour des stipules et occupent la position d'un coussinet.
- » 20. *Viscum album*. Coupe transversale du limbe dont tous les faisceaux sont doubles.
- » 21. *Magnolia Yulan*. Coupe transversale de la base de l'étamine. Dans cette figure, ainsi que dans les suivantes, la partie ombrée de chaque faisceau représente les trachées et la partie claire indique le cambium; *k* faisceau central double; *d* faisceaux détachés
- » 22. *Magnolia Yulan*. Coupe transversale de l'axe de la fleur dans la région des étamines; *k* faisceaux doubles pénétrant dans les étamines; *s* faisceaux d'étamines réduits à leur partie postérieure, et indiquant, sans doute, chez les étamines, une tendance à devenir extrorses.
- » 23. *Magnolia Yulan*. Coupe transversale de l'axe dans la région des carpelles.
- » 24. *Magnolia Yulan*. Coupe transversale d'un carpelle.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

KOMMERELL. EIN NEUES, etc. UNE NOUVELLE EXPÉRIENCE DE PHYSIQUE. (*Poggend. Annalen*, tome CXXXIII, p. 510.)

L'appareil consiste simplement en une poulie placée sur un plan incliné et retenue avec la main au moyen d'un cordon ou d'un ruban. La poulie se compose d'un petit cylindre très-court, muni à ses deux extrémités de deux disques en verre égaux entre eux, mais d'un diamètre plus considérable que le cylindre. Un ruban faisant un certain nombre de fois le tour du disque, et s'en détachant tangentiellement à sa partie inférieure, est tenu à la main de manière à demeurer continuellement parallèle au plan incliné. Cela étant, et à condition que le plan incliné ne soit pas trop rapide, on obtiendra, en tirant le ruban de bas en haut, ce résultat assez inattendu, savoir que la poulie montera le long du plan incliné enroulant le ruban autour d'elle, jusqu'à arriver à la main qui le tient.

Ayant observé ce fait pour la première fois en voyant un enfant jouer avec une sorte de toupie, l'auteur s'est cru autorisé à le publier à cause de sa nouveauté et comme un cas intéressant du frottement de roulement sur un plan incliné.

Voici, en effet, la théorie fort simple elle-même à l'aide de laquelle il explique son expérience.

Soit  $\varphi$  l'angle du plan incliné avec l'horizontale ;  $R$  le rayon d'un cercle tangent au plan incliné et représentant les deux disques de verre, et  $r$  le rayon du cylindre de la poulie ; soit de plus  $P$  la force avec laquelle la main tire le ruban ;  $N$  la force tangentielle de frottement qui résulte de ce que la partie inférieure de la poulie est tirée de bas en haut ; enfin  $Q$  le poids de la poulie dont la composante parallèle au plan

incliné est  $Q \sin. \varphi$ . Pour qu'il y ait équilibre entre ces trois forces qui seules agissent sur la poulie, il faut que

$$(1) \quad P = Q \sin. \varphi + N$$

et

$$(2) \quad N(R-r) = Q \sin. \varphi. r.$$

L'équation (1) pourra toujours être satisfaite, car l'on peut augmenter à volonté la force  $P$ ; mais (2) devient impossible si l'inclinaison  $\varphi$  est trop grande. En effet,  $F$  étant le coefficient de frottement, la valeur maxima de  $N$  sera

$$F Q \cos. \varphi,$$

soit  $\alpha$  la valeur de l'inclinaison du plan dans ce cas, et il vient pour l'équation (2)

$$F Q \cos. \alpha (R-r) = Q \sin. \alpha r$$

ou

$$(3) \quad \text{tang. } \alpha = \frac{F (R-r)}{r}$$

Cette équation donne la valeur maxima de l'inclinaison et montre en même temps que cette inclinaison pourra être d'autant plus grande que  $R$  sera plus grand et que  $r$  sera plus petit.

Mais si  $\varphi < \alpha$ , on a aussi :  $N < F Q \cos. \alpha < F Q \cos. \varphi$ , alors l'on peut détruire l'équilibre en augmentant la force  $P$  de traction de la main; il s'ensuit une augmentation correspondante pour la force tangentielle  $N$ , tandis que la force  $Q \sin. \varphi$  reste invariable. Ainsi donc avant que  $N$  atteigne sa valeur limite, il se produit un mouvement de rotation de la poulie autour de son point de contact avec le plan incliné, comme si le rayon mené du centre de la poulie à ce point de contact était un levier, le moment de la puissance  $P$  étant plus grand que celui de la résistance  $Q \sin. \varphi$ . La conséquence de ce mouvement de rotation est que la poulie monte le long du plan incliné, et le même raisonnement s'applique à chaque point qu'elle occupe dans ce mouvement ascendant.

L'auteur suppose ici le cas le plus simple, savoir celui où le ruban est maintenu parallèle au plan incliné; il est facile

de généraliser la théorie et de l'étendre aux cas où ce ruban occupe d'autres directions.

Comme on le voit, l'appareil est on ne peut plus simple et l'expérience des plus faciles à répéter. Pour la faire mieux réussir, il convient d'employer un ruban plutôt qu'un cordon, afin d'éviter que la poulie se place obliquement sur le plan incliné.

E. S.

E. VILLARI. UEBER EINIGE EIGENTHÜMLICHE, etc. DE QUELQUES PHÉNOMÈNES PARTICULIERS D'ÉLECTRO-MAGNÉTISME ET DE L'HYPOTHÈSE DE WEBER SUR L'ÉLECTRO-MAGNÉTISME. (*Pogg. Annalen*, t. CXXXIII, p. 233.)

L'auteur de ce travail s'est appliqué à étudier l'influence que l'état magnétique initial d'un barreau de fer ou d'acier exerce sur les courants magnéto-électriques induits excités dans un conducteur voisin par une modification quelconque, soit augmentation, soit diminution, apportée au moment magnétique de ce barreau. Son but était de vérifier la théorie de Weber, également proposée par M. de la Rive et qui n'est qu'un complément de celle d'Ampère, d'après laquelle les courants moléculaires seraient préexistants dans les corps magnétiques, et seraient simplement orientés par l'action de l'aimantation, entraînant dans ce mouvement les particules elles-mêmes de ces corps. Il pense que, s'il y a mouvement moléculaire, la rapidité avec laquelle il s'exécute doit dépendre de l'état magnétique initial, de même que les courants magnéto-électriques qui en résultent et qui eux-mêmes dépendent de la rapidité de la modification magnétique.

Son appareil consistait en un barreau en acier ou en fer, autour duquel étaient disposés deux fils conducteurs enroulés en spirale, l'un extérieur dans lequel passait tout d'abord un premier courant destiné à aimanter le barreau, puis d'autres courants plus faibles, directs ou inverses, servant à modifier le magnétisme primitif en plus ou en moins, l'autre intérieur

relié à un galvanomètre, et dans lequel l'interruption du courant extérieur et la modification magnétique excitaient des courants induits qu'il s'agissait de mesurer.

L'auteur résume lui-même comme suit le résultat de ses recherches, qui, selon lui, confirment pleinement la théorie de Weber :

1° L'aimantation et la désaimantation sont accompagnées de mouvements moléculaires.

2° La rapidité avec laquelle s'exécutent ces mouvements dépend de l'état moléculaire initial du fer ou de l'acier.

3° Le courant magnéto-électrique n'est pas toujours proportionnel à la quantité dont s'accroît ou diminue le moment magnétique de l'aimant; il dépend non-seulement de cette quantité, mais encore de la rapidité avec laquelle s'accomplit la modification magnétique.

4° Cette modification n'est pas toujours proportionnelle à l'intensité du courant qui la produit, même en ayant égard à la capacité magnétique du barreau de fer ou d'acier dans laquelle elle se produit.

E. S.

---

## CHIMIE.

H. DEBRAY. RECHERCHES SUR LES COMBINAISONS DE L'ACIDE MOLYBDIQUE ET DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, séance du 6 avril 1868.)

On a remarqué depuis longtemps qu'une dissolution de molybdate d'ammoniaque, rendue acide par l'addition d'acide chlorhydrique ou d'acide azotique, détermine un précipité jaune dans une liqueur renfermant de l'acide phosphorique. Cette réaction, extrêmement sensible, est employée pour reconnaître la présence de l'acide phosphorique, et peut même servir à en déterminer la quantité, ce précipité ayant une composition constante et étant à peu près insoluble dans tous les acides. Ce phosphomolybdate d'ammoniaque est le type de tout un genre de sels nouveaux, fort intéressants, dont M. Debray vient de publier une description sommaire.

En faisant bouillir du phosphomolybdate d'ammoniaque avec un excès d'eau régale, on détruit l'ammoniaque et l'on obtient un liquide jaune qui fournit, par évaporation spontanée, l'acide phosphomolybdique libre cristallisé. Cet acide résulte de la combinaison de 1 équivalent d'acide phosphorique avec 20 équivalents d'acide molybdique. Il peut former trois hydrates distincts, tous trois cristallisables, renfermant 13,3, 19,6 et 23,4 p. 100 d'eau. Le dernier de ces hydrates forme de gros cristaux en octaédres réguliers.

L'acide phosphomolybdique précipite, de leurs dissolutions fortement acides, la potasse, les oxydes de rubidium, de cæsium, de thallium, l'ammoniaque et les alcalis organiques azotés. Il ne précipite point la soude, ni la lithine, et peut servir ainsi à les séparer des autres alcalis. Les autres oxydes métalliques ne sont pas précipités par l'acide phosphomolybdique dans une liqueur suffisamment acide.

Les phosphomolybdates jaunes de potasse, de thallium et d'ammonium sont représentés par la formule générale



ceux de potasse et d'ammoniaque contiennent, en outre, 3 équivalents d'eau d'hydratation.

L'acide phosphomolybdique et ses sels ne sont stables qu'en présence des acides; les alcalis les transforment ordinairement en molybdates ordinaires et en un nouveau genre de phosphomolybdates dans lequel les deux acides sont unis dans le rapport plus simple de 1 à 5.

Ces phosphomolybdates sont incolores ou peu colorés, d'un aspect nacré; ils sont solubles dans l'eau et facilement cristallisables; un excès d'acide les ramène à l'état de phosphomolybdates jaunes en mettant de l'acide phosphorique en liberté.

Les sels d'ammoniaque, de potasse, d'argent et de soude appartenant à ce genre sont représentés par la formule générale :



Les trois premiers renferment, en outre, 14 équivalents d'eau; celui de soude en contient 28.

Il semble qu'on pourrait simplifier ces formules en en divisant tous les termes par deux; mais comme l'action ménagée des acides fournit un nouveau type de sels également bien cristallisés représentés par la formule générale



il convient de conserver aux premiers sels les formules précédentes. Enfin, quelques-uns de ces sels peuvent former des sels doubles avec les azotates, par exemple :



La facilité avec laquelle l'acide phosphomolybdique des sels blancs se transforme en acide phosphomolybdique jaune et acide phosphorique n'a pas permis jusqu'ici de l'isoler.

L'analyse des composés précédents présente de très-grandes difficultés quand on a recours aux méthodes de séparation ordinaires. L'auteur signale le procédé suivant, qui lui a bien réussi.

On sépare l'acide phosphorique de l'acide molybdique, en faisant passer sur un mélange de ces acides et de chaux chauffé au rouge naissant, dans une nacelle de porcelaine, d'abord un courant de gaz sulfhydrique, puis d'acide chlorhydrique. Il se forme du chlorure de calcium, du sulfure de molybdène cristallisé comme le sulfure naturel et du chlorophosphate de chaux ou apatite également cristallisée. Le chlorure de calcium s'enlève par l'eau, l'apatite par l'acide chlorhydrique, qui n'attaque pas le sulfure de molybdène; celui-ci, facile à laver et à recueillir, est pesé avec beaucoup d'exactitude. On dose facilement le phosphore dans la liqueur chlorhydrique.

Lorsqu'il s'agit des phosphomolybdates alcalins, une partie de l'alcali, transformée en chlorure, se volatilise. Pour doser l'alcali, il faut recourir au procédé suivant: on dissout le phosphomolybdate dans un excès d'ammoniaque, et l'on

ajoute à la liqueur une solution ammoniacale d'azotate d'argent ; par l'ébullition, on obtient d'abord du phosphate tribasique d'argent cristallisé, puis du molybdate d'argent incolore et cristallisé également ; l'alcali reste seul dans la liqueur, où il est facile de le doser. C. M.

---

H. DEBRAY. SUR LA FORMULE DE L'ACIDE MOLYBDIQUE ET L'ÉQUIVALENT DU MOLYBDÈNE. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, séance du 13 avril 1868.)

Plusieurs analogies et une fréquente association dans le règne minéral ont conduit en général les chimistes à attribuer une même constitution aux acides tungstique, molybdique et vanadique, et jusqu'à ces derniers temps on ne mettait pas en doute que ce ne fussent des acides à trois atomes d'oxygène. Mais M. Roscoe<sup>1</sup> vient de démontrer que l'acide vanadique a pour formule  $V^2 O^5$ . Plus anciennement déjà une formule analogue a été attribuée par M. Persoz à l'acide tungstique, et bien que de puissantes raisons la rendent fort peu vraisemblable, elle aurait, suivant M. Debray, quelque probabilité d'après ses recherches sur les densités de vapeur des chlorures de tungstène. Il était donc intéressant de s'assurer s'il convenait de changer la formule jusqu'ici attribuée à l'acide molybdique.

La constitution des acides phosphomolybdiques découverts par M. Debray ne jette aucun jour sur cette question, car elle s'expliquerait aussi simplement avec les deux formules  $MoO^3$  ou  $M'o^2O^5$  de l'acide molybdique. Mais l'étude du chlorure de molybdène et de sa densité de vapeur montre que l'ancienne formule peut seule être conservée.

Ce chlorure, préparé par l'action directe du chlore sur le métal, a une couleur verte foncée. Il fond à 194 degrés et bout à 268 en donnant une vapeur rouge très-intense.

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, tome XXXI, p. 331.

On a généralement attribué à ce chlorure la formule  $\text{MoCl}^4$  <sup>1</sup>, mais l'étude de ses réactions et son analyse prouvent que cette formule doit être remplacée par  $\text{MoCl}^5$ , exigeant 35,1 p. 100 de molybdène. L'analyse a donné de 35 à 35,2.

La densité de vapeur de ce chlorure, prise à 350 degrés, a donné les deux nombres 9,53 et 9,40, peu différents de 9,45, qui représentent la densité théorique du chlorure  $\text{MoCl}^5$ , correspondant à deux volumes de vapeur.

Si l'on attribue à l'acide molybdique la formule  $\text{M}'\text{o}^3\text{O}^5$ , ce qui conduit à assigner au molybdène le poids atomique  $\text{M}'=80$ , le chlorure précédent devrait être représenté par la formule  $\text{M}'\text{Cl}^4$  exigeant 36,04 de molybdène, résultat qui s'éloigne sensiblement du nombre trouvé par l'analyse. Mais surtout la densité de vapeur calculée pour cette formule serait de 7,67 ; ce nombre est trop éloigné de ceux qu'a donnés l'expérience pour que l'hypothèse qui y conduit soit admissible <sup>2</sup>.

En raison de l'extrême analogie qui existe entre les combinaisons du molybdène et du tungstène, le maintien de l'ancienne formule de l'acide molybdique entraîne presque nécessairement celui de la formule analogue pour l'acide tungstique. L'auteur annonce l'intention de soumettre à de nouvelles recherches l'étude des densités des chlorures de tungstène.

Dans son travail classique sur les équivalents chimiques,

<sup>1</sup> Pour ne pas changer le système de notation usité dans ce recueil, nous remplaçons les formules en équivalents, adoptées par l'auteur, par des formules atomiques. (C. M.)

<sup>2</sup> L'auteur obtient, pour le calcul de cette densité théorique, le nombre 7,9. Mais il y parvient en réduisant, proportionnellement au changement apporté dans le poids atomique du molybdène (6 : 5), la densité de vapeur calculée pour la formule ( $\text{MCl}^5$ ). Cela revient à supposer que le chlorure aurait une composition exprimée par la formule  $\text{M}^6\text{Cl}^{25}$  qui est évidemment inadmissible et que nous avons remplacée par  $\text{M}'\text{Cl}^4$ . Cela ne change rien du reste à la valeur de l'argument invoqué par M. Debray. (C. M.)

M. Dumas a attribué à celui du molybdène la valeur 96 (48 pour  $O=8$ ), presque identique avec celle qu'avait obtenue jadis Berzélius. Cependant plusieurs chimistes persistent à adopter le nombre 92, résultant des expériences de MM. Svanberg et Struve, et confirmé par M. Rammelsberg. Les expériences de M. Debray confirment entièrement les résultats de M. Dumas ; il y est arrivé par deux méthodes différentes.

L'une, la même qu'avait employée M. Dumas, repose sur la réduction de l'acide molybdique par l'hydrogène. Des précautions minutieuses sont nécessaires pour obtenir des résultats exacts.

Nous devons renvoyer au mémoire original pour le détail de ces précautions. Trois expériences, exécutées sur des quantités de matière variant de 5 à 9 grammes, ont donné pour l'équivalent de 95,68 à 96,08, le premier nombre étant probablement un peu trop faible par une cause signalée par l'auteur.

La seconde méthode employée par l'auteur repose sur la synthèse du molybdate d'argent et la détermination exacte du poids d'argent qui se combine, à l'état d'oxyde, avec un poids déterminé d'acide molybdique. Deux essais ont donné pour l'équivalent du molybdène 96,00 et 95,96.

Il n'est pas inutile de rappeler que Berzélius avait déterminé l'équivalent du molybdène par une troisième méthode différente des précédentes et fondée sur la synthèse du molybdate de plomb, et qu'il avait obtenu le nombre 95,76.

Des résultats aussi voisins les uns des autres, obtenus par des expérimentateurs aussi distingués et par trois méthodes complètement différentes, nous paraissent laisser peu de doute sur l'équivalent de ce métal.

C. M.

A. MITSCHERLICH. MÉTHODE DIRECTE D'ANALYSES QUANTITATIVES POUR L'HYDROGÈNE, L'OXYGÈNE ET LE CARBONE PAR UNE SEULE OPÉRATION. Communiqué à la Société allemande de Chimie de Berlin, le 24 février 1868. (*Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, n° 5.)

Il y a environ un an que le D<sup>r</sup> Mitscherlich fit connaître (*Ann. de Poggendorff*, vol. CXXX, p. 536) une méthode d'estimation directe de l'hydrogène et de l'oxygène d'une combinaison, en la décomposant par le chlore à une haute température; il a maintenant perfectionné son procédé, et au lieu de chlore, emploie le chlorure double de potassium et de platine, qui ne contient point d'eau, se conserve intact à l'air et qui, mélangé avec une substance organique, la décompose à une chaleur rouge en donnant de l'acide carbonique, de l'acide chlorhydrique, du carbone et, suivant la nature du corps, aussi de l'eau, une combinaison de chlore avec un carbure. L'acide chlorhydrique, l'eau et l'acide carbonique sont recueillis et pesés; le carbone et la combinaison de chlore avec le carbure sont brûlés, et l'acide carbonique qui se forme est obtenu par l'augmentation de poids de l'appareil absorbant déjà employé.

Pour l'analyse, on procède de la manière suivante: La substance est pesée, puis placée dans un tube de porcelaine contenant un mélange de pierre ponce et de chlorure double de potassium et de platine, renfermant environ 8 gr. de platine, qu'on avait auparavant fait traverser à la chaleur rouge par un courant d'azote. L'air contenu dans le tube, après l'addition de la substance, est chassé par un courant d'azote aussi pur que possible; on adapte ensuite les appareils d'absorption du côté du tube où ne se trouve pas la substance à analyser, dans l'ordre suivant: D'abord, si le corps en se décomposant peut former de l'eau, un tube renfermant de l'acide phosphorique anhydre en connexion immédiate avec celui de porcelaine, puis trois appareils renfermant le pre-

mier, une solution concentrée de nitrate de plomb, le second une solution concentrée de chlorure d'étain, et le troisième une solution de potasse. On chauffe ensuite, avec les précautions ordinaires, le tube de porcelaine jusqu'au rouge; lorsqu'il ne se montre plus de bulles dans l'appareil renfermant la solution de nitrate d'oxyde de plomb, on fait passer un courant d'azote qui chasse les produits de décomposition, et au bout de peu de temps on laisse refroidir; avant la fin de l'opération, il faut chauffer à 100° le tube renfermant de l'acide phosphorique, pour chasser le peu d'acide chlorhydrique qu'il pourrait contenir. La solution de chlorure d'étain absorbe complètement le chlore qui provient de la décomposition du chlorure double de potassium et de platine. Après avoir pesé l'appareil renfermant la potasse, on le remet en place, et réchauffe le tube de porcelaine en faisant passer un courant d'oxygène qui brûle le carbone qui s'était déposé. Dans quelques cas, il se forme une combinaison de chlore avec un carbure non volatil qui se dépose dans la partie du tube ne contenant pas de chlorure double de potassium et de platine et qui n'est pas chauffée; comme ce corps s'oxyde difficilement par l'oxygène libre, on introduit, vers la fin de l'opération, un tube renfermant de l'oxyde de cuivre dans celui de porcelaine. On chauffe alors la place où le corps s'est déposé, et le courant d'oxygène l'entraîne sur l'oxyde de cuivre, où il est décomposé; en repesant l'appareil renfermant la potasse, on a le poids total de l'acide carbonique.

Par cette décomposition de la substance organique, il s'est formé dans le tube servant à la combustion du chlorure de potassium et du platine, en faisant passer un courant de chlore à la chaleur rouge, il se reforme du chlorure double de potassium et de platine; ainsi le même tube peut servir indéfiniment.

L'azote que peut renfermer la substance à analyser doit s'échapper à l'état libre; comme on le voit par ce qui précède, Mitscherlich s'occupe de la manière la plus pratique de le recueillir.

Ce procédé d'analyse s'applique aux corps solides ou liquides non volatils; pour ceux qui le sont à la température ordinaire, ou pour les gaz, la méthode subit quelques modifications déjà décrites par Mitscherlich (*Annales de Poggen-dorff*, vol. CXXX); seulement, au lieu de chlore qu'il employait alors, il se sert maintenant d'azote.

Par cette méthode on obtient directement et par une seule analyse les principaux éléments d'un corps organique; mais elle demande tellement de soins, les manutentions sont si compliquées et si délicates, qu'elle ne paraît pas être très-pratique; Mitscherlich lui-même avoue n'avoir pas obtenu des résultats d'une régularité satisfaisante, mais il rejette la faute sur des erreurs de pesées. E. A.

### ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

**P. GERVAIS. ZOOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE GÉNÉRALES : NOUVELLES RECHERCHES SUR LES ANIMAUX VERTÉBRÉS DONT ON TROUVE LES OSSEMENTS ENFOUIS DANS LE SOL. In-4°.**

Nous sommes en retard pour annoncer la belle publication de M. Gervais, et nous nous sommes laissés peu à peu arrêter par l'attente de nouvelles livraisons. Aujourd'hui la 6<sup>me</sup> et la 7<sup>me</sup> viennent de paraître, formant à peu près la moitié de la première série, et fournissant des données suffisantes pour apprécier le but et le plan de l'auteur.

Cette publication nous paraît destinée à renfermer des notes ou des mémoires détachés plutôt qu'à constituer un ouvrage suivi. Elle fournira aux paléontologistes une série de documents précieux destinés à compléter et à étendre les anciennes publications de M. Gervais et en particulier son ouvrage classique intitulé *Zoologie et Paléontologie française*.

La première partie aborde une des questions à l'ordre du jour et est intitulée *Recherches sur l'ancienneté de l'homme et la période quaternaire*. Nous ne nous étendrons pas sur ce

travail remarquable, que tous ceux qui s'intéressent à ce sujet ont déjà lu et qui est en partie lui-même un résumé de l'état de nos connaissances, et par conséquent peu susceptible d'être extrait. Dans un premier chapitre, M. Gervais discute la valeur des preuves qui ont servi à reconstituer l'histoire de l'homme. Le second contient des remarques au sujet de la période quaternaire, et le troisième quelques détails sur l'exploration de diverses cavernes renfermant des Anthropolithes.

Dans les deux livraisons suivantes, M. Gervais traite de quelques points de paléontologie zoologique.

Nous y trouvons une dissertation sur les espèces quaternaires du genre Rhinocéros, et en particulier sur un groupe très-difficile et d'une synonymie fort embrouillée différent du *Rhinoceros tichorhinus*, et renfermant soit le *Rh. lunellensis*, soit le *Merkii* Kaup., soit des espèces inédites des brèches osseuses de Pédemar et de la caverne du Pontif.

Les brèches osseuses de l'île de Ratonneau près Marseille ont fourni à M. Jules Itier quelques fossiles intéressants, et entre autres des dents qui indiquent une espèce de porc-épic d'un tiers plus grande que les plus grands individus actuels. M. Gervais les décrit sous le nom de *Hystrix major*.

Le genre *Machairodus* est représenté dans la caverne de la Baume, près Lons-le-Saunier, par quelques dents qui paraissent ne pas différer sensiblement de celles du *Mach. latidens*, Owen.

Un chapitre important est consacré à l'étude monographique des mammifères fossiles de St.-Prest (Eure-et-Loire). On sait que dans ce gisement on a trouvé des os travaillés et des silex et que cependant quelques paléontologistes le rapportent à l'époque pliocène. Cette opinion, qui nous a toujours paru en désaccord avec les faits, est combattue par M. Gervais; il considère cette faune comme quaternaire, tout en reconnaissant qu'elle est plus ancienne que celle de l'*Elephas primigenius*. Parmi les espèces perdues, qui sont figurées

dans l'atlas, nous remarquons un grand cerf (*Megaceros Carnutorum*) et le *Conodontes Boisvilleti*, gros rongeur du groupe des Castors, qui paraît n'être autre chose que le *Trogontherium Cuvieri* et le *Diabroticus Schmerlingi*. La faune renferme en outre de nombreuses espèces déjà connues, telle que l'*Elephas meridionalis*, etc.

Vient après une discussion sur les mammifères quaternaires d'Algérie comparés à ceux d'Europe.

Le sixième chapitre contient une énumération des principales espèces de mammifères propres à la période quaternaire, et de nouvelles indications relatives à plusieurs de celles dont on trouve des restes fossiles en France. C'est un précieux résumé qui évitera aux paléontologistes bien des recherches bibliographiques.

La dernière feuille de la cinquième livraison avait commencé un autre sujet, l'étude de quelques crânes des anciens habitants de l'Europe centrale, avec un coup d'œil sur les éléments ethnographiques de la population française. Ce travail se continue et se termine dans la sixième. La conclusion de l'auteur sur l'époque de l'apparition de l'homme en Europe est qu'aucun document sérieux ne peut la faire supposer antérieure au commencement de la période quaternaire, et que même on ne possède pas des preuves irréfutables que l'homme ait existé dans nos contrées dès le commencement de cette période.

Les 6<sup>me</sup> et 7<sup>me</sup> livraisons renferment le commencement de la deuxième partie. Elles contiennent une étude de mammifères fossiles de l'Amérique méridionale et un bon résumé de ce qui est connu à cet égard.

Il y a longtemps que nous connaissons dans M. Gervais un des guides les plus sûrs pour diriger dans l'étude des mammifères fossiles. C'est donc avec un vrai plaisir que nous saluons l'apparition de ce nouvel ouvrage, et que nous faisons des vœux pour sa continuation.

F.-J. P.

## BOTANIQUE.

Paul BERT. RECHERCHES SUR LES MOUVEMENTS DE LA SENSITIVE.  
(*Mém. de la Soc. des Sciences naturelles*. Bordeaux, 1866,  
à part, chez Baillière, à Paris.)

Il semble qu'on ait épuisé toutes les manières d'expérimenter et toutes les observations possibles sur les mouvements de la Sensitive (*Mimosa pudica*). Cependant, voici un auteur qui a découvert des faits nouveaux, parmi lesquels le suivant est peut-être le plus curieux. « Entrant une nuit à deux heures du matin dans mon cabinet, où se trouvaient quatre vigoureuses Sensitive dont j'avais, au début de la nuit, constaté l'état nocturne habituel, je fus très-surpris de voir leurs pétioles primaires extraordinairement dressés, les pétioles secondaires ne présentant rien de particulier. Une explication toute naturelle se présentait, c'est que les pétioles du premier ordre avaient repris bien avant le jour leur position diurne. Cependant leur redressement exagéré m'ayant mis en défiance, je me convainquis, lorsqu'au matin les folioles s'étalèrent, qu'ils s'étaient notablement abaissés. J'ai depuis vérifié maintes fois ce fait, et je me suis même assuré que souvent, surtout lorsque la Sensitive est un peu fatiguée, ce redressement des pétioles primaires pendant l'état nocturne a lieu d'emblée, sans être précédé de l'abaissement habituel. » L'auteur donne les mesures exactes du redressement nocturne du pétiole dans plusieurs feuilles. Les anesthésiques, tels que l'éther, arrêtent les mouvements qui résultent d'un choc, d'une lésion, etc., mais n'influent pas sur les directions de la feuille pendant la nuit. La cause de ces deux phénomènes est donc différente. L'éther, qui agit sur les mouvements accidentels, a pour effet de créer une immobilité absolue dans la position où se trouve la feuille, ce qui est bien différent de son action sur les animaux. L'ensemble du mémoire de M. Bert est intéressant sous d'autres

points de vue. Ainsi on y trouve des expériences précises sur des phénomènes déjà connus et des rectifications d'erreurs avancées autrefois par Dutrochet.

---

**Paul REINSCH. COMPOSITION DES CENDRES DU GUI DE PIN COMPARÉE A CELLE DES CENDRES DE CET ARBRE. (*Bulletin académique de Moscou, 1865.*)**

On connaissait déjà par un travail de M. Erdmann (*die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen, Göttingen, 1855*) les proportions relatives des diverses substances contenues dans les cendres du pommier et dans celles du gui qu'il porte. Voici, d'après M. Reinsch, un tableau comparatif de la composition des cendres du gui de pin et de celles du pin.

	Gui.	Pin.	Différence.
Potasse.....	22,03	7,66	+14,37
Soude .....	3,86	3,27	+ 0,50
Chaux.....	21,74	40,34	-18,60
Sulfate de magnésie.....	11,72	8,34	+ 3,38
Phosphate de fer .....	6,50	9,60	- 3,90
Oxydule de manganèse ..	0,82	1,12	- 0,30
Acide phosphorique.....	14,08	4,61	+10,47
Acide silicique.....	1,72	1,72	0
Acide sulfurique.....	1,74	0,48	+ 1,26
Chlore.....	0,57	1,99	- 1,42
Acide carbonique.... ..	15,27	20,23	- 4,96

---

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1868.

Le 1<sup>er</sup>, gelée blanche le matin.

2, id.

3, forte rosée le matin.

4, gelée blanche le matin ; minimum + 1°,9.

6, rosée le matin.

8, à plusieurs reprises depuis midi, violents coups de vent du SO, surtout vers 4 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> heures.

10, il a neigé jusqu'au pied des montagnes, quelques flocons dans la plaine.

11, neige vers midi.

12, faible gelée blanche le matin.

13, id.

16, halo solaire de midi à 4 heures.

19, forte rosée ; couronne solaire dans la matinée.

22, forte rosée.

23, couronne solaire à plusieurs reprises dans la journée.

24, tonnerres à l'Ouest de 5 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> à 6 heures du soir ; à 6 heures violente averse qui donne près de 6<sup>mm</sup> dans un quart d'heure ; un second orage accompagné d'éclairs et de tonnerres éclate de 7 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> à 8 heures. Direction Sud à l'Est.

26, couronne solaire à plusieurs reprises dans la journée.

28, halo solaire partiel dans l'après-midi.

30, couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2 à 10 h. matin .....	733,09	Le 1 à 4 h. soir .....	730,04
11 à 8 h. soir .....	722,38	9 à 6 h. matin .....	712,92
15 à 8 h. soir .....	729,70	12 à 2 h. après midi .....	721,02
21 à 8 h. soir .....	732,30	20 à 8 h. matin .....	715,80
25 à 11 h. soir .....	730,15	24 à 5 $\frac{1}{2}$ h. soir .....	722,24
29 à 11 h. matin .....	736,20	26 à 4 h. soir .....	727,92

Jours du mois	Baromètre.			Température C.			Tension de la vap.			Pract. de saturation en millièmes.			Pluies ou neige.			Vent dominant.	Clarté moy. du ciel.	Temp. du Rhône		Lignes à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	millim.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	millim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.			Nob. d. h.	mm.		N.	Maxim.	mm.
1	730,92	+ 6,52	0	6,00	-0,76	0	0	4,21	-0,95	millim.	632	91	340	930	...	...	1	0,00	0	cm.
2	732,41	+ 8,01	0	7,32	+0,42	0,7	+13,3	4,95	-0,26	millim.	665	57	430	850	...	...	1	0,00	6,8	86
3	731,89	+ 7,49	0,8	7,81	+0,78	0,8	+14,2	5,27	+0,01	millim.	685	36	410	920	...	...	1	0,00	7,1	86
4	729,83	+ 5,43	1,9	9,65	+2,48	1,9	+15,9	5,47	+0,16	millim.	629	92	400	910	...	...	1	0,04	7,7	86
5	728,13	+ 3,72	3,0	10,82	+3,26	3,0	+19,0	5,26	-0,09	millim.	587	133	320	870	...	...	1	0,21	8,1	86
6	727,20	+ 2,79	4,4	11,36	+3,38	4,4	+19,1	5,52	-0,12	millim.	567	152	300	850	...	...	1	0,37	9,8	86
7	724,78	+ 0,37	3,9	11,33	+3,76	3,9	+18,5	5,63	+0,18	millim.	590	128	300	840	...	...	1	0,33	10,1	86
8	716,44	+ 7,97	6,3	11,67	+3,96	6,3	+18,6	5,60	+0,10	millim.	592	126	260	780	4,6	2	SO.	0,72	10,3	87
9	714,19	-10,23	4,2	5,96	-1,89	4,2	+10,5	5,78	+0,23	millim.	831	134	640	970	11,2	9	SSO.	0,96	7,3	88
10	719,81	+ 4,51	0,2	2,17	-5,82	0,2	+5,4	3,39	-2,21	millim.	666	50	400	880	...	...	1	0,51	...	88
11	721,80	+ 2,62	0,2	1,60	-6,53	0,2	+6,0	3,51	-2,14	millim.	723	66	430	1000	0,1	1	NNE.	0,62	...	89
12	721,32	+ 2,17	1,0	2,02	-6,25	1,0	+5,5	3,29	-2,40	millim.	648	66	450	910	...	...	variable	0,90	...	92
13	721,95	+ 2,47	1,7	2,56	-5,85	1,7	+7,6	3,47	-2,27	millim.	661	53	460	960	...	...	variable	0,78	...	92
14	724,00	+ 0,43	0,3	3,89	-4,66	0,3	+7,4	4,28	-1,51	millim.	726	13	580	850	4,1	2	NNE.	0,81	6,8	93
15	728,51	+ 3,98	1,8	6,10	-2,59	1,8	+10,0	4,40	-1,44	millim.	645	67	480	770	...	...	3	0,20	7,6	93
16	728,43	+ 3,98	3,1	7,46	-1,36	3,1	+12,5	4,10	-1,80	millim.	568	144	340	780	2,4	4	NNE.	0,61	7,7	93
17	723,03	+ 1,44	4,4	6,85	-2,11	4,4	+10,9	5,52	-0,45	millim.	768	56	520	900	3,6	6	variable	1,00	7,3	97
18	723,76	+ 0,73	4,8	8,34	-0,76	4,8	+15,9	6,19	+0,16	millim.	779	67	540	930	...	...	variable	0,72	7,7	95
19	721,90	+ 2,60	1,3	7,68	-1,56	1,3	+12,5	7,03	+0,93	millim.	873	161	720	980	0,9	1	N	0,90	...	97
20	717,81	+ 6,71	7,1	8,84	-0,54	7,1	+13,5	6,40	+0,24	millim.	778	66	580	890	9,7	14	SSO.	0,96	7,8	100
21	730,79	+ 6,25	5,5	11,38	+1,85	5,5	+17,1	6,47	+0,24	millim.	668	44	440	840	...	...	SSO.	0,38	7,7	104
22	729,72	+ 5,16	3,8	12,98	+3,31	3,8	+21,0	7,26	+0,97	millim.	662	50	400	970	...	...	variable	0,29	8,1	104
23	728,27	+ 3,69	9,0	13,35	+3,54	9,0	+18,1	6,98	+0,62	millim.	648	64	480	840	0,1	1	SSO.	0,80	8,0	104
24	723,68	+ 0,92	8,1	11,07	+1,12	8,1	+16,0	7,67	+1,25	millim.	796	84	610	940	6,2	2	SSO.	0,83	7,8	105
25	728,32	+ 3,70	8,1	11,46	+1,37	8,1	+15,5	5,82	-0,67	millim.	612	100	430	770	...	...	SO.	0,61	7,2	105
26	728,63	+ 3,99	5,3	9,46	-0,78	5,3	+14,0	7,64	+1,09	millim.	870	158	650	1000	4,7	5	NNE.	0,94	...	106
27	729,06	+ 4,41	8,0	10,17	-0,21	8,0	+13,3	8,35	+1,73	millim.	914	202	780	980	13,5	11	N.	1,00	7,1	107
28	733,65	+ 8,98	9,0	10,79	+0,27	9,0	+15,0	5,83	-0,85	millim.	633	79	450	740	...	...	SO.	0,83	7,4	108
29	735,49	+10,80	8,2	12,50	+1,84	8,2	+17,8	8,09	+1,34	millim.	752	40	620	820	...	...	SSO.	0,87	8,0	108
30	734,79	+10,08	11,0	14,90	+4,09	11,0	+21,1	8,38	+1,57	millim.	694	18	400	970	0,8	1	variable	0,41	8,7	108

## MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	726,34	726,42	726,28	723,71	724,96	724,45	724,60	723,09	725,29
2 <sup>e</sup> "	723,08	723,21	723,35	723,18	723,07	723,18	723,52	724,12	724,18
3 <sup>e</sup> "	729,90	730,28	730,57	730,49	730,21	729,95	730,12	730,36	730,65
Mois	726,44	726,64	726,73	726,46	726,08	725,86	726,08	726,52	726,71

### Température.

	<sup>0</sup>	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}
1 <sup>re</sup> décade	+ 3,30	+ 7,20	+ 9,98	+ 11,52	+ 13,52	+ 13,68	+ 11,28	+ 9,40	+ 7,36
2 <sup>e</sup> "	+ 3,05	+ 5,61	+ 7,01	+ 7,85	+ 8,31	+ 8,17	+ 7,30	+ 6,33	+ 5,08
3 <sup>e</sup> "	+ 9,20	+ 11,34	+ 12,74	+ 14,45	+ 15,51	+ 15,07	+ 13,98	+ 12,27	+ 10,80
Mois	+ 5,18	+ 8,05	+ 9,91	+ 11,27	+ 12,45	+ 12,31	+ 10,85	+ 9,33	+ 7,75

### Tension de la vapeur.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	5,04	5,37	5,11	5,17	4,79	4,90	5,30	5,55	5,19
2 <sup>e</sup> "	5,11	4,95	4,75	4,82	4,89	4,58	4,68	4,87	5,18
3 <sup>e</sup> "	6,90	7,24	7,42	7,30	7,13	7,24	7,63	7,39	7,45
Mois	5,68	5,85	5,76	5,76	5,60	5,57	5,87	5,93	5,94

### Fraction de saturation en millèmes.

1 <sup>re</sup> décade	863	703	559	518	421	432	543	639	675
2 <sup>e</sup> "	884	709	606	603	595	551	597	668	775
3 <sup>e</sup> "	808	726	678	594	549	575	652	701	776
Mois	852	713	614	572	522	519	597	669	742

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	<sup>0</sup>	<sup>0</sup>		<sup>0</sup>	mm	cm
1 <sup>re</sup> décade	+ 2,37	+ 14,79	0,33	8,40	12,8	86,5
2 <sup>e</sup> "	+ 4,99	+ 10,18	0,74	7,48	17,8	94,1
3 <sup>e</sup> "	+ 7,60	+ 16,89	0,70	7,78	25,3	105,9
Mois	+ 3,99	+ 13,95	0,59	7,92	55,9	95,5

Dans ce mois, l'air a été calme 2,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,17 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 32°,4 O., et son intensité est égale à 21,7 sur 100.

TABLEAU  
DES  
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES  
FAITES AU SAINT-BERNARD  
pendant  
LE MOIS D'AVRIL 1868.

---

Le 8,	brouillard	jusqu'à 4 h. de l'après-midi.	
9,	id.	tout le jour. La neige tombée a été emportée par le vent.	
10,	id.	id.	
11,	id.	jusqu'à midi et depuis 6 h. du soir.	
12,	id.	jusqu'à 8 h. du matin et depuis 2 h. du soir.	
13,	id.	depuis 10 h. du matin.	
14,	id.	tout le jour.	
15,	id.	jusqu'à 8 h. du matin et depuis 2 h. du soir.	
16,	id.	id.	id. 6 h. du soir.
17,	id.	toute la journée.	
18,	id.	jusqu'à 8 h. du soir.	
19,	id.	depuis 2 h. de l'après-midi.	
20,	id.	tout le jour.	
23,	id.	de 8 h. à midi et à 10 h. du soir.	
24,	id.	tout le jour.	
27,	id.	une partie de la journée.	
28,	id.	toute la journée.	
29,	id.	id.	
30,	id.	à 6 h. du matin et de 6 à 8 h. du soir.	

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 2 h. soir.....	568,93	Le 1 à 6 h. matin.....	565,33
15 à 10 h. soir.....	562,80	9 et le 10 à 6 h. matin. . .	550,94
19 à 2 h. soir.....	560,90	17 à 6 h. matin.....	555,11
22 à 10 h. matin.....	570,94	20 à 10 h. matin.....	556,43
30 à 8 et 10 h. soir.....	571,90	24 à 6 h. soir.....	562,31

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant	Clarté moy. du Clai.	
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
1	566,25	+ 6,02	565,33	567,04	— 1,27	+ 4,49	— 0	5,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,00
2	568,10	+ 7,83	567,30	568,82	— 1,05	+ 4,59	— 3,7	5,4	.....	.....	.....	NE.	1	0,00
3	568,71	+ 8,40	568,33	568,93	— 1,53	+ 4,00	— 4,6	2,0	.....	.....	.....	SO.	1	0,17
4	567,15	+ 6,79	565,92	568,26	— 1,72	+ 3,69	— 5,5	2,2	.....	.....	.....	variable	1	0,16
5	566,00	+ 5,59	565,89	566,39	— 1,53	+ 3,76	— 5,2	3,7	.....	.....	.....	NE.	1	0,34
6	565,27	+ 4,82	564,94	566,07	— 1,83	+ 3,34	— 4,8	1,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,12
7	562,95	+ 2,45	562,15	563,70	— 1,17	+ 3,88	— 4,4	2,3	.....	.....	.....	SO.	1	0,80
8	556,11	+ 2,45	553,42	563,91	— 3,13	+ 1,80	— 4,8	0,2	60	3,1	3	NE.	1	0,92
9	551,65	+ 8,95	550,94	552,21	— 4,36	+ 0,45	— 7,2	2,8	.....	.....	.....	NE.	1	1,00
10	551,38	+ 9,28	550,94	552,33	— 13,60	+ 8,92	— 15,0	10,8	.....	.....	.....	NE.	2	0,94
11	553,12	+ 7,59	551,88	554,13	— 14,24	+ 9,69	— 15,2	11,6	.....	.....	.....	NE.	1	0,94
12	553,59	+ 7,18	553,15	554,35	— 12,33	+ 7,91	— 16,0	7,8	.....	.....	.....	NE.	1	0,80
13	554,61	+ 6,92	554,21	555,32	— 10,58	+ 6,29	— 13,1	6,0	60	4,7	4	NE.	1	0,94
14	557,47	+ 3,42	555,37	559,59	— 9,96	+ 5,80	— 11,8	4,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,88
15	562,00	+ 1,05	560,70	562,80	— 8,39	+ 4,36	— 11,0	5,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,77
16	561,58	+ 0,57	560,33	562,47	— 7,98	+ 4,08	— 11,0	6,0	.....	.....	.....	NE.	1	0,99
17	557,33	+ 3,75	555,11	559,40	— 7,64	+ 3,88	— 8,2	1,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,87
18	559,76	+ 1,39	558,66	560,55	— 5,14	+ 1,51	— 7,8	3,1	.....	.....	.....	SO.	1	0,88
19	560,41	+ 0,81	560,10	560,90	— 1,40	+ 2,10	— 6,8	0,4	.....	.....	.....	variable	1	0,39
20	557,01	+ 4,28	556,13	558,76	— 4,23	+ 0,87	— 8,0	3,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,35
21	567,32	+ 5,96	563,50	569,81	— 1,43	+ 1,79	— 8,0	7,0	.....	.....	.....	SO.	1	0,10
22	570,47	+ 9,03	566,24	570,94	— 4,06	+ 7,14	— 1,0	5,2	.....	.....	.....	SO.	1	0,49
23	567,27	+ 5,76	566,24	568,20	— 1,85	+ 4,79	— 1,4	2,2	50	19,1	4	SO.	1	0,93
24	563,01	+ 1,42	562,31	564,31	— 1,04	+ 1,76	— 1,6	0,2	70	8,0	6	NE.	1	0,14
25	564,56	+ 2,89	562,53	566,00	— 1,55	+ 1,41	— 4,6	2,6	.....	.....	.....	SO.	1	0,60
26	565,95	+ 4,20	565,77	568,32	— 2,19	+ 4,71	— 1,9	5,4	100	13,9	8	SO.	1	0,78
27	565,92	+ 4,09	565,76	568,22	— 1,25	+ 3,63	— 5,0	1,8	40	9,2	6	NE.	1	0,93
28	567,04	+ 5,12	566,54	567,49	— 3,70	+ 1,46	— 5,0	1,8	.....	.....	.....	NE.	2	0,99
29	570,40	+ 8,40	568,65	571,18	— 0,17	+ 1,93	— 4,4	1,8	.....	.....	.....	NE.	2	0,99
30	571,40	+ 9,01	570,40	571,98	— 0,92	+ 2,87	— 2,1	5,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,50

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomètre étant placé dans ces colonnes.

## MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	562,51	562,79	562,64	562,56	562,44	562,15	562,18	562,43	562,38
2 <sup>e</sup> »	556,79	557,35	557,51	557,63	557,75	557,86	558,14	558,51	558,53
3 <sup>e</sup> »	566,62	567,09	567,43	567,46	567,43	567,51	567,52	567,81	567,74
Mois	561,97	562,41	562,53	562,55	562,54	562,51	562,61	562,91	562,88

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	5,51	- 2,52	- 1,18	+ 0,30	- 0,08	- 0,86	- 3,14	- 4,65	- 4,67
2 <sup>e</sup> »	- 9,98	- 7,80	- 6,66	- 5,57	- 5,67	- 6,54	- 8,23	- 8,64	- 8,85
3 <sup>e</sup> »	- 1,73	+ 1,14	+ 1,84	+ 2,34	+ 2,78	+ 2,34	+ 0,52	- 0,42	- 0,91
Mois	- 5,74	- 3,06	- 2,00	- 0,98	- 0,99	- 1,69	- 3,62	- 4,57	- 4,81

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	- 6,04	+ 1,08	0,37	3,1	60
2 <sup>e</sup> »	- 10,59	- 4,67	0,90	18,4	130
3 <sup>e</sup> »	- 2,39	+ 3,59	0,56	50,2	260
Mois	- 6,34	0,00	0,61	71,7	450

Dans ce mois, l'air a été calme 12 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,21 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 58,1 sur 100.

\* Voir la note du tableau.



**SUR L'EXTENSION DU SECOND PRINCIPE**  
DE LA  
**THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR**  
PAR  
**M. ARTHUR ACHARD**  
Ingénieur.

---

Le premier principe de la théorie mécanique est, comme tout le monde le sait, la loi qui exprime l'équivalence du travail mécanique et de la chaleur, et l'existence d'un rapport invariable suivant lequel la transformation de l'un dans l'autre a lieu.

Le second principe exprime les conditions sous lesquelles cette transformation peut avoir lieu.

Dans un précédent article<sup>1</sup>, j'ai essayé d'exposer ce second principe d'après les travaux originaux, en le dégageant autant que possible de toute conception arbitraire et en ne recourant qu'aux hypothèses strictement indispensables. Ce travail serait insuffisant et ne donnerait qu'une idée partielle des notions acquises sur ce point difficile, si je ne le complétais en me plaçant précisément au point de vue que j'avais alors systématiquement écarté. C'est ce que je tâcherai de faire ici. Nous marcherons, il faut le dire, sur un terrain moins solide qu'auparavant ; mais si les notions que nous rencontrerons sont abstraites et semblent difficiles à saisir, elles acquièrent plus de corps et plus de certitude à mesure que la pensée s'y attache avec plus de persévérance.

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, 1865, tome XXII, p. 214.

**2.** Ce qui a été établi dans le cas d'un cycle réversible peut s'exprimer comme suit, en supposant pour plus de clarté qu'il s'agisse du cycle le plus simple, celui que j'ai appelé cycle de Carnot :

Lorsque le corps qui sert d'agent à la chaleur parcourt le cycle dans un sens déterminé, une certaine quantité de chaleur est transformée en travail, et en même temps une certaine quantité de chaleur passe d'une source à la température  $t_1$  à une source à la température plus basse  $t_2$ .

Lorsque ce corps accomplit le même cycle, mais à rebours, une quantité de chaleur égale à celle qui avait été transformée en travail est engendrée par destruction de travail, et la même quantité de chaleur qui avait passé à la source de température  $t_2$  passe de celle-ci à la source de température  $t_1$ .

Or, l'observation des phénomènes naturels nous montre :

1° Que le travail mécanique se transforme de lui-même en chaleur, comme dans le frottement et la percussion.

2° Que la chaleur passe d'elle-même d'un corps à un corps plus froid, mais que jamais on ne la voit passer d'elle-même d'un corps à un autre plus chaud.

Ainsi nous voyons dans le cycle inverse s'accomplir simultanément, et pour ainsi dire solidairement, deux phénomènes que nous pouvons, faute de mieux, appeler, l'un un phénomène *spontané*, l'autre un phénomène *factice*, et cette solidarité même nous conduit très-logiquement à envisager le phénomène spontané comme étant la condition nécessaire du phénomène factice.

Dans le cycle direct, nous voyons s'accomplir solidairement un phénomène spontané et un autre phénomène

qui est la transformation de la chaleur en travail. Nous sommes conduits à envisager ce dernier phénomène comme étant *factice* (quoique en réalité on ne puisse pas dire que l'expérience se soit prononcée à cet égard), et à dire qu'il a pour condition nécessaire le phénomène spontané qui l'accompagne.

**3.** Faisons un pas de plus. Quand un phénomène est la condition d'un autre, on peut dire qu'il en est la compensation. De plus, des deux phénomènes envisagés, l'un porte le nom de transformation, et il est naturel d'attribuer ce même nom à l'autre et de donner au passage de la chaleur entre deux corps de températures différentes le nom de transformation de chaleur d'une certaine température en chaleur d'une autre température.

Faisant usage de cette nouvelle terminologie, nous pourrions dire que dans le cycle, soit direct, soit inverse, il s'accomplit deux transformations d'espèces différentes et que ces deux transformations se compensent.

De la notion de l'équivalence entre deux phénomènes découle logiquement l'idée de chercher pour eux des modes d'évaluation tels, que les grandeurs numériques, ainsi obtenues pour ces phénomènes qui se compensent, se trouvent être identiquement égales. C'est là la notion des valeurs d'équivalence (*Aequivalenzwerthe*) introduite dans la science par M. Clausius.

On peut trouver *à posteriori*, au moyen du cycle de Carnot, quelles sont ces valeurs équivalentes. Désignons<sup>1</sup> par  $\tau_1$  et  $\tau_2$  les températures absolues des deux sources

<sup>1</sup> Je conserve les notations employées dans l'article inséré au tome XXII, page 214, et en particulier je supprime le signe de l'équivalent mécanique, en supposant les quantités de chaleur exprimées en kilogrammètres, ou celles de travail exprimées en calories.

soit réservoirs de chaleur, supérieure et inférieure, au contact desquelles le corps qui sert d'agent aux transformations est successivement placé. Nous savons que dans le cycle direct ce corps emprunte à la source supérieure la quantité de chaleur  $H_1$ , dont une partie  $W$  est transformée en travail, tandis que l'autre  $H_2$  est transportée à la source inférieure. Nous pouvons assigner pour valeur d'équivalence, à la transformation de chaleur en travail, ou de première espèce, l'expression :

$$W \frac{1}{\tau_1}$$

et pour valeur d'équivalence à la transformation qui consiste dans un transport de chaleur, c'est-à-dire à celle de seconde espèce, l'expression :

$$H_2 \left( \frac{1}{\tau_2} - \frac{1}{\tau_1} \right)$$

car, d'une part, dans chacune d'elles, la quantité de chaleur qui est l'objet de la transformation à exprimer intervient simplement comme facteur, ce qui doit évidemment être, et, d'autre part, si l'on pose :

$$W \frac{1}{\tau_1} = H_2 \left( \frac{1}{\tau_2} - \frac{1}{\tau_1} \right)$$

on voit aisément qu'elle est satisfaite, c'est-à-dire rendue identique, par la relation connue :

$$\frac{W}{H_2} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_2}$$

et qu'elle ne peut l'être autrement.

En envisageant le cycle inverse on aurait trouvé le même résultat.

**4.** Quand deux quantités sont égales, si on les affecte

de signes contraires, elles ont zéro pour somme algébrique. Si donc on affecte de signes contraires les valeurs d'équivalence des deux transformations d'espèces différentes qui ont lieu dans le même cycle, nous dirons que la somme algébrique de ces valeurs d'équivalence est nulle. Reste le choix du signe. Or, comme la valeur d'équivalence du passage de la chaleur de  $\tau_1$  à  $\tau_2$  contient comme facteur la quantité  $\frac{1}{\tau_2} - \frac{1}{\tau_1}$ , cette valeur se trouve positive pour  $\tau_1 > \tau_2$  et négative pour  $\tau_1 < \tau_2$ . Nous attacherons donc à la transformation de seconde espèce le signe + quand la chaleur passe de la température la plus élevée à la plus basse, c'est-à-dire quand le phénomène est spontané, et le signe — dans le cas contraire. Nécessairement alors, pour la transformation de première espèce, nous donnerons à  $W$  le signe + quand le travail est transformé en chaleur, et le signe — quand la chaleur est transformée en travail. Ainsi, dans les deux cas, le phénomène spontané sera une *transformation positive*, tandis que le phénomène factice sera une *transformation négative*.

Nous aurons donc, en faisant intervenir les signes, pour les valeurs d'équivalence des transformations qui ont lieu dans les deux cycles de Carnot, direct et inverse :

	Cycle direct.	Cycle inverse.
Transformation de 1 <sup>re</sup> espèce	$- W \frac{1}{\tau_1}$	$+ W \frac{1}{\tau_1}$
Transformation de 2 <sup>me</sup> espèce	$H_2 \left( \frac{1}{\tau_2} - \frac{1}{\tau_1} \right)$	$H_2 \left( \frac{1}{\tau_1} - \frac{1}{\tau_2} \right)$
Somme algébrique	0	0

**5.** Nous pouvons encore simplifier ce résultat, si nous rappelons :

1° Que dans le cycle direct le corps servant d'agent aux transformations acquiert les quantités de chaleur  $H_1$  et  $W$  à la température  $\tau_1$ , et cède la quantité  $H_2$  à la température  $\tau_2$ .

2° Que, au contraire, dans le cycle inverse, le corps acquiert  $H_2$  à la température  $\tau_2$ , et cède  $H_1$  et  $W$  à la température  $\tau_1$ .

Or, ce qui a été établi peut s'écrire ainsi :

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Cycle direct.} & & \text{Cycle inverse.} \\
 - \frac{W}{\tau_1} - \frac{H_1}{\tau_1} + \frac{H_2}{\tau_2} = 0 & & + \frac{W}{\tau_1} + \frac{H_1}{\tau_1} - \frac{H_2}{\tau_2} = 0
 \end{array}$$

Ainsi, en affectant les quantités de chaleur du signe + ou du signe — suivant qu'elles sont acquises ou cédées par l'ensemble des réservoirs de chaleur, on peut exprimer le principe de l'équivalence des transformations dans le cycle de Carnot, en disant que :

*Les quotients obtenus en divisant les quantités de chaleur acquises ou cédées par l'ensemble des réservoirs de chaleur, respectivement par les températures absolues auxquelles elles sont acquises ou cédées, ont une somme algébrique nulle<sup>1</sup>.*

Nous nous sommes attachés, pour plus de simplicité, au cycle de Carnot, mais par analogie ce résultat s'applique à tout cycle réversible quelconque. Mais alors il y a à envisager une infinité de réservoirs de chaleur dont la température absolue  $\tau$  varie par degrés insensibles entre

<sup>1</sup> L'énoncé serait évidemment le même si on faisait pour les signes la convention contraire. Mais celle que nous avons faite a l'avantage de s'harmoniser avec celle qui consiste à attribuer le signe — aux quantités de chaleur transformées en travail, et le signe + à celles nées du travail, puisque les premières sont cédées par les réservoirs de chaleur, et les secondes acquises par ceux-ci.

les extrêmes  $\tau_1$  et  $\tau_2$ , et dont chacun prend ou cède au corps servant d'agent une quantité de chaleur infiniment petite  $dH$ . Le résultat ci-dessus aura donc pour expression analytique :

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0.$$

6. Cet énoncé, auquel on arrive ainsi pour exprimer l'équivalence des transformations, doit être, en raison même de son caractère purement algébrique, susceptible d'être démontré directement et indépendamment de toutes les conceptions plus ou moins arbitraires qui y conduisent. C'est ce qui a lieu effectivement, comme nous allons le montrer.

Le premier principe<sup>4</sup> conduit à l'équation différentielle :

$$\frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} - \frac{d\left(\frac{dH}{dt}\right)}{dv} = \left(\frac{dp}{dt}\right) \dots \dots \dots (1)$$

Il s'agit de la transformer en une équation de la forme :

$$dH = \left(\frac{dH}{dt}\right) dt + \left(\frac{dH}{dv}\right) dv \dots \dots \dots (2)$$

laquelle nous savons d'avance ne pas pouvoir être intégrée sans une relation donnée entre  $v$  et  $t$ , puisque (1) montre précisément que la condition d'intégrabilité immédiate :

$$\frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} = \frac{d\left(\frac{dH}{dt}\right)}{dv}$$

<sup>4</sup> Voyez Clausius, *Abhandlungensammlung*, Abh. I, et Résal, *Annales des Mines*, 5<sup>me</sup> série, tome XX.

n'est pas remplie. Pour cela mettons-la sous la forme :

$$\frac{d\left(\frac{dH}{dt}\right)}{dv} = \frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} - \left(\frac{dp}{dt}\right)$$

et intégrons par rapport à  $v$  :

$$\left(\frac{dH}{dt}\right) = \int \frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} dv - \int \left(\frac{dp}{dt}\right) dv + \varphi(t)$$

$\varphi$  exprimant une fonction arbitraire. Puis remplaçons

$\left(\frac{dH}{dt}\right)$  par cette valeur dans (2) :

$$dH = \left[ \int \frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} dv - \int \left(\frac{dp}{dt}\right) dv + \varphi(t) \right] dt + \left(\frac{dH}{dv}\right) dv \quad (3)$$

Pour éliminer de là  $\left(\frac{dH}{dv}\right)$  nous recourons au second principe <sup>4</sup> qui a pour expression :

$$\frac{\left(\frac{dp}{dt}\right)}{\left(\frac{dH}{dv}\right)} = \mu = \frac{1}{a+t} \dots \dots \dots (4)$$

d'où

$$\left(\frac{dH}{dv}\right) = (a+t) \left(\frac{dp}{dt}\right)$$

et

$$\frac{d\left(\frac{dH}{dv}\right)}{dt} = \left(\frac{dp}{dt}\right) + (a+t) \frac{d^2p}{dt^2}$$

et en substituant dans l'équation (3) on trouve :

<sup>4</sup> Voyez Clausius, loc. cit., et *Archives*, tome XXII, page 214 et suivantes.

$$dH = \left[ (a+t) \int \frac{d^2 p}{dt^2} dv + \varphi(t) \right] dt + (a+t) \left( \frac{dp}{dt} \right) dv$$

ou puisque  $\tau = a+t$

$$dH = \left[ \tau \int \frac{d^2 p}{d\tau^2} dv + \psi(\tau) \right] d\tau + \tau \left( \frac{dp}{d\tau} \right) dv. \dots (5)$$

Cette équation qu'on peut écrire

$$dH = A d\tau + B dv$$

donne la différentielle de la chaleur totale qu'un corps doit céder ou prendre en vertu d'une variation dans un état physique, tel qu'il est déterminé par son volume  $v$  et sa température  $\tau$ . Son second membre n'est, pas plus que celui de (2), la différentielle exacte d'une fonction de  $v$  et de  $\tau$ , car les dérivées  $\frac{dA}{dv}$  et  $\frac{dB}{d\tau}$  diffèrent de la quantité

$\left( \frac{dp}{d\tau} \right)$  ainsi qu'il est facile de le vérifier. Mais on peut toujours trouver un facteur  $z$ , tel que :

$$z A d\tau + z B dv$$

soit une différentielle exacte. En vertu de la propriété de ce facteur, on aura :

$$\frac{d. z A}{dv} = \frac{d. z B}{d\tau}$$

ou

$$\frac{z. dA + A. dz}{dv} = \frac{z. dB + B. dz}{d\tau}$$

d'où

$$z \left( \frac{dB}{d\tau} - \frac{dA}{dv} \right) = A \frac{dz}{dv} - B \frac{dz}{d\tau}$$

Cette équation permet, en se simplifiant, de déterminer le facteur  $z$ , s'il n'est fonction que d'une seule des deux variables. S'il n'est fonction que de  $\tau$ , elle devient :

$$\frac{dz}{z} = \frac{\frac{dA}{dv} - \frac{dB}{d\tau}}{B} d\tau$$

Or, si l'on substitue les valeurs :

$$B = \tau \left( \frac{dp}{d\tau} \right) \quad \frac{dB}{d\tau} = \left( \frac{dp}{d\tau} \right) + \tau \frac{d^2p}{d\tau^2}$$

$$\frac{dA}{dv} = \tau \frac{d^2p}{d\tau^2}$$

on trouve une équation différentielle d'où  $v$  se trouve effectivement éliminé :

$$\frac{dz}{z} = - \frac{d\tau}{\tau}$$

et qui, étant intégrée, donne :

$$z = \frac{1}{\tau}$$

Il est aisé de vérifier que le second membre de (5), multiplié par  $\frac{1}{\tau}$ , savoir :

$$\left[ \int \frac{d^2p}{d\tau^2} dv + \frac{\psi(\tau)}{\tau} \right] d\tau + \left( \frac{dp}{d\tau} \right) dv$$

est la différentielle exacte de la fonction :

$$S = \int \left( \frac{dp}{d\tau} \right) dv + \int \frac{\psi(\tau)}{\tau} d\tau$$

Par conséquent, lorsque le corps partant d'un état initial caractérisé par  $\tau_0, v_0$ , arrive au bout d'une série de modifications à l'état final caractérisé par  $\tau', v'$ , la valeur de  $\int \frac{dH}{\tau}$  est entièrement déterminée par l'état final et l'état initial, car on a :

$$\int \frac{dH}{\tau} = S' - S_0$$

et, par conséquent, si l'état final coïncide avec l'état initial, c'est-à-dire si le corps parcourt un cycle :

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0$$

pourvu, bien entendu, que le cycle soit réversible, car c'est seulement dans l'hypothèse de modifications réversibles que l'équation (4) dont nous nous sommes servis est valable.

C'est ce qu'il s'agissait de démontrer.

7. Le résultat auquel nous venons de parvenir conduit à des conséquences intéressantes que M. Clausius<sup>1</sup> a indiquées le premier, et que nous allons expliquer en nous plaçant à un point de vue différent du sien.

La chaleur a pour tendance d'écarter les molécules des corps, et c'est en vertu même de cet écartement produit par elle qu'elle engendre, en se transformant, le travail extérieur et le travail intérieur. On peut donc, avec M. Clausius, envisager sous le nom de *désagrégation* une certaine grandeur qui dépend de l'état physique du corps en question, c'est-à-dire qui est une fonction des deux variables indépendantes choisies pour caractériser cet état, et en même temps chercher une relation entre cette grandeur et la chaleur transformée en travaux extérieur et intérieur, c'est-à-dire la chaleur latente, puisque c'est précisément parce que la chaleur produit un certain changement dans l'état physique du corps, c'est-à-dire fait varier la désagrégation d'une certaine quantité, qu'une certaine quantité de chaleur est rendue latente. Nous désignerons, d'après cela, par *Z* une cer-

<sup>1</sup> Voyez *Abhandlungensammlung*, Abh. VI : *Erweiterung des zweiten Hauptsatzes auf die innere Arbeit*.

taine fonction de  $v$  et  $\tau$  qui sera la désagrégation, et nous poserons, en appelant  $L$  la chaleur latente :

$$L = \varphi(Z)$$

d'où

$$dL = \varphi'(Z) dZ.$$

La variation de chaleur totale  $dH$ , qui correspond à un changement infinitésimal dans l'état du corps, se décompose en la variation  $dQ$  de la chaleur actuelle ou sensible et la variation  $dL$  de la chaleur latente. Comme il est convenu d'affecter les quantités de chaleur totale du signe  $+$  ou du signe  $-$  suivant qu'elles sont cédées ou acquises par le corps considéré, nous aurons :

$$-dH = dQ + dL$$

ou

$$dH + dQ + dL = 0$$

ou en remplaçant  $dL$  par sa valeur :

$$dH + dQ + \varphi'(z) dZ = 0$$

divisons par  $\varphi'(Z)$  :

$$\frac{dH + dQ}{\varphi'(z)} + dZ = 0$$

et, par conséquent, on aura pour un changement fini :

$$\int \frac{dH + dQ}{\varphi'(Z)} + \int dZ = 0$$

ou en désignant par  $Z_0$  et  $Z'$  les valeurs initiale et finale de la désagrégation :

$$\int \frac{dH + dQ}{\varphi'(Z)} + Z' - Z_0 = 0 \dots \dots (6)$$

Si le corps parcourt un cycle, on a nécessairement :

$$Z' = Z_0.$$

Donc

$$\int \frac{dH + dQ}{\varphi'(Z)} = 0 \dots\dots\dots (7)$$

Mais dans ce même cycle on a, comme nous l'avons vu :

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0.$$

Comme de plus Q est une fonction  $f(\tau)$  de  $\tau$  seul, il est évident que l'intégrale :

$$\int \frac{dQ}{\tau} = \int \frac{f'(\tau)}{\tau} d\tau$$

est nulle lorsque les limites de l'intégration coïncident entre elles,  $\frac{f'(\tau)}{\tau}$  ne pouvant avoir plus d'une valeur pour une même valeur assignée à  $\tau$ . Par conséquent :

$$\int \frac{dH + dQ}{\tau} = 0 \dots\dots\dots (8)$$

La comparaison entre (7) et (8) montre que :

$$\varphi'(Z) = \frac{dL}{dZ} = \tau$$

résultat que l'on peut énoncer ainsi :

*La quantité de chaleur qui peut être<sup>1</sup> détruite en engendrant des travaux intérieur et extérieur (ou qui peut être engendrée en résultant de la transformation de ceux-ci), par suite d'une augmentation (ou d'une diminution)*

<sup>1</sup> C'est pour plus de généralité que nous disons *qui peut être* et non *qui est*. Toutes les fois qu'il n'y a pas d'écart entre la force extérieure et la force expansive du corps sur lequel la chaleur agit, c'est-à-dire toutes les fois que la modification est réversible, la chaleur effectivement détruite ou engendrée l'est conformément à cette loi. Mais quand il y a écart, c'est-à-dire quand la modification est irréversible, la quantité de chaleur qui devient latente par le fait de la dilatation est inférieure à celle qui, aux termes de cette loi, pourrait le devenir.

*donnée de la désagrégation, est proportionnelle à la température absolue du corps par l'intermédiaire duquel ces transformations ont lieu.*

Dans son Mémoire, M. Clausius a admis en principe cette même loi, sans prétendre la démontrer, mais en la présentant comme un *postulatum* possédant un haut degré de vraisemblance, et il arrive, en faisant le raisonnement que nous avons retourné, à cette conclusion : que la chaleur actuelle  $Q$  ne dépend que de la température absolue.

La raison pour laquelle nous avons cru, au contraire, devoir prendre pour point de départ cette dernière proposition, est celle-ci : la température est une qualité des corps qui s'apprécie par ses effets, mais à moins qu'on ne précise l'effet dont la mesure est prise pour mesure de la température, la définition de celle-ci est purement intuitive et sentimentale. Dans les prémisses qui nous ont conduit (§ 6) à la relation

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0$$

notre conception des différentes dérivées prises par rapport à la température laisse complètement en suspens le choix de la mesure en question. C'est seulement à propos de l'équation (4) que nous nous sommes basés sur une définition précise, puisque c'est sur la loi de Gay-Lussac que l'on s'appuie pour donner à la fonction de Carnot la valeur  $\frac{1}{a+t}$  ou  $\frac{1}{\tau}$ . La loi de Gay-Lussac signifie que pour d'égaux accroissements de température les gaz permanents subissent d'égaux accroissements de volume. Mais, d'autre part, rien n'est plus vraisemblable que de supposer que dans un gaz permanent d'égaux accroisse-

ments de volume correspondent à d'égales acquisitions de la force vive moléculaire que nous appelons *chaleur actuelle*. Nous pouvons donc, sans nous mettre en contradiction avec nos prémisses, définir la température en disant que d'égaux accroissements de température correspondent à d'égales acquisitions de chaleur actuelle, et par suite que la chaleur actuelle ne dépend que de la température, ce qui est encore plus général.

8. Le lecteur reconnaîtra l'identité de l'énoncé de la page 101 avec celui que M. Rankine, qui n'admet pas comme évident que la chaleur ne peut d'elle-même passer d'un corps moins chaud à un autre plus chaud, pose d'emblée comme second principe de la thermodynamique <sup>1</sup>. Cet énoncé exprime bien le second principe sous la forme la plus frappante et la plus pratique, en ce qu'il fournit le moyen de déterminer la somme des travaux intérieur et extérieur qui accompagnent une dilatation, et par suite de déterminer le travail intérieur quand le travail extérieur se trouve connu *à priori*. M. Rankine, qui a fait ressortir ce point de vue dans un article du journal *the Engineer* (28 juin 1867), indique pour cela une règle dont nous pouvons aisément trouver l'expression analytique. Supposons qu'en fournissant à un corps de la chaleur on le dilate à pression et température constante de l'élément de volume  $dv$ . Dans l'équation (5) du § 6, le terme qui représente la variation de la chaleur actuelle disparaît, et il reste :

$$dH = \tau \left( \frac{dp}{d\tau} \right) dv$$

quantité qui représente seulement la chaleur latente, c'est-

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, tome XXII, p. 227, et la note au bas de la page.

à-dire la somme des travaux intérieur et extérieur, ou, en d'autres termes, la quantité de chaleur qui *peut* être transformée en travail en vertu de la dilatation  $dv$ . De plus, comme on sait que le travail extérieur est :

$$p \cdot dv$$

on en conclut que le travail intérieur est :

$$\left[ \tau \cdot \left( \frac{dp}{d\tau} \right) - p \right] dv.$$

**9.** Revenons au principe de l'équivalence des transformations. Il serait peu rationnel de supposer que ce principe n'est valable que dans le cas spécial des cycles. Nous sommes obligés d'admettre qu'il a une valeur générale pour toute modification réversible, mais que seulement dans le cas de cycles il revêt une forme particulièrement frappante.

Envisageons un corps qui éprouve une dilatation ou une compression. Que la chaleur qui entre en jeu dans le phénomène soit cédée, ou acquise, par le corps lui-même, ou qu'elle soit cédée, ou acquise, par des sources extérieures, toujours est-il que la transformation de première espèce, c'est-à-dire de chaleur en travail ou *vice-versa*, n'est accompagnée d'aucune transformation de deuxième espèce, c'est-à-dire d'aucun passage de chaleur entre des corps de température différente. Il nous faut alors admettre que le phénomène, pourvu qu'il se passe dans des conditions qui le rendent réversible, est accompagné d'un autre phénomène qui le compense ou dont il soit lui-même la compensation. Il faut donc chercher une transformation de troisième espèce qui, à défaut de celle de la deuxième, accompagne celle de la première. C'est ce rôle que M. Clausius assigne au chan-

gement de désagrégation. Une augmentation de désagrégation compense la transformation de chaleur en travail, tandis qu'une diminution de la désagrégation est compensée par une transformation de travail en chaleur. Par conséquent, l'augmentation de désagrégation, c'est-à-dire le phénomène résultant de la tendance naturelle de la chaleur sera, dans la terminologie introduite par le principe de l'équivalence, une transformation positive, tandis que la diminution de la désagrégation, qui est produite en opposition à cette tendance, sera une transformation négative.

La nouvelle forme du principe de l'équivalence s'exprimera par l'équation (6) mise sous la forme :

$$\int \frac{dH + dQ}{\tau} + \int dZ = 0 \dots\dots\dots (9)$$

**10.** Il nous reste à envisager les modifications irréversibles, et pour cela nous devons recourir à notre distinction des phénomènes spontanés et des phénomènes factices sur laquelle repose en dernière analyse tout l'échafaudage de la théorie de l'équivalence.

La spontanéité des uns naît d'une tendance générale à ce que la chaleur naisse du développement de la puissance mécanique, à ce qu'elle s'égalise dans les corps de la nature, semblable à l'eau qui tend à prendre son niveau, et à ce qu'elle produise dans tous les corps, en luttant contre les forces extérieures, une désagrégation aussi grande que possible. La nature artificielle des autres vient de ce qu'ils ne peuvent avoir lieu qu'en dépit de cette tendance.

Cette distinction nous a conduit à poser en principe que tout phénomène spontané peut s'effectuer sans com-

pensation, mais qu'aucun phénomène factice ne peut s'effectuer s'il n'est compensé par un phénomène spontané s'accomplissant solidairement. Nous avons été en outre amenés par nos déductions à envisager tout phénomène spontané comme une transformation positive, et tout phénomène factice comme une transformation négative. Ainsi nous pourrions dire, dans le langage adopté :

*Les transformations négatives sont nécessairement compensées par des transformations positives, et les transformations non compensées ne peuvent être que positives.*

Toute modification qu'un corps subit est l'ensemble d'un certain nombre de transformations. Si celles-ci sont partie positives, partie négatives et que les valeurs d'équivalence des unes aient une somme égale à celle des valeurs d'équivalence des autres, la modification est réversible, parce que, en cas de réversion, cette égalité, et par suite la compensation dont elle est le symbole algébrique, subsistera. Mais si la somme des valeurs d'équivalence des transformations positives se trouve prépondérante, la modification est irréversible, parce que, en cas de réversion, la prépondérance serait du côté des transformations négatives, ce qui est contraire à l'hypothèse.

*Ainsi toute modification est irréversible, lorsqu'elle renferme des transformations positives non compensées.*

L'hypothèse de laquelle nous sommes partis, et qui n'est au fond qu'une généralisation de certains faits acquis à l'expérience, conduit, entre autres conséquences, à l'idée d'une tendance déterminée dans les phénomènes naturels. Pour faire ressortir ce point de vue, nous ne pouvons mieux faire que de citer la conclusion d'un travail que M. Clausius a lu dans une réunion scientifique à Francfort (septembre, 1867).

« On entend fréquemment dire que dans le monde  
 « tout est périodique. Tandis que dans un endroit et dans  
 « un temps donné des changements ont lieu dans un cer-  
 « tain sens, des changements dans le sens opposé s'o-  
 « pèrent dans un autre lieu et un autre temps, en sorte  
 « que les mêmes états se reproduisent toujours et que le  
 « monde, envisagé dans son ensemble, reste en définitive  
 « toujours le même. Le monde pourrait ainsi persister  
 « éternellement dans le même état.

« Lorsque le premier principe de la théorie mécanique  
 « de la chaleur fut établi, on pouvait y voir une justifi-  
 « cation de cette manière de voir. Jusqu'ici, lorsqu'il était  
 « question de ce principe, nous ne parlions que de cha-  
 « leur et de travail. Mais là il faut remarquer que dans  
 « le mot *chaleur* la lumière peut être considérée comme  
 « comprise, et que le mot *travail* est encore bien plus  
 « compréhensif. L'action chimique, les effets des forces  
 « électriques et magnétiques, la naissance et la dispari-  
 « tion des mouvements, que ce soient des mouvements  
 « translatifs, rotatifs ou oscillatoires de masses pondé-  
 « rables, ou que ce soient des mouvements électriques,  
 « peuvent, en tant qu'ils entrent ici en considération, être  
 « envisagés comme du travail. Nous avons donc affaire à  
 « un principe applicable à tous les phénomènes naturels.

« Helmholtz, qui reconnut de suite la signification géné-  
 « rale du principe et qui, dans son bel écrit relatif à cet  
 « objet, le démontra d'une manière claire et convaincante  
 « en l'appliquant aux différents domaines de la physique,  
 « donna au principe pris dans sa plus large extension le  
 « nom de *principe de la conservation de la force*, auquel  
 « on pourrait peut-être substituer le nom plus approprié  
 « de *principe de la conservation de l'énergie*.

« Dans le but d'exprimer une loi générale de l'univers, on peut le mettre sous la forme suivante :

*« Une forme de l'énergie peut, il est vrai, se transformer dans une autre, mais rien ne se perd dans la quantité de l'énergie, et la quantité totale de l'énergie qui se trouve dans le monde est aussi constante que la quantité totale de matière qui s'y trouve. »*

« Quoique la vérité de cette proposition soit indubitable, et que, dans le fait, elle exprime à un point de vue déterminé et très-important l'invariabilité de l'univers, ce serait aller trop loin que d'y chercher une justification de cette manière de voir, d'après laquelle l'état de l'univers, dans son ensemble, est invariable, et ne se compose que de périodes se succédant à l'infini. C'est cette manière de voir que le second principe de la théorie mécanique de la chaleur contredit de la manière la plus précise.

« Comme on l'a dit, toutes les modifications variables à l'infini qui s'opèrent dans le monde sont soumises à cette commune règle, que les transformations en sens opposé n'ont pas besoin de se présenter en quantités équivalentes, mais que la différence ne peut exister que dans un sens déterminé et de manière à ce que les transformations positives aient la prépondérance sur les négatives. D'où il suit que l'état du monde doit se changer peu à peu et de plus en plus dans un certain sens.

« Le travail que les forces naturelles peuvent accomplir et qui est en réserve dans les mouvements des corps se transformera progressivement en chaleur. La chaleur, en vertu de sa tendance à passer constamment de corps plus chauds à des corps plus froids, et par là à niveler les

« différences de température, se répartira d'une manière  
 « de plus en plus uniforme; et il s'établira aussi un cer-  
 « tain équilibre entre la chaleur qui rayonne dans l'éther  
 « et la chaleur contenue dans les corps. Enfin, au point  
 « de vue de leur structure moléculaire, les corps s'ap-  
 « procheront d'un certain état où, eu égard à la tempé-  
 « rature régnante, leur désagrégation sera la plus  
 « grande possible.

« J'ai cherché à exprimer cet ensemble de phénomènes  
 « par une proposition simple caractérisant avec précision  
 « l'état vers lequel le monde tend. J'ai établi l'existence  
 « d'une grandeur qui représente, relativement aux trans-  
 « formations, une chose correspondante à ce que l'énergie  
 « représente relativement à la chaleur et au travail, à  
 « savoir la somme de toutes les transformations qui ont  
 « dû avoir lieu pour amener un corps, ou un ensemble  
 « de corps dans son état actuel. J'ai donné à cette gran-  
 « deur le nom d'*entropie*. Dans tous les cas où les trans-  
 « formations positives l'emportent sur les négatives, il y  
 « a un accroissement d'entropie. Nous devons donc con-  
 « clure que, à la suite de tous les phénomènes de la  
 « nature, la valeur totale de l'entropie ne peut qu'aug-  
 « menter, mais jamais diminuer. Nous pouvons exprimer  
 « cette transformation universelle et progressive par cette  
 « proposition :

« *L'entropie du monde tend vers un maximum.*

« A mesure que le monde se rapproche de cet état  
 « limite, où l'entropie est un maximum, les causes de  
 « changements ultérieurs vont en diminuant d'intensité,  
 « et si cet état de choses était finalement atteint, aucun  
 « changement ne pourrait plus avoir lieu, et le monde se  
 « trouverait dans un état définitif de mort et d'immobi-  
 « lité.

« Quand même l'état actuel du monde est encore très-  
 « loin de cet état limite, et s'en approche avec une telle  
 « lenteur que les durées que nous nommons temps his-  
 « toriques sont excessivement courtes en comparaison  
 « des durées immenses que réclament des changements  
 « relativement peu considérables, c'est cependant un ré-  
 « sultat important que d'avoir trouvé une loi de la nature  
 « permettant de conclure avec certitude que dans le monde  
 « tout n'est pas rotation périodique, mais que son état se  
 « modifie peu à peu dans un certain sens et tend ainsi  
 « vers un état limite. »

Pour se rendre compte de la signification de la citation qui précède, il faut savoir que M. Clausius désigne par *énergie* d'un corps, la somme de la chaleur actuelle de ce corps et de la chaleur qui, suivant les modifications qu'il éprouve, se transforme en travail intérieur ou résulte de la destruction de ce travail, et par *entropie* d'un corps la fonction  $S = \int \frac{dH}{\tau}$ . Imaginons des cycles, où, non plus un corps unique, mais un nombre quelconque de corps, soient intéressés comme agents des transformations relatives à la chaleur. Dans tous les cas l'énergie de cet ensemble de corps se retrouve, le cycle accompli, ce qu'elle était au début, quels que soient les échanges de chaleur qui auront pu, pendant le cycle, s'opérer entre les corps individuels composant l'ensemble qu'on envisage. Mais à l'égard de l'entropie, il y a une distinction à faire : ou bien le cycle est réversible, ce qui est un cas purement idéal, alors on a, comme il a été démontré :

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0$$

ou bien le cycle est irréversible, c'est-à-dire se compose

de transformations dans lesquelles celles que nous avons appelées spontanées ou positives l'emportent sur les autres. Alors, en vertu de la concordance existant entre les signes attribués aux valeurs d'équivalence des transformations et les signes attribués aux quantités de chaleur qui se déplacent, on a :

$$\int \frac{dH}{\tau} = \text{quantité positive,}$$

en sorte que l'entropie de l'ensemble d'un nombre quelconque de corps, et par conséquent l'entropie de l'univers entier, ne peut aller qu'en augmentant et augmente nécessairement.

Mars 1868.

# DE LA MYOPIE

AU POINT DE VUE

DE LA PHYSIOLOGIE ACTUELLE <sup>1</sup>

---

Pour qu'un objet soit vu d'une manière nette, les deux conditions suivantes doivent être remplies: 1° les rayons lumineux partant de chaque point de l'objet considéré et passant par la pupille, doivent se réunir en un point de la tache jaune de telle manière qu'une image renversée de l'objet, nette et bien délimitée, vienne se former dans la couche d'éléments percepteurs de la rétine; 2° la modification qui résulte de cette première condition doit être transplantée par les fibres du nerf optique jusqu'au cerveau et provoquer une projection de l'image à l'extérieur. Les anomalies de la vision doivent donc provenir de ce que l'une ou l'autre de ces deux conditions, ou bien toutes les deux, ne sont pas entièrement remplies. M. Donders répartit en conséquence les anomalies de fonction de la vision monoculaire dans les trois classes suivantes: 1° modifications des milieux optiques par suite desquelles la marche des rayons lumineux est troublée et la formation d'une image nette sur la rétine n'est plus possible; 2° anomalies de réfraction et d'accommodation, résultant d'un défaut dans le rapport

<sup>1</sup> Cet aperçu est emprunté essentiellement aux deux ouvrages suivants: *Myopie en hare behandling*, door T. C. Donders. Tiel, 1866, et *Om Myopi*, af Michaël Kolmodin Löwegren (Lunds Universitets årsskrift, 1866). Lund, 1866-67.

de la position de la rétine à celle du foyer principal de l'appareil dioptrique, ou bien de l'impossibilité pour l'œil d'augmenter ou de diminuer le degré de réfringence de cet appareil, de telle sorte que l'image de l'objet considéré se forme en avant ou en arrière de la rétine; 3° l'amblyopie ou amaurose, résultant d'une modification pathologique du système nerveux, soit de la rétine, soit du nerf optique ou de l'encéphale.

Le pouvoir réfringent de l'œil peut être décomposé en deux éléments : d'abord la *réfraction proprement dite* (réfraction passive ou statique), consistant en ce que l'œil, indépendamment de toute action de la volonté et uniquement par suite de sa structure anatomique et des propriétés physiques des milieux dioptriques, réfracte les rayons incidents sur un point déterminé. Cette réfraction se manifeste dans toute sa pureté seulement lorsque l'œil est à l'état de repos complet, et, dans ce cas, l'œil est ajusté pour le point le plus éloigné qu'il puisse voir distinctement, point auquel les physiologistes donnent le nom de *punctum remotissimum*. Le second élément est le *pouvoir d'accommodation* ou d'ajustement (réfraction active, dynamique), consistant en ce que l'œil peut volontairement s'ajuster pour un objet placé en deçà du point *remotissimum*.

Lorsque l'œil est ajusté pour le point le plus rapproché possible de vision distincte, il a employé le maximum de sa puissance d'accommodation, dont l'activité embrasse par conséquent toute la distance qui sépare le point *remotissimum* du point *proximum*.

Il est donc nécessaire que, pendant le phénomène de l'accommodation, il s'opère dans l'œil une modification par suite de laquelle la réfraction soit augmentée. Les

physiologistes savent aujourd'hui avec certitude, surtout depuis les recherches de Cramer et de Helmholtz, que cette modification consiste en un changement de forme du cristallin dont le diamètre antéro-postérieur s'allonge notablement, la surface antérieure se rapprochant de la cornée, tandis que la surface postérieure ne s'écarte pas de sa place première d'une manière appréciable. La distinction des deux éléments précités dans le pouvoir réfringent de l'œil est d'une haute importance. Il est clair, en effet, que dans les cas où la réfraction proprement dite est parfaitement normale, le pouvoir d'accommodation peut être néanmoins très-imparfait, tandis qu'inversement un œil à réfraction anormale peut jouir d'un pouvoir d'accommodation parfaitement normal.

L'œil qui voit distinctement un objet éloigné sans employer aucune partie de son pouvoir d'accommodation, et qui est ajusté par conséquent à l'état de repos pour des rayons parallèles, est désigné par M. Donders et tous les physiologistes actuels sous le nom d'œil *emmetrope* ( $\omega\psi$   $\epsilon\mu\mu\epsilon\tau\rho\varsigma$ , *oculus modum tenens*).

Un tel œil a donc son point remotissimum à une distance infinie, et la rétine se trouve au foyer principal de l'appareil dioptrique. Tout œil dont la réfraction diffère de cet état normal est appelé *ametrope*. Les déviations possibles sont de trois espèces :

1° L'appareil dioptrique peut présenter un pouvoir réfringent exagéré par rapport à la longueur de l'axe antéro-postérieur de l'œil, de telle sorte que le foyer principal se trouve placé en avant de la rétine. Un œil ainsi conformé ne peut pas réunir sur sa rétine des rayons parallèles en une image nette. En effet, ces rayons se réunissent déjà en avant du plan rétinien et, se croisant,

ils divergent pour venir former sur la rétine un cercle de dispersion. Pour pouvoir former une image nette sur la rétine, les rayons, avant d'atteindre l'œil, devraient être divergents dans une certaine mesure et l'objet se trouver en deçà d'une distance infinie. L'œil à l'état de repos est ajusté pour la lumière divergente. Le point remotissimum est à une distance finie déterminable. Aucun objet placé au delà de ce point remotissimum ne peut donner lieu à une image distincte. Cette déviation de la réfraction normale a été désignée depuis longtemps sous le nom de *myopie*.

2° L'appareil dioptrique peut présenter un pouvoir réfringent trop faible par rapport à la longueur de l'axe de l'œil, de telle sorte que son foyer principal tombe en arrière de la rétine. Les rayons parallèles après avoir été réfractés atteignent par conséquent la rétine en formant des cercles de dispersion, puisqu'ils la rencontrent avant d'être arrivés au foyer principal. Pour que des rayons puissent se couper sur la rétine même, il faut qu'ils viennent frapper l'œil avec un certain degré de convergence ; or, comme tous les rayons lumineux qui partent d'un objet sont plus ou moins divergents, il en résulte qu'un tel œil, pouvoir d'accommodation mis à part, ne peut voir distinctement aucun objet. L'œil est ajusté pour la lumière convergente, le point remotissimum est situé pour ainsi dire *au delà* de l'infini. Cette anomalie de réfraction, aussi fréquente et aussi importante dans ses conséquences que la première, n'a bien été comprise que depuis les travaux de M. Donders qui la désigne sous le nom d'*hypermétropie*.

3° La formation d'une image rétinienne distincte et bien délimitée, peut être empêchée par une inégalité de

distance focale dans les différents méridiens de l'appareil dioptrique, de telle sorte qu'un point lumineux considéré ne puisse pas être représenté par un *point* sur la rétine. Cette anomalie de réfraction, qui a sa source essentielle dans une inégalité du rayon de courbure des différents méridiens de la rétine, porte aujourd'hui le nom d'*astigmatisme*.

De ces trois formes d'anomalies de réfraction, nous nous proposons de choisir la première pour une étude plus circonstanciée.

On appelle myope, ainsi que nous venons de le voir, tout œil dans lequel le foyer principal de l'appareil dioptrique est placé en avant de la rétine lorsque l'œil est à l'état de repos. Dans ce cas, les rayons parallèles provenant de chaque point d'un objet placé à une distance infinie, se coupent, après avoir été réfractés, en un point placé en avant de la rétine, point à partir duquel ils divergent pour former sur cette membrane un cercle de dispersion. Une image rétinienne résulte bien de l'ensemble de ces cercles de dispersion qui se recouvrent en partie les uns les autres, mais cette image n'est point distincte, ni nettement délimitée. Par suite de son pouvoir accommodateur, l'œil peut bien augmenter, mais jamais diminuer, comme cela serait nécessaire dans ce cas, son degré de réfringence. Il est donc impossible à un œil myope de s'ajuster pour des rayons parallèles. A l'état de repos, cet œil est ajusté pour une distance exactement déterminable, c'est-à-dire pour des rayons d'un certain degré de divergence. Au point de vue optique, on peut donc considérer un œil myope comme un œil emmétrope devant lequel serait placée une lentille convexe d'une courbure déterminée, à savoir une len-

tille dont la distance focale principale =  $R$  (distance entre le point remotissimum  $r$  et le point nodal antérieur de l'œil, qu'on peut d'ailleurs confondre pratiquement avec le centre optique). Un œil myope, dans lequel  $R=12$  pouces, peut donc être considéré comme un œil emmétrépe + une lentille positive de  $\frac{1}{12}$ <sup>1</sup>. Un œil emmétrépe armé d'une lentille convexe peut donc être considéré, au point de vue optique, comme un œil myope. Or, si l'on peut considérer la réfraction d'un œil myope comme semblable à celle d'un œil emmétrépe auquel on a ajouté une lentille convexe d'une certaine valeur, il en résulte forcément que, si l'on veut ramener cet œil à l'emmétropie, il n'y a qu'à annuler cette augmentation de réfraction, c'est-à-dire à neutraliser la lentille convexe par une lentille concave de même force. Un myope, dont le point remotissimum est à 12 pouces, par exemple, de l'œil, pourra voir nettement des objets éloignés avec une lentille —  $\frac{1}{12}$ . Les rayons parallèles, partant de l'objet éloigné, deviennent en effet, après avoir été réfractés par la lentille concave, divergents, comme s'ils partaient du foyer de la lentille négative. Or ce foyer, si l'on fait abstraction de la distance qui sépare la lentille de l'œil, est placé à 12 pouces en avant de l'œil, c'est-à-dire exactement à la distance pour laquelle l'œil que nous considérons est ajusté à l'état de repos. Les

<sup>1</sup> Dans la méthode de notation généralement adoptée pour les lentilles sphériques, les fractions  $\frac{1}{12}$ ,  $\frac{1}{10}$ , etc. désignent des lentilles positives avec une distance focale de douze pouces, dix pouces, etc. ; les fractions  $\frac{1}{12}$  —  $\frac{1}{10}$ , etc., désignent au contraire des lentilles négatives (c'est-à-dire des lentilles dont le foyer principal est placé du même côté de la lentille que l'objet) dont la distance focale principale est à douze ponce, dix ponce, etc.

oculistes ont par suite, d'après l'exemple de M. Donders, pris l'habitude de désigner le degré de myopie par une lentille dont la distance focale =  $R$ , c'est-à-dire la distance du point remotissimum à l'œil, exprimée en pouces de Roi. Une myopie de  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{12}$ ,  $\frac{1}{20}$ , etc., signifie, par conséquent, un degré de myopie avec point remotissimum placé à 6, 12 ou 20 pouces de l'œil. Grâce à ce mode de désignation, on indique à la fois le degré de la myopie et la forme de la lentille négative nécessaire pour la neutraliser. D'ailleurs, il ne faut pas oublier, comme nous l'exposerons en détail plus bas, que l'immense majorité des cas de myopie repose en *réalité* non point sur une augmentation de la force de l'appareil dioptrique, mais sur une modification de forme du bulbe oculaire.

D'après la définition que nous avons donnée de la myopie, il est clair que tout œil qui se trouve accommodé à l'état de repos pour un point situé en deçà d'une distance infinie, devrait être strictement considéré comme myope. Toutefois, dans la pratique, on considère les rayons partant d'un objet situé à 20 pieds de l'œil, comme parallèles entre eux, et l'œil qui est ajusté à l'état de repos pour cette distance comme emmétrope. En effet, comme pour tous les autres systèmes dioptriques à court foyer, la distance de l'image au centre optique de l'appareil n'augmente que d'une quantité insignifiante relativement au déplacement de l'objet en avant, aussi longtemps qu'il s'agit d'un éloignement considérable.

Pour déterminer l'amétropie d'un œil et, dans certains cas, même son degré, on emploie aujourd'hui généralement les caractères de Snellen. D'ordinaire, une lettre ne peut être distinguée nettement qu'à condition d'être vue sous un angle de 5 minutes. M. Snellen, par-

tant de cette base, a construit une échelle de caractères dont la taille va en grandissant depuis le numéro I jusqu'au n° CC, chaque numéro exprimant en pieds la distance à laquelle les caractères doivent être placés pour être vus sous cet angle de 5 minutes. Un œil emmétrope, doué d'une vision normale, verra par conséquent distinctement le n° I à un pied, le n° X à dix pieds, le n° C à cent pieds, etc.

Le degré de la myopie peut être déterminé à l'aide de deux méthodes, à savoir par l'emploi de lentilles et par celui de l'ophthalmoscope. Considérons d'abord la première.

Les lentilles sphériques négatives ont, comme l'on sait, la propriété de réfracter les rayons parallèles de manière à les rendre divergents exactement comme s'ils provenaient du foyer principal de la lentille. Cela posé, imaginons qu'un œil myope dont l'accommodation est à l'état de repos complet, soit armé d'une lentille négative dont la distance focale soit égale à la distance qui sépare de l'œil le point remotissimum. Il est clair que dans ces conditions l'œil ne verra pas directement un objet éloigné, mais seulement une image de cet objet, placée au point remotissimum pour lequel l'œil est naturellement ajusté. En effet, les rayons parallèles frappent l'œil après avoir été réfractés par la lentille concave qui les a rendus divergents comme s'ils provenaient de ce point remotissimum, et les rayons sont désormais dans des conditions qui leur permettent de venir se réunir sur la rétine. Il résulte de ce qui précède la règle suivante : *La distance focale de la plus faible lentille concave, à l'aide de laquelle la vision des objets éloignés devient aussi nette que possible, augmentée de la distance de la lentille au centre optique*

de l'œil, est égale à la distance de l'œil à son point remotissimum, c'est-à-dire au degré de myopie. Le degré de myopie étant mesuré par la distance du point remotissimum au centre optique de l'œil, il est clair qu'il faut toujours ajouter à la distance focale de la lentille la distance de cette lentille au centre optique. Cette valeur peut être évaluée à  $\frac{1}{2}$  pouce ( $\frac{1}{4}$  de pouce pour la distance de la lentille à la cornée et  $\frac{1}{4}$  pour la distance de la cornée au centre optique). Trouvons-nous donc, par exemple, dans un cas donné, qu'une lentille —  $\frac{1}{6}$  neutralise complètement la myopie, nous en concluons que le point remotissimum est placé à 6 pouces en avant de la lentille et à  $6\frac{1}{2}$  pouces en avant du centre optique. Le degré de myopie sera donc exprimé dans ce cas par  $\frac{1}{6\frac{1}{2}}$ . Il est à noter d'ailleurs que, dans la pratique, la lentille qui corrige une myopie donnée, ne rendra jamais la vision aussi parfaite que celle d'un œil emmétrope. A l'aide de la lentille qui corrige exactement sa myopie, un myope ne pourra, par exemple, pas lire à une distance de vingt pieds le n° XX des caractères de Snellen, mais seulement le n° XXX ou XL. Nous verrons en effet que, dans les forts degrés de myopie tout au moins, le pouvoir visuel est dans la règle quelque peu diminué, sans compter que l'emploi d'une lentille négative diminue la grandeur des images rétinienne.

La seconde méthode pour la détermination du degré de myopie exige l'emploi de l'ophtalmoscope. L'avantage essentiel de ce procédé consiste en ce que l'observateur peut asseoir son jugement sur des faits purement objectifs, indépendamment de l'âge, de l'instruction, de la faculté visuelle et de la volonté bonne ou mauvaise du sujet.

Son principal inconvénient est d'exiger une connaissance approfondie de l'ophthalmoscope et une grande habitude de l'emploi de cet instrument. Il est d'ailleurs des cas où cette méthode peut seule être employée : ainsi pour les enfants en bas âge, dans les cas de cécité, d'amblyopie considérable, de simulation et de dissimulation. L'observateur peut utiliser à son gré l'image droite ou l'image renversée. Mais dans la plupart des cas il convient plutôt de s'adresser à la première. L'œil myope ne pouvant réunir sur sa rétine que des rayons qui frappent la cornée en état de divergence, il est clair que les rayons partant d'un point lumineux de la rétine sortent de l'œil en état de convergence. L'observateur est-il emmétrope (état qui peut d'ailleurs être réalisé dans tous les cas par une lentille de correction), il ne peut réunir ces rayons sur sa propre rétine, puisqu'ils se croisent avant de l'atteindre. Le fond de l'œil du patient ne peut donc être vu que d'une manière indistincte, à moins du secours d'une lentille concave. Il découle de ce fait la règle suivante : *La distance focale de la lentille concave la plus faible, à l'aide de laquelle un œil accommodé pour des rayons parallèles, obtient une vision distincte du fond de l'œil observé, augmentée de la distance de la lentille à l'œil du patient, cette distance, disons-nous, donne le degré approximatif de la myopie.* Ainsi, par exemple, la lentille la plus faible qui permette d'obtenir à une distance de 2 pouces une image nette du fond de l'œil (image droite) a-t-elle une valeur de  $-\frac{1}{6}$ , la myopie sera approximativement de  $\frac{1}{8}$ . En effet, dans le cas d'une myopie de  $\frac{1}{8}$  les rayons sortant de l'œil, convergent vers un point situé à 8 pouces en avant de lui. Si nous tenons une lentille

de —  $\frac{1}{6}$  à 2 pouces de l'œil, les rayons qui convergent vers le foyer principal de la lentille (6 pouces) sont réfractés de manière à devenir parallèles et à pouvoir, par conséquent, être réunis sur la rétine de l'œil emmétrope de l'observateur. Dans les cas de très-forte myopie, il devient nécessaire de s'approcher de l'œil observé à un degré tel que l'observation n'est plus guère praticable. Il faut avoir alors recours à l'examen de l'image renversée. De même, en effet, qu'il se forme au fond de l'œil une image renversée d'un objet placé au point remotissimum, de même aussi il se forme au point remotissimum une image renversée du fond de l'œil, lorsque celui-ci est suffisamment éclairé. L'observateur peut donc voir en ce point une petite image réelle du fond de l'œil sans le secours d'aucune lentille.

La myopie reposant sur un défaut dans le rapport entre la force de l'appareil dioptrique et la position de la rétine, il est évident que ce défaut peut résulter ou bien d'une augmentation absolue du pouvoir réfringent, entraînant une distance focale principale plus courte que dans la norme ; ou bien d'un allongement du bulbe. De ces deux possibilités la seconde est dans tous les cas beaucoup plus fréquemment réalisée que la première. Pendant longtemps on avait cru que la convexité plus grande de la cornée est la cause principale de la myopie. Des mesures exactes du rayon de courbure de la cornée, dues surtout à M. Donders, enseignent que cette opinion n'était point fondée. Il résulte, en effet, de ces mesures que, chez les myopes, la cornée non-seulement n'est pas plus convexe que chez les emmétropes, mais encore qu'elle l'est généralement moins. En fait, le rayon de courbure de la cornée est soumis à d'assez grandes variations,

soit chez les yeux emmétropes, soit chez les yeux amétropes. Toutefois, dans la règle, la cornée est plus aplatie dans les yeux fortement myopes que dans les yeux emmétropes. Ce fait ne doit point surprendre: nous allons voir, en effet, que les hauts degrés de myopie sont toujours accompagnés par une dilatation du bulbe dans tous les sens, ce qui entraîne nécessairement une plus grande longueur du rayon de courbure de la cornée.

La cornée ne joue donc pas dans la règle de rôle important dans les causes anatomiques de la myopie. Cependant il est impossible de nier que dans certains cas de myopie, surtout de myopie légère, la cause de l'anomalie ne puisse résider dans une plus grande convexité de la cornée. Dans les cas d'astigmatisme myopique, on constate l'existence d'un degré de myopie très-appreciable, résidant dans une augmentation de convexité d'un méridien de la cornée, combinée avec l'emmétropie, c'est-à-dire avec une courbure normale d'un autre méridien. Il est clair que l'augmentation de convexité pourrait avoir lieu dans les deux méridiens à la fois, et nous aurions alors à faire à une véritable myopie due uniquement à la forme de la cornée. C'est d'ailleurs ce qu'on voit dans quelques cas de maladie, comme dans certaines formes de pannus et dans le cataracta. Il est vrai qu'il s'agit là, moins d'une myopie pure, que d'un astigmatisme irrégulier.

Relativement au rôle du cristallin comme cause de la myopie, les auteurs ne sont pas parfaitement d'accord. MM. Ed. von Jäger, Stellwag von Carion et d'autres admettent que certains degrés de myopie acquise sont causés par une augmentation de la convexité du cristallin, résultant d'efforts soutenus d'accommodation pendant le jeune âge. L'exercice continu de l'accommodation,

selon ces auteurs, maintiendrait presque continuellement le cristallin dans un état de convexité forcée. M. Donders, au contraire, ne concède au changement de forme du cristallin par suite d'efforts d'accommodation, aucune influence dans la production de la myopie, et son opinion semble singulièrement soutenue par les faits. Il est incontestable que, par une accommodation soutenue, le muscle ciliaire peut entrer dans un état de tonicité exagérée, mais cet état n'est que passager et disparaît en particulier toujours lorsqu'on paralyse le muscle par l'atropine. La manière de voir de MM. Jäger et Stellwag rend difficilement compte de ce qui se passe dans les cas d'hypermétropie. Chez les jeunes hypermétropes, par suite de la nécessité de toujours accommoder même pour les rayons parallèles, il arrive que le muscle de l'accommodation entre dans un état de tonicité augmentée, et qu'une partie de l'hypermétropie devient en quelque sorte *latente*. Toutefois, même dans ce cas, le cristallin ne change pas réellement sa forme, et, après de longues années, il revient encore à sa forme primitive dès que le muscle ciliaire est paralysé par l'atropine ou que le patient porte des lunettes neutralisant son hypermétropie. Stellwag von Carion oppose les cas de myopie qu'il croit résulter d'un changement de forme du cristallin, sous le nom de *myopie acquise* ou *plésiopie*, aux cas de myopie causés par un allongement de l'axe optique, cas qu'il désigne sous le nom de *myopie congénitale*. Il est incontestable qu'il y a des cas de myopie congénitaux et d'autres acquis, mais que ces derniers proviennent d'un changement de forme du cristallin, c'est ce qui demanderait encore à être prouvé. M. Stellwag admet lui-même qu'il existe vraisemblablement dans tous les cas de plésiopie

une diminution de la latitude d'accommodation; par cela même il prouve qu'il entend par myopie une simple anomalie de l'accommodation. Dans la véritable myopie au contraire, comme nous le verrons plus loin, la latitude d'accommodation n'est pas modifiée. M. Jäger, tout en exagérant peut-être l'importance et la fréquence de la plésiopie, a du moins bien compris qu'il ne s'agissait là que d'une pure anomalie d'accommodation. Dans ce sens l'hypermétropie latente, dont nous venons de parler, est un cas de plésiopie. Dans la plésiopie, le point remotissimum est *en apparence* rapproché de l'œil, parce que celui-ci ne peut pas relâcher entièrement son muscle accommodateur.

Il est clair que théoriquement la myopie pourrait aussi résulter d'une modification de l'indice de réfraction des milieux réfringents. Cependant, l'expérience ne semble pas donner à ce sujet une grande importance.

Les recherches de ces dernières années, et surtout celles de M. Donders, ont montré avec évidence que la cause de l'immense majorité des cas de myopie git dans un allongement du bulbe de l'œil. Déjà en 1708 Boerhaave indiquait parmi les causes de la myopie *nimia oculi longitudo*, et en 1770 Gendron mentionnait la *figure ovale* des yeux myopes; mais c'est en réalité durant ces dernières années que ce fait a été élevé au-dessus de toute espèce de doute. La forme typique de l'œil myope est celle d'un ellipsoïde assez régulier, dont le sommet coïncide dans la plupart des cas avec l'extrémité postérieure de l'axe de la cornée, c'est-à-dire tombe entre la tache jaune et la papille du nerf optique. Selon MM. Donders et Doyer, la longueur de l'axe longitudinal de l'œil est en moyenne, pour les yeux emmétropes, 23<sup>mm</sup>,53.

Elle est pour les yeux myopes de  $25^{\text{mm}},55$ , c'est-à-dire  $2^{\text{mm}},02$  de plus. Dans les cas extrêmes, la différence est encore bien plus considérable : dans les plus hauts cas de myopie, M. Hasner a vu la longueur de l'axe de l'œil atteindre jusqu'à  $38^{\text{mm}}$ . Cet allongement de l'axe antéro-postérieur provient d'une extension de la partie postérieure du bulbe, produisant consécutivement un amincissement et une atrophie de la sclérotique et de la choroïde. Les causes de cette modification pathologique sont encore obscures et envisagées de diverses manières par les auteurs, ce qui a donné naissance aux noms les plus divers, dont le plus simple est celui d'*ectasie postérieure du bulbe*. A l'aide de l'ophtalmoscope, on peut poursuivre pas à pas la formation et le développement de cette anomalie. M. Donders, dont les recherches embrassent plus d'un millier de myopes, n'a vu manquer l'atrophie de la choroïde que dans trois cas de myopie plus grande que  $\frac{1}{12}$ , après l'âge de trente ans, et dans cinq cas de myopie plus grande que  $\frac{1}{20}$ . La constance de l'atrophie de la choroïde dans la myopie indique évidemment une liaison intime des deux phénomènes.

Les modifications anatomiques qui accompagnent l'ectasie postérieure du bulbe ou *staphylome postérieur*, car tel est le nom que l'on donne le plus souvent à cette affection, sont en peu de mots les suivantes : La sclérotique qui, dans l'œil normal, est deux fois plus épaisse au pôle postérieur que près de l'équateur, s'amincit graduellement dans l'œil myope à mesure qu'on s'approche du pôle postérieur, où elle devient aussi mince et transparente qu'une feuille de papier. La choroïde subit dans sa région postérieure une modification analogue. Lorsque l'atrophie est très-avancée, l'épithélium

choroïdien disparaît même, laissant subsister çà et là de petits groupes de granules pigmentaires, semés surtout sur le bord externe de la région atrophiée. La couche chorio-capillaire disparaît souvent totalement et même une partie des plus gros vaisseaux choroïdiens s'oblitérent. Quelquefois, sur les limites de l'ectasië, l'union de la rétine et de la choroïde devient plus intime que d'habitude, M. Stellwag prétend même que dans un grand nombre de cas, la rétine décollée est tendue librement devant le staphylome, dont la cavité est remplie d'un liquide aqueux. L'examen ophtalmoscopique révèle une apparence extrêmement caractéristique: la région atrophiée sous la forme d'une figure semi-lunaire, réfléchit fortement la lumière, son bord concave enserre la papille du nerf optique et ses cornes sont tournées vers le côté externe.

L'atrophie choroïdienne se développe, comme nous l'avons dit, tôt ou tard chez presque tous les myopes. Selon M. Donders, elle est d'autant plus intense pour des individus d'un même âge que le degré de la myopie est plus fort et, pour un même degré de myopie, elle est d'autant plus forte que le patient est plus avancé en âge. Cependant, M. Jäger a rencontré quelquefois déjà une trace de la figure semi-lunaire caractéristique chez les nouveau-nés. Dans tous les cas, une fois l'âge de 40 ans passé, il est extrêmement rare qu'on ne puisse pas constater des traces d'atrophie très-appreciables même chez les gens faiblement myopes. D'ordinaire, l'affection progresse très-lentement, quelquefois cependant, surtout dans les cas intenses de myopie progressive, elle marche plus rapidement, avec des arrêts plus ou moins marqués.

L'étude anatomico-pathologique de l'atrophie de la

choroïde et de la sclérotique ne semble guère permettre de ramener cette affection, comme M. de Græfe le pensait il y a quelques années, à une scléro-choroïdite, c'est-à-dire à une inflammation des membranes du bulbe. Il semble bien plus naturel d'admettre que l'affection consiste en une véritable atrophie, résultant d'une augmentation de la pression intra-oculaire, augmentation qui entraîne après elle une tension anormale des membranes de l'œil.

La myopie est une anomalie assez fréquente comme chacun le sait. M. Donders qui a, sans contredit, la plus grande expérience de ce sujet, admet que dans la population germanique sur 2000 yeux, on en trouve 350 atteints d'une myopie ou d'une hypermétropie plus grande que  $\frac{1}{96}$ , et cette dernière anomalie paraissant être aussi fréquente et même plus fréquente que la première, on peut estimer la proportion des myopes à 8 pour  $\%$  de la population totale. Sur un millier de gens à myopie de  $\frac{1}{24}$  et au-dessus, M. Donders compte :

15	cas de myopie de 1 $\frac{1}{2}$ jusqu'à $\frac{1}{2}$
100	" " de $\frac{1}{2}$ " $\frac{1}{3}$
310	" " de $\frac{1}{3}$ " $\frac{1}{6}$
575	" " de $\frac{1}{6}$ " $\frac{1}{24}$

Du reste, la fréquence de la myopie varie beaucoup avec les classes de la population, ce qui n'arrive pas pour l'autre anomalie de réfraction, l'hypermétropie. D'une manière générale, on peut dire que plus la civilisation d'un peuple est avancée, plus la proportion des myopes augmente.

Cette répartition variable de la myopie fait songer involontairement aux efforts d'accommodation, comme cause

essentielle de la myopie. Il semble que toutes les circonstances qui demandent une action soutenue du travail d'ajustement doivent contribuer au développement de cette affection. Cependant, il est aujourd'hui certain que l'âge joue ici un rôle essentiel, et que les circonstances auxquelles nous venons de faire allusion, ne peuvent guère contribuer au développement de la myopie que pendant la jeunesse. M. Donders n'a vu que très-rarement la myopie apparaître après l'âge de 15 ans et jamais après celui de 20 ans, dans un œil véritablement emmétrope dans le principe. Les cas où l'on a cru observer l'apparition plus tardive de la myopie, paraissent n'avoir consisté que dans le développement d'une myopie préexistante d'un très-faible degré, ignorée souvent du patient lui-même. Sans doute, la moins grande solidité et la plus grande extensibilité de la sclérotique pendant l'enfance doivent rendre compte de cette prédisposition du jeune âge à la myopie. Il n'y a pas de doute qu'un éclairage insuffisant, une vie sédentaire, l'habitude de travailler avec la tête penchée, les occupations nocturnes, les maladies hyposthénisantes, etc., contribuent au développement de cette anomalie de réfraction chez les enfants. Néanmoins, pour la majorité des cas, on est obligé d'admettre une disposition congénitale. L'hérédité se présente donc au premier rang parmi les causes de la myopie. Mais en quoi consiste cette disposition héréditaire? Il est difficile pour le moment de faire à cette question une réponse certaine. On a cherché la cause de la prédisposition à l'éc-tasie du bulbe dans une fermeture insuffisante du hiatus qui, d'après M. von Ammon, existerait dans la partie inférieure et externe du bulbe pendant les premiers temps de la vie embryonnaire. Cette manière de voir est

assez séduisante et réduirait la disposition à la myopie à un simple arrêt de développement. Toutefois la présence du hiatus de la sclérotique à l'état embryonnaire est contestée par une des premières autorités embryologiques, à savoir M. Kölliker. Dans tous les cas, l'accommodation soutenue paraît bien augmenter la tension intra-oculaire et contribuer ainsi à la formation de l'ectasie.

Une fois que l'atrophie de la choroïde a commencé, on la voit, d'après M. Donders, augmenter rapidement, même lorsque l'allongement du bulbe ne marche pas dans la même proportion. Le fait que l'atrophie commence toujours au côté interne de la papille du nerf optique a sans doute, selon M. Löwegren, sa cause dans une disposition anatomique. Immédiatement auprès de la papille, la choroïde est en effet intimement unie à la gaine du nerf optique, à la lame cribreuse et à la sclérotique. Là est son point fixe, tandis que le reste de la membrane n'est uni que très-lâchement à la sclérotique. Lorsque, sous l'influence des efforts d'accommodation, la pression intra-oculaire se trouve augmentée et la choroïde tendue dans sa totalité, le muscle ciliaire, contracté pour l'accommodation, tend à tirer cette membrane en avant. Il est clair que la tension et la traction doivent agir avec le plus d'énergie là où la membrane a son point d'attache et ne peut pas céder. C'est aussi en ce point que l'atrophie se manifeste d'abord.

Passons maintenant à l'étude des phénomènes d'accommodation dans l'œil myope.

Quand l'œil est ajusté pour son point proximum, il a employé le maximum de son accommodation, tandis que lorsque l'accommodation est à l'état de repos, l'œil est

ajusté pour son point remotissimum. La distance qui sépare le point proximum du point remotissimum, comprend donc l'espace dans lequel les objets peuvent être vus distinctement à l'aide de l'accommodation. On peut le désigner sous le nom d'*espace d'accommodation*, expression quelque peu différente de celle de *latitude d'accommodation*. Par cette dernière, on entend une valeur dioptrique déterminée, représentant l'excès de réfringence qu'un œil peut acquérir par l'accommodation. Un œil qui peut accommoder depuis l'infini jusqu'à une distance de 4 pouces de l'œil, a un espace d'accommodation infiniment plus grand qu'un autre œil ne pouvant s'ajuster que pour les distances de 12 pouces à 3 pouces, et cependant, dans les deux cas, la latitude d'accommodation est la même, à savoir  $\frac{1}{4}$ . L'augmentation de réfringence que l'œil peut acquérir par l'accommodation, peut en effet être représentée par une lentille convexe réfractant les rayons provenant du point proximum dans la même direction que s'il venait du point rémotissimum. Un œil emmétrope ayant son point proximum à 4 pouces de distance, a une latitude d'accommodation =  $\frac{1}{4}$ . En effet, une lentille convexe  $\frac{1}{4}$  réfracte les rayons venant d'une distance de 4 pouces, c'est-à-dire de son foyer principal, de telle sorte qu'ils deviennent parallèles. L'œil pourra donc voir à l'aide de cette lentille, son point proximum sans s'ajuster aucunement. On voit par là que cette lentille représente exactement l'excès de pouvoir réfringent que l'œil acquiert en s'accommodant pour le point proximum.

M. Donders a montré que la latitude d'accommodation décroît normalement dans tout œil à partir de l'enfance par suite d'un éloignement graduel du point proximum.

En moyenne, chez un enfant de 10 ans, elle est de  $\frac{1}{2\frac{2}{3}}$ ; de 20 à 25, elle est de  $\frac{1}{4}$ ; de 30 à 35 ans de  $\frac{1}{6}$ . Ainsi, dans la règle, à l'âge de 30 ans, la latitude d'accommodation n'est plus qu'environ la moitié de ce qu'elle était à l'âge de 10 ans. A partir de cette époque de la vie, la diminution devient plus lente; à 40 ans, la latitude d'accommodation est d'environ  $\frac{1}{8}$ ; à 60 ans d'environ  $\frac{1}{24}$  et enfin vers 75 ans elle devient égale à 0. Le fait que la diminution de la latitude d'accommodation commence d'aussi bonne heure, c'est-à-dire à une époque où le système musculaire est en pleine activité, rend improbable l'opinion qui l'attribuerait à une insuffisance résultant d'une modification d'un muscle ciliaire. La cause doit être vraisemblablement cherchée dans l'organe passif de l'accommodation, le cristallin, dont la consistance augmente avec l'âge et oppose par conséquent, une résistance toujours croissante à l'action du muscle ciliaire. Le recul graduel du point proximum, ou, en d'autres termes, la diminution de la latitude d'accommodation avec l'âge, est un phénomène connu depuis longtemps, au moins pour l'époque avancée de la vie : c'est lui qu'on désigne sous le nom de *presbyopie*. Longtemps la presbyopie a passé pour l'opposé de la myopie, erreur compréhensible, si l'on songe à la connaissance insuffisante que les physiologistes avaient à cette époque des phénomènes de réfraction et d'accommodation. En réalité, la presbyopie a sa raison d'être dans un phénomène physiologique qui commence à se manifester dès l'enfance, dans tous les yeux, sans exception, quelle que soit leur condition de réfraction. L'œil myope, de même que son antipode, l'œil hypermétrope, sont soumis tout aussi bien

que l'œil emmétrope à cette diminution régulière et progressive de la latitude d'accommodation, bien que cette diminution soit dans le principe moins frappante pour l'œil myope par suite de l'extrême rapprochement du point proximum. A 40 ans, l'œil emmétrope a une latitude d'accommodation de  $\frac{1}{8}$ , le point proximum étant à 8 pouces de distance et il est par conséquent déjà presbyte, tandis que, à l'âge de 40 ans, l'œil atteint d'une myopie de  $\frac{1}{12}$  avec une latitude d'accommodation égale à celle du premier, a son point proximum encore à 4 pouces  $\frac{4}{5}$ . Ce n'est qu'à l'âge de 60 ans que sa latitude d'accommodation est réduite à  $\frac{1}{24}$ , son point proximum reculant à 8 pouces, et qu'il revient par conséquent presbyte.

Il existe une certaine corrélation entre l'accommodation et la convergence des axes optiques, en ce sens que chaque degré de convergence des axes optiques est toujours accompagné de la mise en jeu d'une certaine quantité d'accommodation.

Cependant, pour un degré de convergence donné, il est en notre pouvoir de faire varier l'ajustement de l'œil dans de certaines limites. Regardons-nous, par exemple, fixement avec un œil un objet placé à une distance de 12 pouces, et place-t-on alternativement devant cet œil des lentilles concaves et des lentilles convexes de force médiocre, il est en notre pouvoir de diminuer notre accommodation (pour surmonter la divergence des rayons due aux verres concaves) ou de la diminuer (pour surmonter la diminution de divergence des rayons due aux verres convexes), sans que la convergence des axes soit modifiée ni que la netteté de la vision soit troublée. La latitude d'accommodation qui est ainsi à notre disposition pour un certain degré de convergence des axes optiques s'ap-

pelle la *latitude d'accommodation relative*. Cette valeur est formée d'une *partie négative*, déterminable à l'aide de la plus forte lentille convexe que l'œil peut surmonter sans changer le degré de convergence des axes, et d'une *partie positive*, déterminable par la plus forte lentille concave que l'œil puisse surmonter dans ces conditions. Soit la latitude d'accommodation relative, soit le rapport de la partie positive à la partie négative qui la composent, sont très-variables pour des yeux dont les conditions de réfraction sont différentes. De là, les grandes différences constatées journellement dans la plus ou moins grande facilité qu'ont certaines personnes à soutenir à la longue les efforts d'accommodation. L'expérience enseigne, en effet, qu'on ne peut en général pas soutenir l'accommodation pendant un temps considérable pour d'autres degrés de convergence des axes optiques, que ceux dans lesquels la quantité non utilisée de latitude d'accommodation positive atteint une valeur considérable. Cette valeur doit être la moitié ou au moins un tiers de la latitude d'accommodation relative disponible. En revanche, dès que la partie négative l'emporte, on voit se manifester rapidement des symptômes d'*asthénopie accommodative*, à savoir de la fatigue, du mal de tête, de la chaleur et de la douleur dans les yeux, de la confusion et de l'instabilité des images, phénomènes compris en général sous le nom commun de *hebetudo visus*. L'œil hypermétrope qui emploie toujours pour le travail une très-grande partie de son pouvoir d'accommodation, est par suite très-facilement atteint d'asthénopie accommodative. Le myope est en revanche dans des conditions bien différentes : il travaille toujours dans le voisinage de son point remotissimum relatif, et il a par suite la plus grande partie de

l'accommodation disponible en réserve. Les myopes peuvent par suite s'adonner d'une manière beaucoup plus soutenue au travail sans souffrir d'asthénopie accommodative. Il est vrai que dans les cas de forte myopie, on voit surgir un inconvénient d'une autre nature, à savoir, comme nous le verrons tout à l'heure, l'impossibilité de soutenir pendant longtemps un haut degré de convergence des axes optiques.

On voit, d'après ce qui précède, que la latitude d'accommodation *absolue* est celle que chaque œil possède pour son propre compte, tandis que la latitude d'accommodation *relative* est celle dont l'œil peut disposer pour un degré donné de convergence des axes optiques. Il faut distinguer encore la latitude d'accommodation *binoculaire*, à savoir, celle dont les deux yeux disposent en commun et qui embrasse l'espace compris entre le point remotissimum binoculaire et le point proximum binoculaire. Pour l'œil emmétrope, le premier de ces points coïncide avec le point remotissimum monoculaire, et le second est placé un peu plus loin de l'œil que le point proximum monoculaire. La latitude d'accommodation absolue est par conséquent plus étendue que la latitude d'accommodation binoculaire, d'une quantité, il est vrai, minime. En portant son accommodation au maximum, l'œil emmétrope peut s'approcher de son point proximum absolu; mais cela ne peut avoir lieu qu'à la condition de sacrifier la vision binoculaire à un degré de convergence exagéré des axes optiques: Il en résulte un strabisme convergent accidentel, les axes optiques se coupant en point beaucoup plus rapproché que celui pour lequel l'œil est accommodé; c'est aussi le cas *à fortiori* pour les hypermétropes. Chez les myopes, au contraire, la

latitude d'accommodation binoculaire, au moins pour les cas de très-forte myopie, est beaucoup moindre que la latitude absolue. Pour se servir de son pouvoir d'accommodation dans la même étendue que l'emmetrope, dans la vision binoculaire, le myope devrait mettre en jeu un degré de convergence des axes optiques encore bien plus grand que lui, mais c'est précisément ce qu'il ne peut pas faire, la mobilité du bulbe en dedans étant souvent très-limitée dans les cas de myopie par suite de l'allongement de cet organe. Une conséquence nécessaire de cette diminution de la mobilité de l'œil en dedans, c'est que le point proximum pour la vision binoculaire s'éloigne et que la latitude de l'accommodation binoculaire diminue. Les conditions sont donc bien différentes pour l'emmetrope et pour le myope : l'emmetrope ne peut s'occuper d'objets très-rapprochés, parce qu'il ne peut pas augmenter son accommodation sans sacrifier la vision binoculaire par suite d'une convergence exagérée des axes ; le second, au contraire, ne peut pas soutenir le travail de très-près, parce qu'il ne peut pas augmenter suffisamment la convergence des axes optiques ; il peut bien s'ajuster pour un point plus rapproché, mais alors il abandonne la vision binoculaire, l'un de ses yeux déviant en dehors. Le résultat d'efforts soutenus pour le travail rapproché n'entraîne point pour le myope une asthénopie accommodative, mais bien une fatigue des muscles droits internes (*asthénopie musculaire*) et finalement le strabisme divergent.

M. Donders a le mérite d'avoir montré le premier la liaison intime qui existe entre le strabisme et les anomalies de réfraction. Toutes les fois qu'un hypermetrope veut voir distinctement, et mettre en jeu pour cela une

grande partie de sa faculté d'accommodation; il se manifeste chez lui une tendance exagérée à augmenter le degré de convergence des axes optiques. De là, une disposition à contracter le strabisme convergent. Chez le myope, au contraire, le strabisme divergent est une conséquence de la modification de forme du bulbe oculaire, modification qui oppose une résistance plus grande à l'action des muscles droits internes, lorsque les yeux s'ajustent pour un objet rapproché. Dans les hauts degrés de myopie, le bulbe est augmenté dans toutes ses dimensions, mais l'allongement suivant l'axe antéro-postérieur est le plus effectif pour entraver les mouvements de l'œil. Sans doute, la mobilité en dehors est aussi limitée, mais le myope peut y suppléer dans une certaine mesure par des mouvements de la tête entière. L'insuffisance des muscles droits internes et l'asthénopie musculaire qui en résulte, ont donc leur cause dans une disproportion entre la force des muscles droits internes et les exigences de la convergence des axes. L'asthénopie passe donc très-facilement chez les myopes au strabisme divergent. On peut même regarder ce strabisme comme une sorte de palliatif naturel contre l'asthénopie musculaire. Grâce à l'intervention du strabisme, le myope est pour ainsi dire débarrassé du travail fatigant de faire converger ses axes optiques. C'est ainsi qu'on voit souvent apparaître un véritable strabisme divergent qui n'était dans le principe que relatif. Le patient ne louche d'abord que pour regarder les objets très-rapprochés, mais dirige bien ses axes optiques pour les objets éloignés; plus tard, ce strabisme devient absolu, le patient ne regardant plus les objets qu'à l'aide d'un seul œil pour une distance quelconque, tandis que l'autre œil dévie en dehors.

Si l'on réunit sous le nom de strabisme divergent la forme absolue et la forme relative, on peut affirmer, selon M. Donders, que la myopie est suivie de strabisme divergent aussi souvent et même plus souvent que l'hypermétropie de strabisme convergent.

Quelquefois la myopie entraîne à sa suite une forme de strabisme bien différente, à savoir : un strabisme convergent relatif. Pendant le jeune âge, lorsque la myopie ne progresse que lentement, la force des muscles droits internes augmente pour l'ordinaire dans la même proportion que l'espace d'accommodation se rapproche de l'œil. Au contraire, la myopie progresse-t-elle plus rapidement, les muscles droits internes deviennent insuffisants et le strabisme divergent se manifeste. Mais dans certains cas, compris en général entre une myopie de  $\frac{1}{4}$  et une myopie de  $\frac{1}{6}$ , les muscles droits internes prennent un développement inusité. La convergence des axes peut s'opérer par suite sans difficulté, mais alors cet avantage est balancé par une diminution de la mobilité de l'œil en dehors. Cette diminution peut atteindre un degré tel que le patient ne puisse plus rendre ses axes optiques parallèles. Il les dirige exactement pour les objets rapprochés, mais pour des objets éloignés, il ne peut pas relâcher suffisamment ses muscles droits internes et, pour une distance de 6, 8 ou 12 pouces de l'œil, le strabisme convergent apparaît. Au lieu d'une insuffisance des muscles droits internes, nous avons donc dans ce cas un strabisme interne dynamique. Les muscles internes ont ici une prépondérance sur les externes. Pour la vision des objets éloignés, ce strabisme dynamique devient réel. Dans certains cas de très-forte myopie, l'obstacle à la convergence résultant de la forme du bulbe peut devenir si considé-

nable qu'un strabisme divergent relatif apparaisse. Dans ces cas, un seul et même patient peut présenter un strabisme divergent pour les objets rapprochés, un strabisme convergent pour les objets éloignés et une fixation binoculaire normale pour l'espace intermédiaire.

Il nous reste à dire quelques mots des fâcheux résultats que la myopie entraîne à la longue pour la rétine. La faculté visuelle diminue dans la règle chez les myopes. Cela résulte en première ligne de ce que la rétine se trouve distendue par suite de la dilatation du bulbe. Les éléments percepteurs n'augmentant pas de nombre, il est clair qu'à surface égale, la rétine du myope contiendra un moins grand nombre de ces éléments que celle de l'emmetrope. Il est vrai que, d'autre part, par suite de l'allongement du bulbe, les images sont plus grandes dans l'œil myope que dans l'œil normal ; toutefois la distension de la rétine atteignant son maximum précisément dans le voisinage de la tache jaune, on ne peut guère espérer que la seconde circonstance contre-balance la première. Cet affaiblissement de la vue chez les myopes n'est, il est vrai, pas admis par les masses. On croit généralement que la myopie diminue dans beaucoup de cas avec l'âge. Cette conclusion repose sur des observations insuffisantes. Elle trouve son explication dans le fait que la pupille se resserrant avec l'âge, les cercles de dispersion se trouvent diminués et la vision à distance devient, par suite, en effet, un peu plus distincte. En outre, le point proximum s'éloignant avec l'âge dans tous les yeux, on peut facilement prendre ce recul, chez un myope, pour une diminution de la myopie. Enfin des efforts d'accommodation exagérés amènent quelquefois, dans le jeune âge, une sorte de contracture spasmodique du muscle

d'accommodation, contracture qui n'a plus l'occasion de se manifester à un âge avancé, la cause n'existant plus, et l'on peut attribuer faussement sa disparition à une diminution de la myopie.

M. Donders divise la myopie en *myopie stationnaire*, *myopie temporairement progressive* et *myopie constamment progressive*. La myopie stationnaire comprend les cas qui n'augmentent que lentement et d'une petite quantité pour s'arrêter complètement à partir de l'âge de 25 ans, c'est-à-dire lorsque la croissance du bulbe est terminée. La myopie temporairement progressive comprend, pour M. Donders, les cas où l'affection augmente rapidement de la 12<sup>me</sup> à la 25<sup>me</sup> ou même à la 30<sup>me</sup> année, pour devenir complètement stationnaire à partir de ce moment-là. La myopie est surtout progressive lorsque, vers l'âge de 17 ans, elle a déjà atteint un degré considérable, par exemple  $\frac{1}{8}$ . Il arrive d'ailleurs rarement qu'une myopie d'un tel degré devienne stationnaire à l'âge indiqué. Dans la majorité des cas elle continue d'augmenter, au moins légèrement, faisant ainsi le passage à la forme continuellement progressive. Cette dernière comprend les cas qui ont déjà atteint un très-haut degré vers l'âge de 15 ans. Même dans ces cas-là la progression la plus rapide a lieu jusqu'à l'âge de 25 ou de 30 ans. A partir de ce moment elle devient plus lente, bien que toujours fort marquée. Lorsque la myopie a ainsi une tendance à croître d'une manière continue, elle peut atteindre le degré de  $\frac{1}{2}$ , et dans ces cas on peut craindre les résultats les plus tristes pour la fonction visuelle. Il est impossible alors d'attendre de l'âge une amélioration quelconque, puisque l'allongement constant du bulbe contre-balance et au delà les modifications séniles du cristallin.

Dans les hauts degrés de myopie, la tension du bulbe produit quelquefois un état de la rétine connu sous le nom d'*amblyopie myopique*, qui peut atteindre un degré considérable. Les symptômes en sont une disposition de l'œil à la fatigue et aux douleurs, un accroissement de la résistance du bulbe à la pression, de la photophobie, de la photopsie et des mouches volantes avec une diminution de la netteté de la vision. Les mouches volantes tourmentent quelquefois des myopes, même dans les cas de myopie faible. Ces mouches existent, comme l'on sait, aussi dans l'œil normal et dérivent de petits corpuscules qui flottent dans le corps vitré. La différence est seulement que les myopes les voient mieux. L'emploi de verres concaves en diminue d'ailleurs le nombre.

Lorsque les modifications pathologiques de la choroïde ont envahi la région de la tache jaune, la vision centrale devient défectueuse à un haut degré. Les patients se plaignent qu'un nuage se place devant leurs yeux; lorsqu'ils lisent, une partie des lettres semblent à moitié effacées, d'autres disparaissent complètement. Ce phénomène provient de ce que de petites parties de la fosse centrale ou de la région avoisinante ont perdu la sensibilité pour la lumière et il en résulte des scotomes, c'est-à-dire des lacunes dans le champ visuel. Dans les hauts degrés de myopie, le champ visuel peut être restreint par des taches résultant de ce que des parties atrophiées de la choroïde ont intéressé la rétine dans un état inflammatoire, produisant même des extravasations sanguines dans cette membrane. Un des plus fâcheux résultats auxquels puissent conduire les plus hauts degrés de myopie progressive, c'est le décollement de la rétine qui amène souvent une perte totale de la fonction visuelle. D'ordinaire le décolle-

ment commence dans le voisinage de l'équateur et souvent sur la paroi externe du bulbe. Dans les degrés les plus forts de l'affection, on voit se manifester quelquefois une excavation glaucomateuse de la papille du nerf optique et cela surtout chez les vieillards, mais cependant aussi chez des personnes plus jeunes. Selon M. de Græfe, cet état conduit nécessairement à la cécité, si l'on ne pratique pas à temps l'iridectomie.

En terminant, il nous reste à attirer l'attention sur une particularité remarquable de la physionomie des myopes consistant en un *strabisme convergent apparent*, qu'il ne faut pas confondre avec le strabisme véritable. La diagnostic de ces deux formes est facile. On fait regarder au patient un petit objet et, s'il s'agit d'un véritable strabisme, l'œil dévié fait, pour se porter sur l'objet, une excursion en dehors, dès qu'on cache l'autre œil avec la main. Au contraire, dans le cas du strabisme apparent, cette excursion n'a point lieu; on est obligé de se convaincre que les deux yeux sont en réalité dirigés exactement sur l'objet, et que le strabisme n'est qu'apparent. La cause de ce strabisme convergent apparent doit être cherchée dans le rapport de position de l'axe de la cornée et de l'axe optique, rapport qui n'est pas le même pour des yeux de réfraction différente. L'axe de la cornée (c'est-à-dire la ligne qu'on suppose menée du sommet de la cornée à la rétine en passant par le centre optique) ne coïncide pas avec l'axe optique (c'est-à-dire avec la ligne qui, passant par le centre optique, réunit le point regardé avec son image rétinienne sur la tache jaune); mais l'axe optique coupe la cornée en dedans de l'axe de celle-ci formant, par conséquent, avec lui un angle qui varie avec les conditions de réfraction. D'après les mensurations de

MM. Donders et Doyer, cet angle est en moyenne de  $5^{\circ},08$  chez les emmétropes, de  $7^{\circ},55$  chez les hypermétropes et de  $2^{\circ}$  chez les myopes. La diminution de l'angle chez les myopes peut même être poussée si loin que la valeur de cet angle devienne négative : dans ce cas l'axe optique coupe la cornée en dehors de son centre. Cette anomalie a été constatée par les savants en question cinq fois sur dix-sept yeux myopes examinés par eux à ce point de vue. La diminution de l'angle provient, d'après M. Donders, de ce que l'expansion du bulbe concerne surtout sa partie externe, de telle sorte que la tache jaune se trouve comme repoussée en dedans. Dans un œil emmétrope, lorsque les axes optiques sont parallèles entre eux, les axes des cornées divergent d'environ  $10^{\circ}$  et chez les hypermétropes d'environ  $15^{\circ}$ , tandis que chez les myopes cette divergence est minime et peut même faire place à un certain degré de convergence. Habités comme nous le sommes à considérer la position de l'œil emmétrope comme normale, parce que l'emmétropie est l'état de réfraction le plus fréquent des milieux dioptriques, nous sommes disposés à rapporter la position de l'œil hypermétrope à un strabisme divergent et celle de l'œil myope à un strabisme convergent.

E. C.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

Ch. MATTEUCCI. SUR LA PROPAGATION DES TEMPÊTES PROVENANT DE L'ATLANTIQUE VERS LES CÔTES D'ITALIE. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 11 mai 1868, tome LXVI, p. 884.)

En examinant les registres qui ont été recueillis pendant les deux dernières années, depuis avril 1866 jusqu'à ces derniers jours, par le Bureau central météorologique, qui est le centre du service organisé sur nos côtes par le ministre de la marine, on constate un fait sur la propagation de ces tempêtes en Italie qui a une certaine importance pour nous et aussi pour la science.

En prenant note des tempêtes qui ont assailli les côtes occidentales de l'Irlande et de l'Angleterre, et qui ont été accompagnées par une baisse barométrique de 15 à 20 millimètres et quelquefois en hiver de 28 à 33 millimètres, on trouve dans nos registres les résultats inscrits dans le tableau suivant :

	Nombre total des tempêtes	Tempêtes arrivées en Italie.
Janvier . . . . .	8	5
Février . . . . .	16	5
Mars . . . . .	15	4
Avril . . . . .	12	3
Mai . . . . .	4	1
Juin . . . . .	7	2
Juillet . . . . .	11	2
Août . . . . .	7	2
Septembre . . . . .	9	2
Octobre . . . . .	5	5
Novembre . . . . .	12	9
Décembre . . . . .	12	9
	<hr/> 118	<hr/> 49

On voit par ce tableau que, dans les mois d'octobre, novembre et décembre, la propagation des tempêtes de l'Atlantique vers l'Italie est beaucoup plus fréquente que dans tous les autres mois, et que, au milieu de l'hiver, et principalement en été, cette propagation devient beaucoup moins fréquente. En effet, dans les trois mois d'octobre, novembre et décembre, sur 29 tempêtes, il y en a eu 23 qui sont arrivées avec beaucoup de force sur la Méditerranée. Au contraire, dans les mois d'avril, mai, juin, juillet et août, sur 41 tempêtes, il n'y en a eu que 8 arrivées en Italie.

---

Th. WIMMEL. UEBER DEN SCHMELZPUNKT DER FETTE, etc. DU POINT DE FUSION ET DU POINT DE SOLIDIFICATION DES GRAISSES. (*Pogg. Ann.*, vol. CXXXIII, p. 121.)

1° *Point de fusion des graisses.* — Différentes méthodes ont été employées par les divers physiciens qui se sont occupés de cette étude. Les uns, en effet, ont observé le moment où la substance devient transparente, après l'avoir disposée pour cela soit dans des tubes capillaires, soit sur la boule même du thermomètre, comme Pohl; soit dans une boîte métallique à double enveloppe, comme Bergsmann. Les autres ont apprécié directement le point auquel la substance devient entièrement fluide, comme Bouis, qui, plongeant dans de l'eau des tubes capillaires ouverts aux deux bouts au bas desquels était une goutte solidifiée de la substance, observait le moment où cette goutte, étant devenue fluide, montait dans le tube pour y prendre le niveau de l'eau extérieure.

L'auteur a repris la même étude en employant simultanément la méthode de Pohl et la méthode de Bouis, un peu modifiée, et a reconnu que la première est sujette à des erreurs. En effet, il y a des graisses qui ne deviennent transparentes qu'à une température un peu supérieure au point où elles deviennent entièrement fluides, comme les graisses de mouton, de bœuf, etc. et d'autres qui présentent la propriété

inverse, comme la cire du Japon, par exemple, qui est déjà transparente à 42° C. et ne passe entièrement à l'état liquide qu'à 53° ou 54° C.

L'appareil employé par M. Wimmel se composait d'un thermomètre et de trois tubes capillaires portant trois échantillons identiques de la substance à étudier, plongeant dans un verre rempli d'eau jusqu'au-dessus du niveau des gouttes de graisse dans les tubes, et chauffé lentement par une lampe à alcool, jusqu'à ce que, chassée par la pression de l'eau, la graisse en fusion se mit à monter dans l'intérieur des tubes. Ces tubes doivent être capillaires, à parois minces et à surface intérieure bien cylindrique et bien égale. Après avoir introduit à une de leurs extrémités une goutte de graisse, on laisse celle-ci se durcir pendant un jour ou deux avant de la soumettre à l'expérience. Cette précaution est indispensable, parce que la plupart des graisses ne reprennent que très-lentement leur dureté première, et que, si on les soumet trop vite à une nouvelle fusion, celle-ci s'opère à une température beaucoup plus basse que si on les eût laissées séjourner quelque temps à l'état solide.

2° *Solidification des graisses.* — C'est dans le passage de l'état liquide à l'état solide que les graisses présentent les phénomènes les plus intéressants. C'est une loi universellement acquise en physique que le point de solidification d'un corps coïncide toujours exactement avec son point de fusion, or, d'après les travaux de M. Wimmel, cette loi ne serait absolument pas applicable aux corps gras.

Toutes les graisses proprement dites, à base de glycérine, reprennent l'état solide à une température très-inférieure à celle à laquelle s'était opérée leur fusion; et cette propriété constitue même une distinction tranchée entre elles et les substances grasseuses, qui ne sont pas des combinaisons de glycérine, telles que le blanc de baleine et la cire d'abeilles, qui se solidifient immédiatement au-dessous de leur point de fusion.

Cette solidification retardée est toujours accompagnée d'une élévation de température, comme M. Chevreuil l'avait déjà reconnu dans plusieurs corps. Cette élévation de température, très-faible dans certains cas, est suffisante dans d'autres pour ramener la substance tout près de son point de fusion.

Outre ce point de solidification fixe, les graisses en présentent un second. Dans certaines circonstances particulières on peut les faire solidifier à une température plus élevée et plus rapprochée de leur point de fusion ; il n'y a point alors d'élévation de température.

De ceci il semble résulter que, dans les circonstances ordinaires, les graisses présentent la propriété imparfaitement nommée *surfusion* ; et si lors de la solidification la température ne revient pas au point de fusion, comme dans le cas de l'eau maintenue liquide au-dessous de 0°, cela tient probablement à la lenteur avec laquelle se meuvent les molécules des corps gras. La solidification s'effectuant très-lentement, il en est de même de la production de chaleur qui l'accompagne et qui est alors soumise à de grandes déperditions pendant ce temps. En effet, plus la solidification d'une graisse est rapide, plus est grande la production de chaleur qui l'accompagne. Le beurre de muscade se solidifiant à 33° C., et cela assez promptement, sa température s'élève pendant ce temps jusqu'à 42° C., son point de fusion étant à 42°  $\frac{1}{2}$  C. ; l'huile de palmier, au contraire, se solidifie très-lentement et ne dépasse pas pendant ce temps 21°  $\frac{1}{2}$  C., tandis que son point de fusion est à 30°.

M. Wimmel a trouvé, comme nous l'avons déjà vu, qu'on peut, suivant le traitement que l'on fait subir à une graisse, la faire solidifier à deux températures différentes. En effet, ayant fondu de la graisse de mouton à une température assez élevée pour la rendre parfaitement transparente, il la laisse lentement refroidir : à 37° elle perdit toute sa transparence, mais sa température s'abaissa encore jusqu'à 36°, resta fixe un certain temps en ce point et enfin remonta jusqu'à 40° et

44°, tandis que la solidification s'achevait. Au lieu de fondre cette graisse à une température élevée, il la maintint ensuite quelque temps à une température à peine supérieure à son point de fusion (48° C.) de manière à ce qu'elle fût parfaitement fluide, mais non absolument transparente, et la laissa ensuite refroidir. Dans ce second cas, elle se solidifia déjà à 45° ou 46° sans élévation de température.

Toutes les graisses proprement dites se comportent de la même manière. Celles auxquelles M. Wimmel s'est particulièrement attaché sont les suivantes : graisse de bœuf, de mouton, de porc, beurre, cire du Japon, beurre de cacao, huile de coco, huile de palmier, beurre de muscade. La cire d'abeille ordinaire et blanchie, ainsi que le blanc de baleine, qui ne sont pas des graisses proprement dites, se solidifient au contraire immédiatement au-dessous de leur point de fusion, et il n'y a pas alors dégagement de chaleur. Tous ces faits présentent un intérêt particulier à cause du jour qu'ils jettent sur l'équilibre moléculaire qui est spécial aux corps gras.

E. S.

---

Th. GRAHAM. SUR L'OCCLUSION DU GAZ HYDROGÈNE PAR LES MÉTAUX. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXVI, p. 1014.)

Dans les expériences que j'ai déjà publiées sur l'occlusion de l'hydrogène par le palladium, le platine et le fer<sup>1</sup>, j'ai constaté que l'absorption du gaz était très-incertaine à basse température, mais qu'elle ne manquait pas de se produire toutes les fois qu'on chauffait le métal, soit sous la forme d'éponge, soit à l'état de masse agrégée sous le marteau, et qu'on la laissait refroidir lentement et complètement dans une atmosphère d'hydrogène. J'ai attribué ce fait à la nécessité d'employer une surface métallique absolument pure, condition essentielle à la première action absorbante, ainsi que cela a

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, 1867, tome XXVIII, p. 193.

lieu, d'après l'observation de Faraday, pour la feuille ou le fil de platine, lorsqu'ils déterminent la combustion d'un mélange gazeux d'oxygène et d'hydrogène. Une nouvelle méthode de charger d'hydrogène ces métaux sous l'influence d'une basse température s'est présentée récemment et ne manque pas d'intérêt.

Lorsqu'on met une plaque de zinc dans l'acide sulfurique étendu, l'hydrogène se dégage abondamment de la surface du métal ; mais il ne se produit dans cette expérience aucune occlusion ni rétention du gaz. On devait s'attendre, dans ce cas, à un résultat négatif à cause de la structure cristalline du zinc. Mais qu'on plonge une feuille de palladium dans le même acide, et qu'on le mette en contact avec le zinc, et il se charge aussitôt fortement de l'hydrogène qui se transporte alors à sa surface. La charge absorbée en une heure par une plaque de palladium assez épaisse, à la température de 12 degrés, s'éleva à 173 fois son volume.

L'absorption de l'hydrogène fut plus frappante encore lorsqu'on se servit de la plaque de palladium comme d'électrode négative plongeant dans l'eau acidulée d'une pile de Bunsen de six cellules. Tandis que l'oxygène se dégageait vivement au pôle positif, l'effervescence au pôle négatif était entièrement suspendue pendant vingt secondes, à cause de l'occlusion de l'hydrogène par le palladium. La quantité absorbée s'éleva à 200<sup>vol</sup>,4, et dépassa de beaucoup la quantité d'hydrogène absorbée par la même plaque chauffée, puis refroidie dans une atmosphère du gaz, savoir 90 volumes. Il est digne de remarque que l'hydrogène, bien qu'il pénètre et imprègne sans doute toute la masse du palladium, ne montre pourtant aucune tendance à quitter le métal et à s'échapper dans le vide, du moins à la température de son absorption. Ainsi, une plaque mince de palladium, chargée d'hydrogène par le procédé qu'on vient de lire, fut lavée, séchée dans un linge, puis scellée à la lampe dans un tube de verre purgé d'air. Lorsqu'au bout de deux mois on brisa le tube sous le

mercure, on trouva que le vide était parfait. Aucune trace d'hydrogène ne s'était vaporisée à froid (environ 12 degrés); mais sous l'influence d'une température de 100 degrés et au-dessus, il se dégagait du métal 333 volumes du gaz.

On obtint un résultat semblable en se servant d'un cylindre creux de palladium, de 115 millimètres de long, 12 millimètres de diamètre et 1 millimètre d'épaisseur, comme d'électrode négative plongeant dans l'eau acidulée, et en maintenant le vide dans la cavité du cylindre au moyen d'un aspirateur Sprengel. Il ne pénétra dans cette cavité vide aucune trace d'hydrogène, même au bout de plusieurs heures, quoique le gaz fût sans aucun doute absorbé en quantité considérable par la surface extérieure du cylindre, et qu'il en imprégnât toute la masse.

Il paraît donc que, lorsque l'hydrogène est absorbé par le palladium, la volatilité du gaz se trouve entièrement supprimée, et qu'il peut exister en quantité considérable dans les métaux sans manifester aucune tension sensible à basse température. L'hydrogène à l'état d'occlusion cesse par conséquent d'être un gaz, quelle que soit d'ailleurs l'idée qu'on se fait de sa condition physique. On arriva à la même conclusion par une autre série d'expériences qui démontrèrent que, pour être *occlus* par le palladium et même par le fer, l'hydrogène n'exige pas une forte pression, mais qu'au contraire il est encore facilement absorbé par les métaux lorsqu'il se trouve à un haut degré de raréfaction.

Il est facile d'extraire l'hydrogène occlus par le palladium en renversant la position de ce dernier dans la cellule décomposante, de manière à faire dégager l'oxygène sur la surface du métal. L'extraction de l'hydrogène est aussi rapide que l'avait été auparavant son occlusion par le palladium; le métal est complètement privé de gaz par ce traitement. Lorsqu'on abandonne à l'air le palladium chargé d'hydrogène, il arrive souvent qu'il s'échauffe subitement et perd ainsi complètement son gaz par l'oxydation spontanée.

Le platine peut, ainsi que le palladium, se charger d'hydrogène par l'action voltaïque ; mais, comme d'habitude, la proportion du gaz est moindre. La quantité d'hydrogène absorbée dans une cellule voltaïque par du vieux platine sous forme de tube, de l'épaisseur d'un petit creuset ordinaire, fut égale à 2<sup>vol</sup>,19. On réussit également à chasser le gaz du platine et à l'oxyder, en renversant la place du platine dans la cellule décomposante. L'hydrogène occlus communiqua, dans ce cas, au platine son pouvoir polarisant bien connu, propriété que conserva le métal après avoir été lavé à l'eau pure, essuyé dans un linge et mis en action par le contact avec l'acide étendu. Le degré de chaleur nécessaire pour chasser l'hydrogène ainsi absorbé par le platine se trouva très-rapproché du rouge, quoique l'absorption du gaz eût eu lieu à basse température.

Le fer doux, abandonné pendant quelque temps en contact avec un acide dilué, absorba 0,57 de son volume d'hydrogène. Cette charge fut retenue à basse température, et ne s'échappa dans le vide qu'après que la température eut été portée presque au rouge. Cette expérience démontre que le fer, comme le platine, ne se laisse pas pénétrer par l'hydrogène à froid, la température nécessaire pour l'émission du gaz étant très-élevée<sup>1</sup>.

Tandis que l'hydrogène fut absorbé en quantité considérable par le platine et par le palladium agissant comme électrodes négatives, on n'observa aucune absorption d'oxygène par des plaques des mêmes métaux jouant le rôle d'électrodes positives. L'oxygène se dégagait en abondance de la surface de ces derniers sans s'y condenser. Une plaque de platine qui avait servi pendant plusieurs heures d'électrode positive,

<sup>1</sup> Dans l'ingénieuse expérience de M. Cailletet, il est vrai qu'une mince feuille de fer est pénétrée par l'hydrogène à froid, mais seulement, à ce qu'il semblerait, à la faveur de l'action pénétrante de l'acide qui s'insinue en même temps dans les pores du métal. (*Comptes rendus*, 4 mai 1868.)

soumise ensuite à l'action de la chaleur dans le vide, donna une petite trace d'acide carbonique, mais point d'oxygène.

La propriété bien connue de l'éponge de platine (ou d'une feuille bien nettoyée) d'enflammer un jet d'hydrogène au contact de l'air paraît dépendre uniquement de l'influence exercée par le métal sur son hydrogène occlus. L'hydrogène semble se polariser, tandis que son attraction pour l'oxygène devient beaucoup plus vive. En soumettant à l'Académie l'explication suivante du phénomène, qu'il me soit permis de réclamer son indulgence à cause du caractère purement spéculatif de l'hypothèse. La molécule gazeuse de l'hydrogène étant envisagée comme une association de deux atomes, un hydrure d'hydrogène, il s'ensuit que c'est l'attraction du platine pour l'atome négatif ou chloryleux de la molécule d'hydrogène qui attache ce dernier au métal. Il y a tendance, imparfaitement satisfaite, à la formation d'un hydrure de platine. La molécule hydrogène est, en conséquence, polarisée, orientée avec sa face positive ou basyleuse tournée en dehors, et son attraction pour l'oxygène reçoit en même temps une vive impulsion. Il est vrai que les deux atomes d'une molécule d'hydrogène sont considérés comme inséparables, mais cette manière de voir n'est pas incompatible avec le remplacement des atomes enlevés pour satisfaire aux affinités de l'oxygène, par d'autres atomes d'hydrogène provenant des molécules environnantes. Il est seulement nécessaire d'admettre qu'une paire de molécules d'hydrogène contiguës réagit à la fois sur une seule molécule d'oxygène extérieur. Elles formeraient de l'eau et laisseraient pourtant une paire d'atomes, ou une seule molécule d'hydrogène, encore attachée au platine.

L'oxydation de l'alcool, de l'éther et de corps analogues, sous l'influence du platine, paraît être aussi, dans chaque cas, une conséquence immédiate de la polarisation de l'hydrogène ou de quelque autre principe oxydable contenu dans ces substances, comme cela arrive dans la combustion de l'hydrogène lui-même.

Ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, de ce qu'un gaz est absorbé par un métal à basse température, il ne s'ensuit pas qu'il doive s'en échapper dans le vide à la même température; il faut souvent un degré de chaleur bien plus élevé pour son expulsion que pour sa première absorption. Cela est surtout vrai de l'oxyde carbonique occlus par le fer. La fonte est beaucoup trop poreuse pour de pareilles expériences, et livre un passage facile à l'oxyde carbonique, comme aux autres gaz, par l'action de la diffusion gazeuse. Même avec le fer malléable il y a une difficulté d'observation, à cause de la durée du temps pendant lequel ce métal continue à dégager l'oxyde carbonique provenant de sa provision naturelle de ce gaz. Mais un tube de fer malléable, d'abord privé de son gaz naturel, n'abandonna que très-lentement l'oxyde carbonique dans le vide (comparativement à l'hydrogène), quoique le volume d'oxyde carbonique que ce métal est susceptible d'absorber soit considérable, se montant à 4 volumes, ce qui dépasse le volume d'hydrogène occlus par le même métal. L'oxyde carbonique ne commença à traverser sensiblement le fer de 1<sup>mm</sup>,7 d'épaisseur qu'après que la température eut atteint une élévation considérable, et alors le passage du gaz par minute s'éleva

	Par mètre carré.
Pour l'oxyde carb., à une bonne chaleur rouge,	à 0° <sup>c</sup> , 284
Pour l'hydrogène	à 76° <sup>c</sup> , 500

C'est le palladium qui permet d'étudier avec le plus d'avantages la condition de l'hydrogène à l'état d'occlusion dans un métal colloïdal, la proportion du gaz absorbé étant considérable. Sous la forme de poudre spongieuse, le palladium absorba 655 volumes d'hydrogène, et ainsi chargé ne laissa rien échapper dans le vide à la température ordinaire, mais seulement après que la chaleur eut été élevée à près de 100 degrés. La feuille de palladium forgé absorbe tout autant de gaz. Mais la condition la plus favorable à l'absorption s'ob-

tient lorsqu'on précipite le palladium d'une solution d'environ 1,6 pour 100 de son chlorure, sous forme de métal compacte par l'action de la pile. Le palladium n'est pas du nombre des métaux qui se précipitent facilement de cette manière. Mais on l'obtient pourtant à l'état de lamelles brillantes, en se servant d'un fil mince de platine et d'une seule grande cellule. Le palladium se détache au bout d'un certain temps et présente une surface métallique d'un blanc éclatant du côté qui se trouvait en contact avec le platine, et une surface terne, rappelant l'arsenic métallique, sur la face exposée à l'acide. Ainsi préparé, il ne contient pas d'hydrogène occlus. Mais les minces pellicules métalliques, chauffées à 100 degrés dans l'hydrogène, et abandonnées ensuite pendant une heure à un refroidissement lent dans le même gaz, renfermaient 982<sup>vol.</sup>,14 de gaz mesurés à la température de 11 degrés sous une pression barométrique de 756 millimètres. C'est l'absorption d'hydrogène la plus considérable que j'aie observée. Le palladium ainsi chargé laisse échapper dans le vide, mais avec une lenteur extrême, quelques traces d'hydrogène à la température ordinaire. Il est représenté en poids par les nombres

Palladium, 1,0020. . . . .	99 <sup>gr.</sup> ,27
Hydrogène, 0,0073. . . . .	0,72
	100,00

soit dans la proportion de l'équivalent de palladium pour 0,772 équivalent d'hydrogène <sup>1</sup>, ou approximativement d'équivalent à équivalent, PdH. Mais l'idée d'une combinaison chimique définie est inadmissible pour plusieurs raisons. Il ne se produit aucun changement visible dans le palladium après son association avec l'hydrogène. Les hydrures de certains métaux sont d'ailleurs connus, tels que l'hydrure de cuivre (Wurtz) et l'hydrure de fer (Wanklyn), mais ce sont

<sup>1</sup> H=1, Pd=106,5.

des substances brunes, pulvérulentes, ne possédant aucune des propriétés des métaux. On réussit à préparer l'hydrure de palladium lui-même, mais on ne peut le conserver à cause de sa grande instabilité. En se conformant au procédé de M. Wurtz pour la préparation de l'hydrure de cuivre, on fit bouillir du nitrate de palladium dans l'acide sulfurique, et on obtint ainsi un sel rouge cristallin, le sulfate de palladium. On traita une solution de ce sel dans un excès d'acide sulfurique par l'hyposulfite de soude. Il se précipita une poudre noire qui se décomposa bientôt à 0 degré, en dégageant une quantité considérable de gaz hydrogène. Le résidu final était du palladium pur, ayant l'aspect noir amorphe habituel, sans aucune trace de cristallisation. Il est singulier que ce précipité de palladium ne contienne pas d'hydrogène occlus, même après avoir été chauffé, et exposé à une atmosphère d'hydrogène à la manière ordinaire; le noir de palladium ainsi préparé n'absorbe aucune quantité appréciable de ce gaz.

Je suis donc porté à croire que le passage de l'hydrogène au travers d'un métal est toujours précédé de la condensation ou occlusion du gaz. Il faut admettre cependant que la rapidité de pénétration n'est pas proportionnelle au volume du gaz occlus, autrement le palladium serait beaucoup plus perméable à basse qu'à haute température. Une plaque de ce métal fut à peu près complètement épuisée d'hydrogène à 267 degrés; mais elle n'en resta pas moins perméable; elle augmenta même en perméabilité à des températures plus élevées encore, sans pour cela devenir perméable en même temps à d'autres gaz. Dans une expérience frappante, on fit passer un mélange, à volumes égaux, d'hydrogène et d'acide carbonique au travers d'un petit tube de palladium dont le diamètre intérieur était de 3 millimètres et l'épaisseur de la paroi de 0<sup>mm</sup>,30. De la surface extérieure de ce tube, le gaz se dégage dans le vide, à la température du rouge, avec l'énorme vitesse de 1017<sup>o</sup>,54 par minute et par mètre carré. Ce gaz ne troublait pas l'eau de baryte: c'était de l'hydrogène pur.

La quantité d'hydrogène retenue par le métal à ces hautes températures peut n'être plus appréciable; mais je pense néanmoins qu'il y existe et qu'il passe au travers du métal par une sorte de cémentation rapide. Cette extrême mobilité est une singulière propriété de l'hydrogène, qui se rattache à la découverte fondamentale, par MM. H. Sainte-Claire Deville et Troost, du passage de ce gaz au travers des plaques de fer et de platine à de hautes températures. Le rapide passage du même gaz à travers une feuille mince de caoutchouc paraît plus susceptible d'une explication fondée sur des principes reconnus.

Le caoutchouc de moins de 1 millimètre d'épaisseur, et préalablement imprégné d'hydrogène, perd entièrement son gaz par la plus courte exposition à l'air. Un tube de 2 millimètres d'épaisseur, au travers duquel on fit passer l'un après l'autre, pendant une heure, un courant d'hydrogène et d'acide carbonique, retenait :

D'hydrogène . . . . .	vol. 0,0113
D'acide carbonique . . . . .	0,2200

L'absorption est donc dans la proportion de 1 d'hydrogène pour 20 d'acide carbonique; mais la vitesse comparative des deux gaz à travers une feuille de caoutchouc est comme 1 d'hydrogène à 2 $\frac{1}{2}$  d'acide carbonique, c'est-à-dire que l'hydrogène se meut avec une rapidité huit fois plus grande que celle indiquée par la densité de sa solution. Mais les diffusibilités de ces deux gaz diffèrent entre elles comme 1 d'acide carbonique est à 4,7 d'hydrogène. Le rapide passage de l'hydrogène au travers du caoutchouc s'explique donc en partie par la rapidité avec laquelle le gaz est amené à l'une des surfaces de la feuille et enlevé à l'autre par l'effet de la diffusion gazeuse. De plus, les deux gaz passent au travers de la substance du caoutchouc en vertu de leur diffusibilité *comme liquides*. Si l'on suppose que la diffusibilité de l'hydrogène sous cette forme dépasse autant celle de l'acide carbonique

que lorsque les deux substances sont à l'état gazeux, on aura alors, ce semble, une explication satisfaisante du passage rapide de l'hydrogène au travers du caoutchouc.

La diffusion liquide influe également sur la rapide dissémination de l'hydrogène à haute température à travers un métal colloïdal mou, comme le palladium ou le platine. On sait que la diffusion liquide des sels dans l'eau est six fois plus rapide à 100 degrés qu'à zéro. Si la diffusion de l'hydrogène liquide augmente avec la température dans la même proportion, ce doit être un mouvement bien rapide à la chaleur rouge. Quoique la quantité absorbée puisse être réduite (ou le passage rétréci), il se peut aussi que l'écoulement du liquide augmente ainsi de vitesse. Tous ces phénomènes semblent compatibles avec la solution de l'hydrogène liquide dans le métal colloïdal. L'affinité dissolvante des métaux paraît se borner à l'hydrogène et à l'oxyde carbonique; ils ne sont pas pénétrés d'une manière appréciable par d'autres gaz.

---

### MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

DELESSE et DE LAPPARENT. REVUE DE GÉOLOGIE POUR LES ANNÉES 1865 ET 1866, tome V, 1868<sup>1</sup>.

Nous avons déjà parlé quelquefois de la publication de la *Revue de Géologie*; c'est avec plaisir que nous annonçons l'apparition du cinquième volume de cet important recueil. Il traite des années 1865 et 1866. Ce travail est d'autant plus précieux qu'en France il ne paraît pas de résumé annuel des progrès de la géologie, à l'exception de l'excellente publication de M. Cotteau dans l'Annuaire de l'Institut des Provinces. Mais les travaux français seuls y trouvent place, tandis que la *Revue de Géologie*, sans négliger les travaux français,

<sup>1</sup> Un extrait de cette Revue a été publié dans les *Annales des Mines*, tome X, 1866.

s'occupe particulièrement de ceux qui ont paru à l'étranger. • Elle embrasse, disent les auteurs dans la préface, un ensemble de travaux comprenant au moins une année entière, • classés suivant l'ordre méthodique adopté dans la plupart • des manuels ; chaque question particulière y est autant que • possible envisagée dans son entier ; les travaux des divers • auteurs y sont rattachés les uns aux autres, et les contro- • verses présentées de manière à ce que l'on puisse en saisir • tous les incidents. De plus, toutes les fois que l'occasion • s'en présente, des renvois permettent de se reporter aux • volumes précédents et de bien saisir les phases successives • par lesquelles a passé chaque question. Aussi une collection • complète de la *Revue* offre-t-elle le résumé des travaux les • plus importants et l'histoire des progrès de la géologie • depuis 1860. •

Le volume de 293 pages que nous avons sous les yeux contient une grande quantité de renseignements sur les cartes agronomiques et géologiques, la physique du globe, les produits extérieurs et intérieurs de notre planète, les systèmes de montagnes, la lithologie, la géogénie, la paléontologie, la paléophytologie et les terrains ; l'ouvrage se termine par des articles très-nombreux classés par ordre géographique. Cet arrangement nous paraît excellent, mais eût-il des défauts, il est important qu'il reste toujours le même, pour que les recherches se fassent aisément dans la série des volumes.

Nous ne saurions donner trop d'éloges à la courageuse persévérance des auteurs de ce grand travail qui emploient un temps fort considérable à mettre les autres géologues au courant des œuvres de leurs confrères. Il est d'une haute importance que rien n'y soit omis et que chacun en consultant ce recueil puisse être assuré que tous les travaux y sont analysés ou au moins mentionnés. Il serait à désirer qu'on ne fût jamais obligé de chercher des renseignements ailleurs que dans cet ouvrage, si ce n'est pour avoir plus de détails que ceux qui y sont contenus.

Or, malgré quelques lacunes, la *Revue* nous semble avoir atteint le but qui lui est assigné. Ces lacunes, il faut le dire, sont un peu la faute de ceux qui ne font pas connaître leurs publications à l'un des deux auteurs de cet important résumé.

A. F.

---

### ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. SCHIFF. NUOVE RICERCHE, etc. NOUVELLES RECHERCHES SUR LA CIRCULATION DE LA BILE ET SUR LA CAUSE DE L'ICTÈRE. (*Giornale di scienze naturali ed economiche*. Palermo, 1868, vol. IV.)

C'est une question depuis longtemps agitée que de savoir pourquoi l'absorption de la bile produit l'ictère, lorsqu'elle a lieu par le vésicule du fiel et pourquoi elle ne le produit pas, lorsque la même quantité de bile est absorbée par l'intestin. Un état ictérique se produit lorsqu'on injecte dans le torrent circulatoire, chez un chien ou un lapin, une quantité de bile bien inférieure à celle sécrétée par le foie pendant 12 heures de digestion. Le phénomène ne provient pas de ce qu'à la quantité de bile normalement absorbée vient s'ajouter encore la quantité injectée, car le résultat de l'expérience est le même si l'injection a lieu chez un animal pourvu d'une fistule biliaire, c'est-à-dire, chez lequel toute la bile sécrétée par le foie est emmenée au dehors et chez lequel il existe déjà depuis quelque temps des symptômes d'absence de bile dans l'organisme. L'état ictérique ne provient pas non plus de ce qu'une grande quantité de bile est introduite tout à coup dans le sang, car le résultat est encore le même si l'injection est faite dans les mailles du tissu cellulaire, de manière à ce que la bile ne passe dans le sang que par une absorption graduelle.

Tout cela pourrait faire admettre que dans l'état normal il n'y a point d'absorption de bile par le canal intestinal. On

a même dit que si l'intestin pouvait absorber l'acide et la matière colorante biliaires, comme le fait le tissu cellulaire, chaque période de digestion devrait donner lieu à un état ictérique. Mais la petite quantité de matière biliaire qui se retrouve dans les excréments normaux paraît être en opposition avec cette manière de voir.

Leyden, le dernier auteur qui se soit occupé de ce sujet, croit que tous les faits jusqu'ici connus ne permettent pas d'admettre une absorption des matières essentielles de la bile dans le canal intestinal, et qu'une absorption de bile, même en petite quantité, ne peut avoir d'autre effet que l'ictère ou du moins un état ictérique. En conséquence, il admet que la quantité de la bile normalement produite par le foie est bien inférieure à celle généralement considérée comme normale d'après les recherches de Bidder et Schmidt, de Kölliker et Müller, de Nasse, d'Arnold et de Blondelot.

M. Schiff, dans une suite de remarquables expériences, est arrivé à des conclusions diamétralement opposées et paraissant péremptoires. Son mode d'expérimentation est le suivant : chez un chien il pratique une fistule biliaire ordinaire (schwannienne). L'animal une fois rétabli mange peu, mais reçoit chaque jour une quantité indéterminée de viande tant crue que cuite et un peu de pain. Chez le même animal, M. Schiff pratique ensuite une fistule duodénale, un peu au-dessous de l'ouverture du conduit pancréatique principal ; et il s'assure que pas une goutte de bile ne passe dans le duodénum. Quelques jours après l'établissement de la fistule duodénale on mesure la bile qui sort de la fistule biliaire. Chez un chien, M. Schiff recueille ainsi 2 centimètres cubes de bile en 20 minutes. Puis il pratique dans le duodénum, dans le sens périphérique, une injection de 180 centimètres cubes de bile de bœuf fraîche, et ferme ensuite la fistule duodénale. Au bout d'environ 20 minutes, on voit une augmentation surprenante de la quantité de bile sortant de la fistule schwannienne. Au bout d'une demi-heure, la fistule

livre jusqu'à dix centimètres cubes de bile en 20 minutes. Après une heure écoulée, la quantité est encore de 8 centimètres  $\frac{1}{2}$  en 20 minutes. Toutes les fois que l'expérience est répétée, le résultat est le même. L'analyse des urines sécrétée pendant ce temps révèle la présence de matières biliaires. Il y a donc excès de la bile dans la circulation. L'injection d'une autre substance, de lait par exemple, dans la fistule duodénale n'exerce aucune action sur la sécrétion biliaire.

M. Schiff obtient toujours, et sur les chiens les plus divers, les mêmes résultats. Il en déduit les conclusions suivantes. D'abord la bile de bœuf est absorbée par l'intestin du chien. Il en est exactement de même pour la bile de chien comme d'autres expériences l'ont prouvé. L'absorption s'étend à la matière colorante et aux acides biliaires; car, soit l'une, soit les autres se montrent dans les urines, peu après l'injection d'une quantité modérée de bile de bœuf. Ensuite la bile absorbée par l'intestin produit une augmentation de la sécrétion biliaire. Il est vrai que, dans les expériences précitées, ce résultat pourrait dépendre de ce que la bile a été absorbée en excès. Toutefois l'auteur montre que les choses se passent de la même manière lorsque la quantité absorbée ne dépasse pas les limites normales. M. Schiff pense que la bile absorbée dans l'intestin fournit les matériaux pour l'augmentation de la sécrétion, qu'elle pénètre dans la veine porte pour être en grande partie retenue dans le foie et retourner de là dans l'intestin, peut-être même avant d'être entrée dans le torrent de la circulation générale. S'il en est bien ainsi, les difficultés que nous avons exposées plus haut dans l'histoire physiologique de l'ictère n'existent plus. Il en résulterait l'existence pour la plus grande partie de la bile d'une véritable circulation entre le foie et l'intestin, et seulement quand cette circulation est insuffisante et que par une cause quelconque le foie ne peut plus éliminer toute la bile absorbée de l'intestin ou de la vésicule du fiel, la bile, entrant en trop

grande quantité dans la circulation générale, produirait l'ictère.

Une autre conséquence importante de ces vues nouvelles, c'est que la quantité de bile obtenue d'une fistule schwannienne, bien loin d'être trop considérable comme quelques auteurs l'ont supposé, est au contraire bien inférieure à la quantité sécrétée par le foie dans l'état normal. La fistule de Schwann, qui détourne la bile de l'intestin, ne saurait être un moyen de connaître le volume de la sécrétion hépatique, puisqu'elle prive le foie de tous les matériaux déjà formés qui lui seraient venus par la circulation de la bile. Le produit de la fistule de Schwann ne représente plus que l'excédant de matière biliaire qui se forme de nouveau dans le sang, selon la plus ou moins grande abondance de matières nutritives.

M. Schiff insiste sur l'analogie qui, selon lui, existe dans le mode de production du suc gastrique, du suc pancréatique et de la bile. Le suc gastrique et le pancréatique se produisent, et même dans l'état normal se produisent exclusivement, après une absorption des produits de la digestion, de sorte que le constitutif essentiel de ces sucs peut être considéré comme un produit de la digestion stomacale ou salivaire, qui après l'absorption retourne une seconde fois dans la cavité gastro-intestinale. Une telle circulation, malgré toutes les preuves fournies par les expériences de M. Schiff, paraît à certains physiologistes, spécialement à M. Meissner, tellement paradoxale qu'ils se refusent à l'admettre. Le mode de formation de la bile, tel qu'il résulte des expériences mentionnées plus haut, n'offre pas, il est vrai, une parfaite analogie avec le mode de formation du suc gastrique, mais il s'y retrouve la circulation, le retour de la bile absorbée dans l'intestin vers ce même organe, et ce retour qui paraissait un paradoxe à beaucoup d'auteurs est susceptible pour la bile d'une preuve plus directe et plus immédiate que pour les autres liquides intestinaux.

Il est vrai que ces conclusions sont basées sur des expériences dans lesquelles la bile fut introduite dans l'intestin en quantité plus ou moins exagérée. Il s'agit de savoir si *mutatio mutandis*, l'effet serait le même lorsque la bile serait introduite en quantité normale. Cette question est essentiellement liée à une autre non moins intéressante pour le physiologiste. La méthode de Schwann, suivie jusqu'ici par tous les expérimentateurs et consistant à obtenir la bile par une fistule de la vésicule biliaire, après la ligature du canal cholédoque, cette méthode ne doit-elle pas toujours fournir des valeurs trop petites, puisque la bile se déversant à l'extérieur ne peut plus être absorbée dans l'intestin ?

M. Schiff répond à cette question par l'affirmative. L'écoulement de bile pendant les premières minutes qui suivent l'établissement de la fistule, peut seul, suivant lui, donner une idée de la quantité de la sécrétion normale. Dans leurs expériences, MM. Bidder et Schmidt ont mesuré de quart d'heure en quart d'heure, la bile fournie par une fistule biliaire récemment établie. Mais voyant que la quantité de la bile diminuait constamment à partir du commencement de l'expérience, et qu'il n'était pas possible de trouver un chiffre moyen, ces auteurs renoncèrent à cette méthode pour se servir de fistules permanentes faites sur des chiens. Pour les autres animaux chez lesquels ils n'ont pu établir de fistule permanente, ils pensent devoir donner la préférence à la quantité trouvée dans la seconde heure de l'expérience, parce que, dans leur idée, l'excès constaté durant la première heure, pourrait provenir de ce que la vésicule n'a pas été complètement vidée.

M. Schiff a repris l'étude de ce sujet à l'aide d'un nouveau mode d'expérimentation : il pratique une fistule biliaire non plus de la vésicule, mais du canal cholédoque, fistule pouvant à la volonté de l'expérimentateur déverser la bile dans l'intestin ou à l'extérieur. Cette fistule amphibolique est tenue ouverte par l'appareil suivant : une longue canule

passant par la blessure externe, traverse le duodénum et entre dans le canal cholédoque dont elle a le diamètre. Une plaque ovale entourant le tube au niveau de la blessure externe est fixée entre les muscles abdominaux et sert à maintenir le tube après la guérison. La canule porte une grande ouverture latérale communiquant avec le duodénum. Une seconde canule plus mince entre exactement dans la première. Sa longueur est assez grande pour lui permettre de recouvrir l'ouverture latérale de la canule enveloppante. Aussi dès que cette seconde canule est introduite, la bile du canal cholédoque doit forcément s'écouler au dehors. Lorsque la seconde canule est enlevée, et qu'un bouchon vient former la canule externe, la bile coule librement et exclusivement dans l'intestin.

Les expériences faites à l'aide de la fistule amphibolique chez des chiens qui n'avaient pas mangé depuis quelques jours, soit parce qu'ils refusaient les aliments par suite de l'état fébrile, soit parce qu'on ne leur donnait que du lait, ces expériences furent des plus instructives. Lorsque la canule interne avait séjourné pendant 3 ou 4 heures dans l'externe, de manière à laisser toute la bile s'écouler au dehors, la sécrétion se trouvait si ralentie que la quantité de bile fournie dans l'espace de 10 minutes, pouvait à peine être mesurée exactement à l'aide du volumètre. Ce résultat est d'accord avec celui qu'ont obtenu d'autres observateurs opérant, dans des conditions analogues, sur des chiens munis de fistule de Schwann. Mais lorsqu'on retire le tube interne, et que, fermant l'ouverture, on laisse entrer pendant 3 heures la bile dans le duodénum, la quantité de bile obtenue par une nouvelle introduction du tube interne, augmente beaucoup. Il est clair que, dans ce mode d'expérimentation, la bile recueillie pendant 10 minutes, peut devenir une mesure de la quantité de bile sécrétée. De nombreuses expériences faites à l'aide de la fistule amphibolique, donnent, pour la sécrétion de la bile, des chiffres

toujours fort supérieurs à ceux que fournit, dans les mêmes conditions, la fistule de Schwann.

M. Schiff promet de reprendre dans un prochain mémoire et sous un autre point de vue, la question de la relation entre la sécrétion de la bile et l'absorption des substances biliaires.

E. C.

---

Prof. SCHIFF. NOUVELLES RECHERCHES SUR LE POUVOIR DIGESTIF DU SUC ENTÉRIQUE. (*Nuove ricerche sul potere digerente del succo enterico*. Firenze, Luglio 1867, br.)

M. le professeur Vizioli a fait d'intéressantes observations sur la digestion intestinale chez un homme pourvu par accident d'un anus artificiel au niveau de l'intestin grêle. Les résultats obtenus par M. Vizioli sont en général d'accord avec ceux auxquels il était déjà arrivé au sujet du pouvoir digestif du suc intestinal, chez des chiens munis d'une fistule latérale de l'intestin. Cependant ces résultats sont en contradiction avec les expériences d'autres observateurs, avec celles de M. Thiry en particulier. Ce physiologiste, à l'aide d'une méthode ingénieuse, réussit chez des chiens à isoler l'action du suc intestinal, non-seulement des liquides digestifs provenant de la partie supérieure du canal intestinal, mais encore des liquides provenant de la décomposition des matières alimentaires mélangées. La méthode de M. Thiry consiste essentiellement à isoler une partie plus ou moins longue d'une anse intestinale de ses communications avec le reste de l'intestin, en laissant cependant subsister dans toute leur intégrité, les relations de ce fragment avec le système nerveux et le vasculaire. L'une des extrémités de ce fragment isolé est fixé dans la plaie de la paroi abdominale pour former l'ouverture de la fistule; l'autre extrémité est fermée à l'aide d'une suture ou d'une ligature. Le fragment intestinal reste dans la cavité de l'abdomen. La continuité du tube digestif est rétablie par entéroraphie

La guérison achevée, la digestion s'effectue fort bien par le tube intestinal raccourci seulement de toute la longueur du fragment détaché qui constitue désormais un boyau aveugle, débouchant par la fistule externe. Le boyau aveugle présente encore sa circulation normale, ses mouvements propres et la sécrétion de ses glandes, laquelle peut être recueillie franche de tout mélange avec d'autres sécrétions ou avec les produits de la digestion.

MM. Thiry et Ludwig, chez des chiens heureusement opérés de cette manière, ont constaté que la sécrétion intestinale, tant que le tube intestinal n'est pas irrité, est à peine suffisante pour tenir la muqueuse couverte d'une couche humide et qu'on ne peut recueillir aucun liquide de la fistule aveugle. La sécrétion est à peine augmentée par l'activité digestive du reste de l'intestin, mais bien par le contact immédiat des aliments avec la muqueuse ou par toute autre irritation directe de cette membrane. Les purgatifs introduits par la bouche n'augmentent pas la sécrétion intestinale dans le fragment isolé. Le produit de la sécrétion intestinale, contrairement à l'opinion généralement admise, ne posséderait point par lui-même la propriété d'émulsionner les corps gras, ni celle de transformer l'amidon en sucre, ni celle de dissoudre la caséine, l'albumine et la viande. En revanche, il pourrait dissoudre une certaine quantité de fibrine solide.

Pas plus que M. Vizioli, M. Schiff n'a pu se mettre entièrement d'accord avec les résultats annoncés par M. Thiry. Il a étudié d'abord ce sujet à l'aide d'une fistule latérale, faite suivant le mode généralement pratiqué pour les fistules stomacales. Cette fistule lui permit de reconnaître que dans l'intestin grêle et le duodénum, l'amidon se transforme en sucre et tous les corps albuminoïdes primitifs (albumine, caséine, fibrine, légumine) sont dissous. Pour l'amidon, il ne fut pas possible de prouver que la transformation observée dans l'intestin résulte uniquement de l'action de cet organe, c'est-à-dire qu'elle soit due uniquement au suc intestinal et

qu'elle soit indépendante du suc pancréatique. Mais quant à la dissolution des corps albuminoïdes, M. Schiff pense pouvoir démontrer qu'elle est indépendante, soit du suc pancréatique, soit du suc gastrique. Elle lui semble indépendante du suc pancréatique, parce que, ainsi qu'il l'a montré ailleurs, ce suc perd toute action sur les corps albuminoïdes solides après la digestion d'aliments suffisamment abondants pour ne réacquérir de pouvoir digestif qu'après une nouvelle absorption stomacale de matières peptogènes. A jeun, il ne reste pas dans l'intestin de matière pancréatique active comme résidu de la sécrétion faite pendant la digestion, parce que cette matière, en contact avec les substances albuminoïdes et à la température du corps de l'animal, se neutralise et se décompose avec rapidité. En revanche, l'action du suc intestinal sur les corps albuminoïdes se manifeste de la même manière dans toutes circonstances, ce qui montre que le pouvoir digestif de ce suc est inhérent à la sécrétion et nullement subordonné à la saturation des glandes intestinales par la digestion ou par l'absorption de matières peptogènes. La digestion intestinale des substances albuminoïdes continue d'ailleurs d'avoir lieu après la ligature des conduits excréteurs du pancréas et de l'extirpation de la glande.

M. Schiff a aussi répété ses expériences par le procédé de la fistule aveugle de M. Thiry, et les résultats fort divers auxquels il est arrivé semblent donner la clef des divergences constatées par les différents observateurs. En effet, l'activité digestive du boyau aveugle paraît varier extraordinairement, selon que la guérison a été accompagnée de troubles circulatoires plus ou moins grands dans le boyau isolé. Lorsque l'opération a très-bien réussi et que la muqueuse a conservé à peu près son apparence normale, le boyau aveugle est en état de dissoudre de petits fragments d'albumine, de caséine fraîche, de fibrine, de substance musculaire cuite et crue. Il transforme rapidement l'amidon en sucre : son pouvoir diastatique ne paraissant que peu inférieur à celui

du suc pancréatique. Enfin le liquide intestinal émulsionne aussi un peu les corps gras, formant une émulsion plus parfaite lorsque la fistule est placée dans le jéjunum ou dans la partie supérieure de l'iléum que lorsqu'elle est située dans le duodénum. Au contraire, lorsque la circulation de la muqueuse est troublée, l'amidon ne se transforme point et les corps albuminoïdes ne se dissolvent qu'en partie ou imparfaitement.

E. C.

---

N. LIEBERKÜHN. UEBER DAS CONTRACTILE GEWEBE, etc. SUR LE TISSU CONTRACTILE DES ÉPONGES. (*Archiv für Anat. und Phys.*, 1867, p. 509.)

Dans un nouveau supplément à ses nombreuses recherches sur les spongiaires, M. Lieberkühn consacre une attention particulière aux embryons ciliés des spongilles. Les œufs présentent une segmentation parfaitement régulière. Ils sont placés, de même que les embryons, dans des lacunes du parenchyme contractile du corps. C'est aussi là que se trouvent les cellules spermatiques. M. Lieberkühn, pour observer les embryons, divise la spongille en minces tranches, qu'il laisse tremper dans l'eau pendant un jour. Les embryons, jusqu'au moment où ils commencent leur vie indépendante, restent dans l'enveloppe formée par le tissu contractile de la spongille, et ils s'y meuvent en tournant à l'aide de leur habit ciliaire. Pendant ce temps se forme la cavité du corps pleine de liquide. Une partie des sphères de segmentation qui n'ont pas subi de grande modification, sont refoulées dans la partie postérieure du corps, où elles forment une masse opaque. Les cils de l'embryon sont forts longs et implantés sur du sarcode encore amorphe, mais point sur de véritables cellules. La masse proprement dite de l'embryon est cependant formée de cellules contractiles et nucléées, dont une partie renferme des spicules siliceux à l'intérieur. Ce tissu est identique avec le parenchyme contractile de la spongille adulte.

E. C.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE MAI 1868.

Le 1<sup>er</sup>, le 2 et le 3, forte rosée le matin.

4. couronne lunaire de 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 9<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. du soir.
5. de 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. du matin, on voit l'arc tangent supérieur au halo ordinaire ; halo solaire partiel vers midi et 2 h. après midi.
6. couronne lunaire dans la soirée.
7. à 11 h. 11 m. du soir un éclair et un coup de tonnerre.
8. éclairs au SSO. depuis 9 h. du soir ; à 11 h. du soir violente averse qui a donné 6<sup>mm</sup>,5 dans 25 minutes, et qui était accompagnée de forts éclairs sans tonnerres.
9. couronne solaire dans l'après-midi ; éclairs et tonnerres depuis un peu avant 8 h. du soir jusqu'à 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h.
10. éclairs et tonnerres de 5 h. à 6<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. partant de deux nuages orageux, l'un à l'O. de l'Observatoire et se dirigeant vers le N., l'autre au NE. dans lequel les décharges ont commencé un quart d'heure plus tard, et se dirigeant également vers le N., dans quelle direction ces deux nuages se sont réunis.
11. forte rosée le matin ; halo solaire partiel au milieu de la journée. De 3 h. 5 m. à 3 h. 40 m. tonnerres, l'orage se dirigeant du S. vers le NO. ; un second orage éclate au S. un peu avant 4 h., les nuages orageux se dirigeant en partie vers le SE. en partie vers le SO.
12. éclairs et tonnerres de 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. du soir, le nuage orageux passant successivement du SE. au SO., du SO. au NE. ; c'est dans ce passage vers 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. du soir que l'intensité a été la plus grande, les éclairs et les tonnerres se succédant presque sans interruption et qu'il est tombé une violente averse, 9<sup>mm</sup> dans 21 minutes.
13. de midi et demi à 1 h. quelques tonnerres à l'Ouest de l'Observatoire. La dernière trace de neige a disparu du sommet du Grand-Piton, depuis plusieurs jours, il n'y avait plus qu'une petite tache dans cette localité.

- 15, éclairs du côté du S. le soir.  
 16, couronne solaire à plusieurs reprises dans l'après-midi ; éclairs au S. le soir.  
 17, et 18, rosée le matin.  
 20, éclairs et tonnerres de 6  $\frac{1}{2}$  h. à 10 h. du soir ; l'orage atteint sa plus grande intensité de 9 h. à 9  $\frac{1}{4}$  h. en passant du NE. vers le SSO.  
 21, éclairs et tonnerres continuels de 1 h. à 2 h. après midi, l'orage passe du SO. au SE. au S. de l'Observatoire.  
 22, vers 2  $\frac{1}{2}$  h. quelques coups de tonnerre au NO.  
 23, forte rosée le matin ; halo solaire de 6  $\frac{1}{2}$  h. à 10 h. du matin.  
 24, de 8 h. à 9 h. du soir éclairs à l'Ouest.  
 26, vers 9 h. du soir éclairs du côté de l'Est.  
 27, depuis la tombée de la nuit, éclairs continuels dans toute la partie S. de l'horizon jusqu'à 9  $\frac{1}{4}$  h. ; plus tard, et jusqu'après 10 h., du côté du NE. l'on entend le tonnerre.  
 28, éclairs depuis la tombée de la nuit jusqu'après 11 h. du côté du S. ; couronne lunaire, à plusieurs reprises depuis 9 h.  
 29, violent orage vers 4 h. de l'après-midi, précédé d'un très-fort coup de vent du SSO. qui s'est levé à 3  $\frac{3}{4}$  h. : l'orage a suivi la direction du SO. au NE., il a atteint sa plus grande intensité de 4  $\frac{1}{4}$  h. à 4  $\frac{1}{2}$  h., il est tombé 13<sup>mm</sup>,5 dans 35 minutes. Couronne lunaire presque toute la soirée.  
 30, halo solaire de 8  $\frac{1}{4}$  h. à 2  $\frac{3}{4}$ , très-beau par moments. Eclairs au NE. depuis 9 h. du soir, à 10 h. du soir on entend le tonnerre du côté de l'Est.  
 31, de 5 h. 45 m. à 6  $\frac{1}{4}$  h. on voit les 2 parhélies sur le halo ordinaire ; celui de gauche (vers le nord) est particulièrement éblouissant, plus tard de 7  $\frac{1}{2}$  h. à 11  $\frac{1}{4}$  h. halo solaire. De 2 h. à 2  $\frac{1}{4}$  h. tonnerres au SE., l'orage passe du SE. au NO. Un second orage éclate au NO., éclairs et tonnerres dans cette direction de 6  $\frac{3}{4}$  h. à 7  $\frac{1}{4}$  h. Enfin un troisième orage a lieu de 7  $\frac{1}{4}$  h. à 7  $\frac{1}{4}$  h., ou l'on entend le tonnerre du côté du SE.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.

	mm
Le 1 à 8 h. matin .....	736,03
7 à 8 h. matin .....	724,77
10 à 10 h. soir .....	725,12
14 à 10 h. matin .....	732,45
19 à 8 h. matin .....	730,20
27 à 10 h. soir .....	731,61

MINIMUM.

	mm
Le 5 à 4 h. soir. ....	722,56
8 à 4 h. soir .....	721,71
12 à 4 h. soir .....	722,05
16 à 4 $\frac{1}{2}$ h. soir .....	724,90
22 à 6 h. soir .....	723,79

Jours du mois	Baromètre.			Température C.			Tension de la vap.			Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige.			Vent dominant.		Clarité du Ciel.		Temp. du Rhône		Limn. à 11 h.	
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	millim.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	millim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. des 24 h.	mm.	N.	S.S.O.	N.	1	0		Midi.	Écart avec la temp. normale	cm.
1	735,21	+10,48		+13,02	+2,07	0	+18,9	7,39	+0,52	450	37	910				N.	1	0,10	9,4	0,8	110		
2	732,75	+7,99		+14,39	+3,29	7,1	+20,9	7,77	+0,83	360	57	930				N.	1	0,00	9,9	0,1	112		
3	729,01	+4,22		+18,40	+7,16	9,0	+26,5	8,06	+1,05	240	173	840				S.S.O.	1	0,00			114		
4	726,00	+1,18		+17,15	+5,77	9,7	+24,9	7,91	+0,83	340	58	860				N.	1	0,06	10,8	0,6	116		
5	724,23	-0,62		+16,86	+5,34	12,2	+22,7	9,05	+1,90	653	60	430	770	0,1	1/2	N.	1	0,74	13,4	3,1	119		
6	724,43	-0,76		+16,39	+4,73	12,4	+21,5	10,10	+2,88	745	32	530	880	12,3	8	variable		0,81	10,8	0,3	121		
7	724,01	-0,92		+14,90	+3,10	13,6	+18,0	10,10	+2,81	811	98	650	860	6,5	1/2	N.	1	0,87	13,0	2,4	123		
8	722,66	-2,31		+14,91	+2,96	12,3	+18,6	10,27	+2,91	827	114	620	890	6,5	1/2	N.	1	0,60	12,8	2,1	125		
9	723,46	-1,55		+15,73	+3,64	11,2	+21,1	10,78	+3,34	814	101	630	920	0,8	3	N.	1	0,62	13,5	2,7	127		
10	723,99	-1,06		+15,16	+2,93	10,4	+20,8	10,07	+2,55	799	57	570	980			variable		0,64			130		
11	724,08	-1,07		+16,28	+3,91	11,1	+22,5	10,52	+2,92	771	57	480	920	2,0	3	variable		0,57	14,5	3,5	132		
12	723,41	-2,09		+17,02	+4,51	12,5	+22,9	10,82	+3,14	776	62	540	940	15,4	4	N.	1	0,51	12,9	1,8	135		
13	728,71	+3,46		+17,94	+5,28	14,4	+23,0	11,72	+3,96	783	69	620	930	0,5	1	variable		0,86	13,9	2,7	139		
14	731,72	+6,42		+16,94	+4,14	12,7	+21,9	9,23	+1,39	662	52	430	890			N.N.E.	2	0,21	15,8	4,5	142		
15	729,38	+4,03		+15,88	+2,94	11,9	+20,1	9,27	+1,36	705	9	490	830			N.	1	0,23	15,3	4,1	144		
16	726,27	+0,87		+16,29	+3,21	10,5	+24,0	8,99	+1,01	666	48	410	800			variable		0,48	15,7	4,2	145		
17	727,44	+1,99		+15,10	+1,88	8,2	+21,7	8,34	+0,29	673	83	360	830			N.	1	0,22			146		
18	729,31	+3,81		+16,95	+3,58	9,1	+23,8	8,70	+0,38	630	88	380	850			N.N.E.	1	0,06	15,8	4,1	146		
19	729,04	+3,49		+17,54	+4,03	9,1	+24,0	9,13	+0,94	625	88	380	850			N.	1	0,18	15,9	4,0	147		
20	727,46	+1,87		+19,27	+5,62	11,2	+27,0	9,46	+1,20	595	118	360	850	15,4	5	variable		0,40	16,7	4,7	148		
21	725,98	+0,35		+16,99	+3,20	13,0	+23,0	12,20	+3,87	846	+133	680	940	2,0	2/3	N.	1	0,77			150		
22	724,90	+0,77		+16,52	+2,60	12,2	+23,0	11,42	+3,02	828	115	440	910	4,7	1/5	SO.	1	0,50	16,3	4,1	152		
23	725,03	-0,68		+19,31	+5,26	10,9	+25,5	11,06	+2,59	673	145	440	910			SO.	1	0,70	16,7	4,4	152		
24	727,05	+1,30		+21,59	+7,41	13,0	+28,2	10,92	+2,38	500	123	350	820			S.S.O.	1	0,32			154		
25	728,31	+2,52		+22,58	+8,27	14,8	+28,5	12,06	+3,45	603	110	400	800			S.S.O.	1	0,17	16,5	4,1	155		
26	729,48	+3,65		+22,87	+8,42	16,1	+29,5	12,09	+3,41	598	114	410	770			S.S.O.	1	0,18	15,8	3,2	157		
27	730,61	+4,74		+23,11	+8,53	14,2	+30,1	10,57	+1,92	524	188	280	740			variable		0,33	15,1	2,4	159		
28	730,29	+4,38		+22,89	+8,17	14,7	+29,1	12,70	+3,88	629	83	380	750			N.	1	0,27	15,2	2,4	163		
29	727,47	+1,52		+20,38	+5,53	15,2	+27,0	12,90	+4,02	750	38	420	960	13,6	2/3	variable		0,62	17,1	4,2	166		
30	727,56	+1,57		+20,10	+5,12	12,6	+28,0	11,60	+2,65	674	38	410	860			variable		0,49	15,9	2,9	169		
31	727,02	+0,99		+19,32	+4,21	14,1	+25,5	12,04	+3,02	733	21	460	890	0,8	1/3	N.	1	0,62			174		

## MOYENNES DU MOIS DE MAI 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	727,34	727,43	727,23	726,65	725,89	725,30	725,36	725,80	726,15
2 <sup>e</sup> "	728,23	728,36	728,21	727,66	727,09	726,68	726,72	727,27	728,00
3 <sup>e</sup> "	728,19	728,39	728,14	727,58	727,06	726,56	726,73	727,47	728,13
Mois	727,93	728,07	727,87	727,31	726,69	726,19	726,29	726,87	727,45

### Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+11,66	+14,62	+16,64	+18,38	+19,36	+20,35	+19,32	+17,00	+15,33
2 <sup>e</sup> "	+13,19	+16,10	+18,55	+20,53	+21,45	+21,68	+20,29	+17,51	+14,97
3 <sup>e</sup> "	+16,45	+19,89	+21,92	+24,36	+24,75	+25,79	+23,85	+20,87	+19,45
Mois	+13,85	+16,97	+19,13	+21,20	+21,95	+22,71	+21,24	+18,54	+16,67

### Tension de la vapeur.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	8,96	9,45	9,42	9,02	8,89	8,96	8,86	9,37	9,68
2 <sup>e</sup> "	9,78	10,05	9,81	9,80	9,73	9,10	9,29	9,64	9,62
3 <sup>e</sup> "	11,46	12,16	12,01	11,99	11,34	11,69	12,13	12,04	11,43
Mois	10,11	10,60	10,47	10,33	10,03	9,97	10,16	10,41	10,28

### Fraction de saturation en millièmes.

1 <sup>re</sup> décade	874	763	673	582	543	513	545	658	754
2 <sup>e</sup> "	866	745	623	553	518	485	527	647	760
3 <sup>e</sup> "	829	708	616	537	506	485	575	671	692
Mois	855	738	637	557	522	494	550	659	734

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnime- tre.
1 <sup>re</sup> décade	+10,38	+21,39	0,44	11,66	19,7	119,7
2 <sup>e</sup> "	+11,07	+23,09	0,37	15,19	33,3	142,4
3 <sup>e</sup> "	+13,71	+27,05	0,45	16,07	21,1	159,2
Mois	+11,78	+23,95	0,42	14,34	74,1	141,0

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,37 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 24°, 1 O., et son intensité est égale à 28,6 sur 100.

# TABLEAU

## DES

### OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1868.

- Le 8, brouillard jusqu'à 8 h. du matin.
- 9, id. à 6 h. du matin et de 4 h. à 6 heures de l'après-midi.
- 10, id. jusqu'à 10 heures du matin.
- 13, id. depuis 6 heures du soir.
- 14, id. jusqu'à midi et à 8 heures du soir.
- 21, id. depuis 6 heures du soir.
- 23, id. depuis 8 heures du soir.
- 28, deux coups de tonnerre vers les 8 heures du soir et à 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> des éclairs très-fréquents.
- 29, à 3 heures du soir, grêles, pluie, tonnerres et éclairs répétés; la pluie continue jusqu'à 4<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. et elle reprend de 5<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. à 5<sup>3</sup>/<sub>4</sub> h.

#### *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

	MAXIMUM	MINIMUM.	
	<small>mm</small>		<small>mm</small>
Le 2 à 10 h. matin .....	573,51	Le 8 à 6 h. matin .....	563,13
10 à 10 h. soir .....	566,22	12 à 6 h. matin .....	564,54
14 à 10 h. soir .....	571,01	16 à 4 h. soir .....	566,12
18 à 10 h. soir .....	570,54	22 à 6 h. soir .....	565,46
27 à 10 h. soir .....	574,89		

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent		Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum*.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	dominant.		
1	572,52	+10,35	571,20	573,49	0	5,30	0,8	+6,8	.....	.....	.....	NE.	0,01	
2	573,14	+10,88	572,89	573,51	+9,09	+10,76	+5,0	+12,8	.....	.....	.....	NE.	0,00	
3	570,63	+8,28	569,99	571,48	+7,83	+9,36	+5,1	+10,0	.....	.....	.....	calme	0,01	
4	567,78	+5,34	567,13	568,40	+6,16	+7,54	+3,4	+11,4	.....	.....	.....	NE.	0,12	
5	566,75	+4,92	566,35	567,22	+2,92	+4,16	+1,4	+5,7	.....	.....	.....	SO.	0,92	
6	566,16	+3,53	566,02	566,50	+1,11	+2,30	+1,1	+3,9	.....	15,1	10	SO.	0,99	
7	564,33	+1,61	563,88	564,87	+1,30	+2,25	+1,1	+3,9	.....	32,2	20	SO.	1,00	
8	563,55	+0,73	563,13	564,17	+3,37	+4,17	+0,7	+6,9	.....	9,0	8	SO.	0,92	
9	564,75	+1,84	564,28	565,46	+2,52	+3,18	+1,2	+5,0	.....	.....	.....	SO.	0,87	
10	565,71	+2,70	564,82	566,22	+2,24	+2,76	+0,9	+3,4	.....	.....	.....	variable	0,66	
11	565,90	+2,09	564,88	565,58	+4,71	+5,09	+1,6	+7,8	.....	.....	.....	SO.	0,71	
12	564,94	+1,73	564,54	565,74	+5,04	+5,28	+2,3	+8,1	.....	0,8	1	NE.	0,52	
13	569,07	+5,76	567,07	570,66	+3,39	+5,49	+3,6	+9,8	.....	.....	.....	NE.	0,79	
14	568,94	+5,43	568,53	569,54	+2,44	+3,65	+1,4	+6,2	.....	.....	.....	SO.	0,73	
15	566,53	+2,92	566,12	567,05	+1,66	+1,34	+0,8	+4,4	.....	.....	.....	SO.	0,73	
16	567,54	+3,83	566,74	568,35	+3,69	+3,23	+1,4	+4,4	.....	.....	.....	SO.	0,79	
17	569,59	+5,78	569,02	570,54	+4,99	+4,39	+1,3	+8,8	.....	.....	.....	NE.	0,56	
18	569,68	+5,77	569,18	570,06	+4,82	+4,08	+2,5	+8,2	.....	.....	.....	NE.	0,36	
19	568,40	+2,48	568,24	569,04	+4,98	+4,10	+2,0	+8,9	.....	.....	.....	SO.	0,62	
20	566,60	+1,50	565,46	566,00	+4,90	+3,95	+2,6	+8,5	.....	.....	.....	NE.	0,81	
21	565,72	+2,32	565,47	567,92	+6,45	+5,16	+3,2	+11,4	.....	3,8	2	NE.	0,87	
22	566,64	+5,49	568,78	570,96	+8,26	+6,84	+4,5	+11,5	.....	.....	.....	NE.	0,58	
23	569,91	+6,97	571,04	572,30	+8,37	+6,82	+6,0	+13,6	.....	.....	.....	SO.	0,17	
24	572,50	+7,87	572,91	574,89	+10,01	+8,33	+6,9	+14,4	.....	.....	.....	calme	0,61	
25	573,51	+8,97	572,10	572,88	+10,81	+9,09	+7,9	+14,4	.....	.....	.....	variable	0,09	
26	572,70	+8,39	572,70	574,04	+10,81	+8,87	+8,2	+12,1	.....	0,6	1	NE.	0,27	
27	573,43	+9,12	573,43	574,04	+10,81	+8,87	+8,2	+12,1	.....	16,4	2	NE.	0,82	
28	570,77	+4,62	569,96	571,95	+7,13	+4,93	+4,3	+12,1	.....	.....	.....	SO.	0,84	
29	569,67	+4,14	569,32	570,09	+6,60	+4,98	+4,9	+10,1	.....	.....	.....	SO.	0,39	
30	569,29	+4,14	568,89	569,56	+6,60	+4,98	+5,8	+9,4	.....	.....	.....	SO.	0,76	

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir. le thermomètre-  
 barométrique étant hors de service.

## MOYENNES DU MOIS DE MAI 1868.

.    6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	567,42	567,62	567,78	567,71	567,50	567,41	567,37	567,62	567,72
2 <sup>e</sup> .	567,87	568,07	568,14	568,14	567,96	567,89	568,03	568,33	568,50
3 <sup>e</sup> .	569,74	570,00	570,11	570,03	569,94	569,95	569,77	570,16	570,44
Mois	568,39	568,61	568,72	568,67	568,52	568,46	568,43	568,75	568,94

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	+ 2,46	+ 3,89	+ 4,74	+ 6,20	+ 6,58	+ 6,31	+ 4,92	+ 3,51	+ 3,17
2 <sup>e</sup> .	+ 1,59	+ 3,96	+ 5,92	+ 7,02	+ 7,29	+ 6,24	+ 4,51	+ 3,37	+ 3,13
3 <sup>e</sup> .	+ 5,50	+ 8,32	+ 9,12	+ 10,41	+ 10,87	+ 9,88	+ 8,18	+ 6,86	+ 6,41
Mois	+ 3,26	+ 5,48	+ 6,67	+ 7,96	+ 8,33	+ 7,55	+ 5,95	+ 4,65	+ 4,31

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	+ 2,07	+ 7,00	0,55	56,3	—
2 <sup>e</sup> .	+ 1,59	+ 7,55	0,57	0,8	—
3 <sup>e</sup> .	+ 5,15	+ 11,56	0,55	20,8	—
Mois	+ 3,01	+ 8,80	0,55	77,9	—

Dans ce mois, l'air a été calme 27 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,78 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 10,0 sur 100.

\* Voir la note du tableau.



# OBSERVATIONS DE TACHES DU SOLEIL

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS OBTENUS APRÈS PLUSIEURS ANNÉES  
D'OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES

PAR

**M. le Professeur G. SPÖRER.**

Anclam, 1868.

---

(Lu à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, dans sa séance du 4 juin 1868.)

---

A plusieurs reprises déjà les travaux de M. le professeur Spörer, à Anclam (Poméranie), ont été mentionnés dans des études sur la constitution du Soleil<sup>1</sup>. Ces travaux ont continué à être publiés à intervalles rapprochés dans les *Astronomische Nachrichten*. L'auteur en donne aujourd'hui un résumé, imprimé à part, dont nous croyons utile d'offrir une analyse pouvant mettre au courant de l'état actuel de la science astronomique sur ce sujet.

Dès l'année 1862, M. Spörer s'est occupé de la fixation des éléments de la rotation du Soleil, et il a confirmé une loi découverte avant lui et étudiée aussi par M. Carrington : c'est que la vitesse de rotation des taches varie avec leur latitude héliographique, cette vitesse allant en

<sup>1</sup> Voyez *Archives*, tome XIX, p. 265, avril 1864 ; tome XXIV, p. 21, septembre 1865 ; tome XXV, p. 71, janvier 1866.

décroissant, à mesure qu'elles s'éloignent de l'équateur solaire.

La belle série d'observations qui a permis d'établir cette comparaison a valu à leur auteur une faveur royale, savoir l'octroi d'une lunette de 7 pieds de distance focale, dont il a disposé dès les premiers temps de 1865. Son observatoire a dû être transporté bientôt après, par suite de constructions élevées près de son premier emplacement, et il est établi aujourd'hui au sommet d'une vieille tour de massive maçonnerie, dont les murailles, à 60 pieds d'élévation au-dessus du sol, ont encore  $6 \frac{1}{2}$  pieds d'épaisseur.

Je ne m'étendrai pas sur les procédés de mensuration et sur les formules de réduction employées par M. Spörer, pour chercher à réunir les conclusions diverses auxquelles il est arrivé dans ses travaux successifs.

Le calcul des angles de rotation diurne des diverses taches est le principal élément d'où ces conclusions peuvent être tirées. Déjà nous avons vu la loi générale à laquelle il est parvenu en les rapprochant des latitudes héliographiques des taches. Mais les variations de ces vitesses sont beaucoup plus capricieuses, et elles se manifestent parfois d'une manière parfaitement irrégulière entre deux taches toutes voisines cependant. Elles feraient alors présumer comme une sorte de torsion dans leur ligne de séparation. L'étude de ces variations pourra un jour peut-être permettre quelque induction sur le mode de formation des taches, mystère insondé jusqu'ici. En effet, la loi générale des vitesses angulaires est presque toujours violée dans la première phase d'apparition des taches et lorsqu'elles subissent de grands changements d'apparence.

Des irrégularités analogues se manifestent aussi dans un même groupe pendant plusieurs apparitions successives. Ainsi la tache observée en 1863, pendant trois périodes de rotation sous les n<sup>os</sup> 45, 61 et 74, a subi pendant les soixante-deux jours d'observations une diminution de 2 degrés dans sa latitude héliographique. Conformément à la loi, on devait s'attendre à ce que son angle de rotation diurne, appelé  $\xi$  dans les travaux que nous examinons, irait en s'accéléralant. C'est le contraire qui a eu lieu : la tache n<sup>o</sup> 45 correspondant à  $10 \frac{1}{4}$  degrés de latitude avait, en avril, un angle de rotation diurne  $\xi = 14^{\circ},296$  ; la même tache sous n<sup>o</sup> 61, avec une latitude de  $9 \frac{1}{2}$  degrés, avait en mai un  $\xi = 14^{\circ},083$ , et en juin, sous n<sup>o</sup> 74, avec une latitude de  $8 \frac{3}{4}$  degrés,  $\xi = 13^{\circ},966$ .

A la même époque, la tache n<sup>o</sup> 65 était, le 24 mai, au bord oriental du disque solaire sous la forme d'une grosse tache double avec une pénombre commune. Les deux noyaux se modifiaient peu, mais subissaient visiblement un mouvement considérable. Il était hors de doute que le noyau oriental tendait à se placer de plus en plus au sud de l'autre. Le 3 juin, le noyau devenu méridional était un peu plus grand que son voisin ; le 4 juin, près du bord occidental du Soleil, la séparation entre eux était à peine perceptible. Lorsque, dans la période de rotation suivante, la tache reparut sous n<sup>o</sup> 79, le noyau qui était arrondi le 22 juin reçut, le 23 juin, un appendice du côté de l'est qui, le lendemain 24, s'était détaché. Le 25, la pénombre commençait aussi à se scinder, et le 26, la tache principale, de même que le noyau détaché, avaient chacun une pénombre distincte. L'écartement entre les deux taches augmenta ensuite graduellement, ainsi que cela se présente fréquemment dans l'étude de ces phénomènes.

L'année suivante, en mars 1864, un fait curieux est rapporté comme ayant été observé à Vienne par M. E. Weiss. Celui du *recouvrement* de deux taches l'une par l'autre, par suite de leur mouvement inégalement rapide. Jusqu'à quel point ce phénomène est-il réel ? c'est ce qu'il ne nous appartient pas de décider. Nous verrons plus loin quelles sont les notions relatives à la *formation* des taches qui peuvent influer sur ces diverses apparences.

La collaboration de M. le professeur Heis, astronome à Münster, a permis à M. Spörer de faire dès 1864 des tableaux plus complets sur l'abondance comparative des taches dans les diverses régions de la surface du Soleil. Déjà en 1863, il avait conclu que leur répartition n'était pas uniforme suivant les longitudes héliographiques. Certains espaces restent dépourvus de taches, tandis qu'à d'autres places il s'en présente de remarquables accumulations. Ainsi on est frappé du dénuement relatif dans lequel est laissé, à cette époque, le troisième quadrant des longitudes. Cette étude se trouve connexe avec celle des emplacements des facules. De tout temps on a remarqué que les groupes de taches sont accompagnés de facules. Celles-ci peuvent être vues sans qu'il y ait des taches dans le voisinage, mais jamais il n'y eut de taches tant soit peu considérables sans facules. Or il se trouve que la plupart des groupes de taches peuvent être classés dans les limites de régions à facules, déterminées ; que ces facules, quoique de durée plus prolongée, ont aussi leurs périodes de formation et de disparition, et qu'elles subissent aussi de notables changements de place. Elles se présentent parfois avec une intensité d'éclat tout à fait extraordinaire qui se modifie souvent très rapidement.

Leur remplacement par des taches et réciproquement de taches par des facules s'est offert à l'observation pendant le courant de l'année 1865.

Dès 1866, les données relatives aux facules font sensiblement défaut. C'est la conséquence de l'entrée dans la phase de minimum des taches. En même temps que celles-ci sont devenues plus rares, les facules ont perdu leur éclat. Ce changement périodique a fait émettre à M. Weber, astronome à Peckelow, l'idée d'un mouvement de va et vient dans l'enveloppe solaire pendant la durée de onze ans qu'on lui a assignée. Il l'aurait senti d'après la circonstance, qu'au début de la phase de minimum, les facules ont apparu plus fréquentes et plus brillantes dans le voisinage des pôles. M. Carrington avait déjà reconnu que la zone des taches va en diminuant de largeur à mesure qu'on se rapproche de cette phase. Après s'être étendue jusqu'à  $\pm 20$  degrés de latitude, elle avait baissé à  $\pm 10$  degrés, pour cesser entièrement. Après le minimum, les taches ont recommencé à se montrer dans les latitudes entre 20 et 30 degrés, pendant que les parages près de l'équateur en étaient dépourvus. Tout en admettant ces conclusions comme probables, M. Spörer pressent que des observations ultérieures pourront beaucoup étendre leur importance. Suivant lui, les taches ne sont point bornées par une zone rétrécie, telle qu'elle est admise généralement par les astronomes qui ont observé les taches avec un instrument de faible grossissement, ou dans des conditions imparfaites de limpidité atmosphérique. Avec une lunette puissante et un ciel favorable, les apparences de la surface solaire changent du tout au tout. Des taches et des facules sont en tout temps éparses sur toute cette surface et y produisent

l'apparence marbrée, pommelée qu'elle présente. Le *procédé* qui engendre les unes et les autres est donc en continue activité, et il ne fait que varier d'intensité jusqu'à donner naissance aux phénomènes plus marqués auxquels on a appliqué vulgairement ces noms. Plus les circonstances sont propices, plus la matière composant les taches se laisse discerner, et plus les modifications qu'elle subit sont rapides. Malheureusement, ces conditions se réalisent rarement; tous les observateurs du disque du Soleil sont d'accord sur ce point, et cette excessive rareté est un grave obstacle aux progrès que feraient sans cela nos connaissances dans cette étude.

On trouve dans le mémoire que nous analysons la description détaillée des changements singulièrement prompts subis par diverses taches, de l'année 1865 entre autres. Leur observation a amené l'auteur à la conviction, déjà communiquée à notre Société, que les taches sont situées au-dessus de surfaces brillantes, et que les pénombres sont des agglomérations de très petites taches dont les intervalles laissent entrevoir ces surfaces brillantes sous-jacentes. Cette conclusion dérive pour lui de l'observation directe, faite par un ciel très favorable. Avec un grossissement au delà de 100 fois, les nuances des diverses portions des noyaux se manifestent et offrent des changements perceptibles, ainsi que cela est le cas pour nos nuages terrestres quand ils passent devant le Soleil. On explique aisément, avec cette conception, le fait que lors du rapprochement d'une tache près du bord du disque, l'ensemble du phénomène s'atténue, la pénombre devient relativement plus foncée, en sorte qu'à cinq secondes de distance du bord, noyau et pénombre ne peuvent se distinguer l'un de l'autre.

La rapidité de la formation des taches et de leurs changements de forme vient fournir une facilité essentielle pour expliquer les phénomènes de torsion apparente que paraissent subir deux taches voisines et qui sont difficiles à admettre dans leur réalité. Admettez, en effet, des résolutions de la matière obscurcissante d'un côté et des productions nouvelles de l'autre, et vous aurez des effets tout à fait assimilables à des déplacements relatifs et moins invraisemblables.

A propos de cette question des déplacements, l'auteur n'admet pas que des apparences instables, telles que les taches, soient soumises à une simple propulsion. « On pourrait supposer indifféremment, dit-il, qu'une tache est entraînée avec une certaine vitesse par un ouragan, ou qu'elle s'est trouvée dans un courant atmosphérique possédant cette même vitesse. Mais ces deux manières de s'exprimer diffèrent essentiellement par l'image que nous y rattachons involontairement. Nous savons que, lorsqu'on observe avec un pouvoir amplifiant suffisant, on discerne dans les taches des changements dans un temps très court, qui permettent de les comparer avec nos nuages. Nous voyons nos nuages se mouvoir, quelques-unes de leurs principales masses restant en contact, pendant que tout autour se produisent des variations, des résolutions, des formations nouvelles. Même dans les masses principales, nous pouvons reconnaître que leur déplacement est souvent plus apparent que réel, des dissolutions ayant lieu à une extrémité pendant qu'à l'autre se manifestent de nouvelles formations par lesquelles la dimension générale de l'ensemble est conservée. Cette image, s'adaptant aux apparences des taches, nous saute aux yeux lorsque nous exprimons la pensée que, comme pour nos

nuages, elles sont entraînées par des ouragans. C'est pourquoi j'ai préféré cette expression à l'autre, avec laquelle nous n'associons pas immédiatement l'idée que la cause motrice n'est pas inégale ni irrégulière, mais suivant les temps plus ou moins prédominante. En affirmant, au contraire, que les taches se trouvent dans un certain courant atmosphérique, nous sommes plus enclins à nous représenter leur mouvement comme uniforme, idée qui ne cadre pas avec la variabilité de leurs apparences. Un pas de plus, nous arrivons alors à l'hypothèse erronée que pour le Soleil la période de la rotation varie par zones ou par anneaux, et que sa durée, variant avec la position, est exprimée par la loi qui lie l'angle de rotation avec la latitude. Tandis que M. Faye adopte cette manière de voir, il argue contre moi qu'il n'y a pas de motif suffisant pour supposer des vents d'est ou d'ouest : je réplique que bien moins fondée me paraît être la supposition d'une diversité permanente dans les périodes de rotation, excluant leur équilibre final. »

: Ici, qu'on nous permette de le dire, nous ne comprenons pas très bien la répugnance de l'auteur à admettre un *fait*, que lui-même a contribué à faire connaître, dont il a formulé la loi et dont il a reconnu la généralité : la variation des vitesses avec les latitudes. S'en rendre compte dans l'état actuel de la science n'est assurément pas possible, mais avec quelques notions de plus sur les couches superficielles du Soleil, sur son atmosphère, sur les périodes qui régissent les phénomènes dont elle est le théâtre, il n'est point impossible que la mécanique ne parvienne à élucider ce sujet. Le fait existe, tout le monde l'admet, et probablement il dure depuis que le Soleil luit. Qu'il viole un équilibre désirable dans les relations

réciroques de ses composants, cela n'est pas douteux, mais il y a bien d'autres cas où cet équilibre n'est pas atteint, et le rayonnement lui-même du Soleil en est un exemple tout aussi malaisé à expliquer. Les perpétuelles déviations à la loi précitée, que fournissent les taches et qu'étudie M. Spörer, lui font attacher une importance légitime aux causes locales, perturbantes, de leurs mouvements. Mais il admet néanmoins, que les taches sont la seule base sur laquelle puissent être assis les calculs de la vitesse de rotation du globe solaire. Ce sont elles qui ont démontré les variations de cette vitesse, il faut donc bien consentir à les voir participer d'une manière générale à ces variations, tout en les reconnaissant sujettes à d'autres influences accidentelles, ou en relation directe avec leur mode de formation.

Nous sommes, en revanche, parfaitement d'accord avec lui, lorsqu'il poursuit sa réfutation de l'hypothèse Wilsonienne sur les taches-entonnoirs. Il nous a dit naguère s'être efforcé en vain pendant plusieurs années d'observations de trouver une seule tache conforme à la description qu'on en fait dans les ouvrages populaires, où leur forme est représentée, suivant une marche régulière et concordant avec la théorie de Wilson, pendant leur trajet du bord oriental au bord occidental. Depuis qu'il opère avec une lunette plus forte, ses expériences lui rendent de jour en jour plus incompréhensible comment cette théorie a pu acquérir une notoriété aussi générale et aussi prépondérante.

Encore ici les faibles grossissements ont pu être la cause des illusions des astronomes : aussitôt qu'on applique un pouvoir amplifiant suffisant, les apparences présentent des caractères incompatibles avec elle. Ce qui

devient surtout frappant lorsqu'on dépasse certaines limites de grossissement, 200 fois, par exemple, c'est l'excessive mobilité des apparences que présentent les taches. Au bout de quelques heures seulement des changements s'y produisent qui, pour ne paraître que minimes, n'en sont pas moins très considérables en réalité, vu l'éloignement où ils se manifestent. Pour s'en faire une idée, il faut se reporter aux énormes dimensions des taches. Ainsi un groupe, vu en septembre 1865 et qui n'est point parmi les plus grands, varie du 24 au 26 dudit mois entre des étendues valant de 60 à 35 fois la surface du continent africain. Afin de ne pas avoir recours à des hypothèses de vitesses dépassant toute imagination, il faut, pour se rendre compte de pareilles modifications, admettre des résolutions et des reformations des masses obscurcissantes, même là où au premier coup d'œil ces masses ont paru se déplacer elles-mêmes.

Ce ne sont pas seulement les contours des taches qui subissent ces rapides changements d'apparence. Les diverses parties dont elles se composent sont loin de rester uniformes de teinte et d'aspect, comme on pourrait le supposer en voyant les représentations graphiques qu'on en a tentées dans maint ouvrage destiné à l'enseignement ou à la démonstration de l'hypothèse des entonnirs. Aujourd'hui encore il se rencontre des auteurs qui parlent de taches normales ou régulières. Ces taches sont circulaires ou à peu près. Leur noyau est uniformément noir et leur pénombre d'un gris à peu près constant. Dès que l'on emploie des grossissements tant soit peu forts, toute régularité disparaît dans ces diverses surfaces. Les noyaux sont couverts de vagues plus ou moins foncées, sans parler des ponts lumineux qui les

traversent. Les pénombres présentent des surfaces tachetées en tous sens, s'enchevêtrant les unes dans les autres, et empiétant soit sur le noyau, soit sur la photosphère environnante. On peut reconnaître ordinairement un éclaircissement marqué de leur teinte dans le voisinage du noyau; souvent aussi une direction concentrique des raies obscures qui couvrent leur superficie. M. Spörer compare ces raies à celles que l'on obtient en saupoudrant de limaille de fer une feuille de papier et en promenant au-dessous un barreau aimanté. Dans certains cas on observe ces raies venant se placer près du noyau ou de ses prolongements, et il est parfois fort difficile de décider où finit le noyau et où commence la pénombre. Ce fait, joint à l'observation fréquente de ce qui se passe lors de la résolution d'une pénombre en petites taches disséminées, est une preuve très concluante de ce que, de leur nature, les pénombres ne diffèrent point essentiellement des noyaux.

Pour M. Spörer l'explication des colorations plus ou moins intenses des diverses parties des taches n'offre aucune difficulté. Considérant les taches comme situées au-dessus de la région brillante des facules, la teinte plus ou moins foncée de leur noyau ou de leur pénombre tient à l'accumulation plus ou moins considérable des matières obscurcissantes qui les produisent. Il reconnaît du reste que cette manière de concevoir les taches est contraire à l'effet qu'elles produisent sur la vision.

La vue de taches situées près des bords du disque, avec les facules brillantes qui les entourent, préviendra tout observateur *contre* l'idée que les taches se trouvent au-dessus de ces surfaces lumineuses. Les facules paraissent, en effet, d'une manière frappante semblables à des

exhaussements montueux, et les taches interposées placées à des profondeurs d'autant plus grandes que la tache est plus foncée. Même en admettant que la réalité fût conforme à l'impression visuelle, l'apparence devrait toutefois être considérée comme une illusion dont on réussit à se débarrasser quand on projette l'image dans une salle obscure sur une surface blanche.

Les matériaux dont se sont servis MM. Warren de la Rue, B. Stewart et B. Lœwy, pour démontrer la vérité de l'hypothèse de Wilson, ne lui paraissent pas propres à servir de preuves suffisantes en pareille matière. On sait que ces astronomes, comparant des dessins photographiques du Soleil, trouvèrent que sur 530 taches, 456 se trouvaient favorables et 74 seulement défavorables à la loi de Wilson. Très différentes seraient les appréciations des apparences des taches, si on avait employé des documents basés sur des grossissements plus considérables. M. Spörer s'appuie aussi sur un fait admis par les astronomes anglais, c'est que très fréquemment les taches disparaissent à la partie orientale d'un groupe, tandis que les facules persistent. Quand en pareil cas les pénombres de la partie subsistante d'un groupe voisin du bord occidental du Soleil ne sont pas concentriques avec les noyaux, il y a grande probabilité que c'est l'effet d'une cause locale, qui auparavant a dissous la partie orientale du groupe. La position concentrique des noyaux par rapport à la pénombre, n'est point un fait qui doit être considéré comme normal et sur lequel on puisse se baser pour induire d'une époque antérieure à une postérieure sa déviation du centre de la pénombre. De nombreuses observations montrent en effet combien d'un jour à l'autre cette position relative peut varier.

M. Faye a eu recours au calcul des lieux des taches, afin de prouver qu'on devait les supposer dans des approfondissements de la surface, pour les faire cadrer avec l'observation. Il a appelé parallaxe de profondeur la correction produite par cet enfoncement de la tache et il a tenté d'en déterminer la valeur. Dans de certains cas, cette correction s'est trouvée opportune pour mettre d'accord le calcul avec l'observation, empruntée aux travaux de M. Carrington. Dans d'autres cas, l'erreur s'est trouvée de signe contraire et l'explication cherchée dans les effets de la réfraction de l'atmosphère solaire, qui agit en sens inverse. Ces contradictions prouvaient avant tout que les observations, bases de ces calculs, n'offraient pas un degré suffisant d'exactitude. En employant de plus récentes, une entre autres de juin 1866, observée par le P. Secchi et par M. Spörer, suivant deux procédés différents, la conclusion a toujours tourné contre la parallaxe de profondeur.

Pour expliquer les approfondissements en forme d'entonnoirs, M. Faye a de nouveau introduit l'idée d'un Soleil obscur, en le considérant comme une sphère gazeuse non lumineuse à la surface de laquelle la photosphère incandescente se produit par des procédés chimiques analogues à ceux qui accompagnent l'enveloppe des flammes. Kirchhoff a réfuté cette conception et certains astronomes anglais se sont aussi élevés contre elle. Leur explication des entonnoirs est attribuée à des courants froids, tourbillonnant des plus hautes régions de l'atmosphère solaire jusqu'en bas à la surface de l'astre. Dans cette théorie, les taches sont considérées comme des phénomènes analogues aux nuages; c'est là un progrès à constater, mais on y conserve ces gigantesques murailles de matière in-

candescence qui sont censés entourer les substances de couleur obscure, douées d'une température plus basse. Notre auteur se flatte d'avoir démontré que l'observation des taches n'exige point l'hypothèse de ces fantastiques entonnoirs et il espère que ses recherches tendront à produire une unité de vues plus complète, en faisant abandonner à quelques-uns des partisans de l'hypothèse de Wilson, l'idée du bourrelet qui enveloppe les taches.

On a conclu aussi à l'enfoncement des taches par suite d'observations faites quelquefois au bord du Soleil, de facules apparaissant comme de petits exhaussements montueux, au moment où un groupe de taches disparaît. Ce phénomène peut s'expliquer par l'effet de la réfraction de l'atmosphère solaire, qui fait apercevoir des surfaces brillantes déjà passées du côté opposé du Soleil, pendant que les surfaces plus foncées, également réfractées, ne se discernent pas. Mais on peut aussi considérer ces exhaussements observés, exceptionnels, comme existant réellement. On pourrait admettre qu'ils n'existaient pas auparavant dans le voisinage immédiat des taches, mais qu'ils viennent de se former, à l'instant où le groupe de taches contourne le bord du Soleil, en sorte que ces colonnes de flammes jaillissantes auraient occasionné la résolution des taches.

Cette thèse peut fort bien se concilier avec la conviction acquise par M. Spörer, que les taches se trouvent au-dessus de surfaces lumineuses, au-dessus de la surface des facules, considérant cette surface comme identique avec la couche de vapeur incandescente, admise par Kirchhoff et formant la surface visible du Soleil. Cette couche pourrait s'appeler du nom anciennement adopté de Photosphère, en écartant l'idée qu'elle enve-

loppe un corps solaire froid et obscur et parfois visible par des ouvertures ou percées. Il admet que la couche de vapeur incandescente enveloppe uniformément un corps fluide incandescent lui-même qui n'est nulle part visible. Ceci ne veut point dire que la surface formée par la couche incandescente soit partout équilibrée à un niveau uniforme. Tel n'est sûrement pas le cas en réalité. Il est au contraire présumable que parfois des vagues enflammées jaillissent à des hauteurs plus grandes peut-être que celles où sont situées les taches dans d'autres régions.

Se basant sur ces données relatives à la constitution du Soleil, M. Spörer émet quelques présomptions sur l'origine des taches et leur mode de formation. Il choisit des exemples réels, étudiés et décrits récemment par lui, et cherche à se rendre compte des diverses phases de transformation qu'ils ont subies. Il voit, à un jour donné, un courant abondant de gaz s'élever du fluide incandescent, subir une condensation dans les régions les plus élevées qu'il atteigne et donner naissance aux premiers fragments d'un groupe de taches. Le courant ascendant continue à augmenter en un certain point, dissolvant les masses obscures qui s'y étaient formées, et en créant de nouvelles dans les régions voisines et plus élevées. Il remarque que, pour une même vitesse angulaire de rotation, les vitesses linéaires doivent nécessairement varier avec l'éloignement du corps en mouvement de son centre de rotation. La vitesse linéaire des couches supérieures est plus grande que celle des couches inférieures, et les masses apportées par les courants ascendants de bas en haut, y arrivent avec une vitesse linéaire moindre que celle qui correspond à la couche où elles parviennent. Le mé-

lange des matières a pour conséquence de faire prendre la vitesse plus grande à une partie du courant ascendant; pour une autre partie, cela n'est pas le cas, elle reste en arrière de telle sorte qu'il en résulte une diffusion de l'ouest à l'est des matières surgies. Cette diffusion devient d'autant plus intense que les matières sont plus abondantes, de sorte que du côté de l'ouest (vu de la Terre), c'est-à-dire dans le sens de la rotation la vitesse augmente, il y a vent d'ouest, tandis que vers l'orient le vent d'est produit par l'arrêt des matières, est encore augmenté par le courant descendant supérieur. Dans le dernier cas, il y a une lutte plus prononcée entre masses douées de vitesses opposées et il y voit le motif produisant en général une dissolution plus prompte de la partie orientale d'un groupe.

Ces tentatives d'explications de l'origine et de la formation des taches sont basées sur des exemples réels et nées de l'observation suivie de cas particuliers; l'auteur ne les donne toutefois que comme des présomptions et il reconnaît que le sujet n'est pas encore mûr pour permettre des conclusions positives. Le zèle qu'il déploie dans son étude, l'intelligence dont il fait preuve et toutes les conditions qu'il pressent devoir être réalisées pour permettre une conception nette et sûre de ce mystérieux sujet, inspirent confiance dans la voie où il essaie de conduire la science. Il lui a déjà fait faire de grands pas dans cette sphère; tout nous fait espérer qu'il verra ses nouveaux et persévérants efforts couronnés de succès.

Emile GAUTIER.

**RECHERCHES**  
SUR LA  
**POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE**

PAR  
**M. le Professeur A. de la RIVE.**

---

(Communiquées à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de  
Genève, dans sa séance du 7 mai 1868.)

---

La polarisation rotatoire magnétique, découverte par Faraday, est restée l'un des phénomènes les plus curieux et en même temps les plus inexplicables encore de la physique. Il a été cependant l'objet des recherches d'un grand nombre de physiciens et, entre autres, de MM. Edmond Becquerel, Bertin, Wiedemann, Matthiessen, Edlung, Matteucci et Wertheim. Mais M. Verdet, quoique le dernier en date, est peut-être celui qui en a fait l'étude la plus approfondie et la plus détaillée. Quatre Mémoires publiés successivement de 1854 à 1863 renferment les résultats de ses nombreuses et persévérantes recherches sur ce genre de phénomènes; et si une mort prématurée n'était pas venu l'enlever à ses amis et à la science, il est probable qu'il les aurait continuées.

Le sujet de la polarisation rotatoire magnétique peut être, et a été effectivement envisagé sous des rapports très-divers. Faraday, en découvrant le phénomène fondamental, en avait décrit les caractères essentiels et l'avait étudié sur un très-grand nombre de substances. M. Edmond Becquerel et M. Bertin avaient introduit quelques

modifications heureuses dans la manière d'opérer de Faraday, et avaient ajouté quelques faits intéressants à ceux déjà observés par le savant anglais. M. Bertin, en particulier, avait signalé deux substances liquides douées d'un pouvoir rotatoire magnétique considérable, le bichlorure d'étain et le sulfure de carbone, et avait déterminé quelques lois importantes des phénomènes. M. Wiedemann avait étudié exclusivement la polarisation rotatoire que produit l'action d'un courant électrique qui parcourt le fil d'une hélice dans l'axe de laquelle est placée la substance transparente traversée par le rayon polarisé; mode d'action que Faraday avait signalé comme produisant le même effet que celui qui provient d'un électro-aimant. MM. Edlung, Matteucci et Wertheim s'étaient surtout occupé de l'influence sur la polarisation rotatoire magnétique, des actions qui modifient l'état moléculaire du corps transparent traversé par le rayon polarisé. Enfin différentes considérations théoriques sur la nature et la cause du phénomène avaient été mises en avant par quelques physiciens. J'avais moi-même, dans mon *Traité de l'électricité* publié en 1853, essayé de rattacher le pouvoir rotatoire magnétique des corps à leur puissance réfractive<sup>1</sup>.

On peut voir par ce court résumé que, malgré beaucoup de travaux soit expérimentaux, soit théoriques, la science était loin d'avoir dit son dernier mot sur les phénomènes de la polarisation rotatoire magnétique, quand M. Verdet s'empara de ce sujet. On lui doit d'avoir, par des méthodes nouvelles et d'une extrême précision, bien établi les lois du phénomène en ce qui concerne l'influence de l'intensité et de la direction de la force agissante. Ces lois une fois obtenues, il a cherché à détermi-

<sup>1</sup> Voyez *Traité d'Électricité*, tome I, p. 555.

ner d'une manière plus précise qu'on ne l'avait encore fait, le pouvoir rotatoire magnétique d'un assez grand nombre de substances et il a découvert que certaines dissolutions de fer et de quelques autres métaux font tourner, sous l'influence magnétique, le plan de polarisation dans un sens contraire à celui dans lequel le font tourner la plupart des substances transparentes. Il n'a du reste pas réussi à établir aucun rapport entre le pouvoir rotatoire magnétique des corps et leurs autres propriétés. Il n'a pas été plus heureux quand il a cherché à lier la rotation magnétique du plan de polarisation avec la longueur des ondulations lumineuses, quoiqu'il ait trouvé en opérant sur des rayons de diverses couleurs, que cette rotation suit *approximativement* la loi de la raison inverse du carré des longueurs d'onde. L'écart entre l'observation et la loi est d'autant plus considérable que la substance transparente est douée d'une plus forte dispersion, sans cependant qu'il y ait de rapport constant entre cet écart et la dispersion même. Enfin il a reconnu que les substances douées d'une forte réfraction possèdent généralement un grand pouvoir rotatoire magnétique, sans cependant qu'il y ait de rapport constant entre les deux ordres de propriétés; *cette proposition*, dit M. Verdet, *est une restriction d'une règle trop générale donnée par M. de la Rive.*

On voit, d'après ce court exposé, qu'il reste encore beaucoup à faire pour découvrir la cause de la polarisation rotatoire magnétique, ou tout au moins les rapports qui la lient avec les autres propriétés, soit des corps, soit de la lumière. Je me suis, à différentes reprises, occupé de cette question et quoique jusqu'ici je ne sois pas encore parvenu à des conclusions très-positives, je crois cependant que les résultats que j'ai obtenus peuvent con-

tribuer, jusqu'à un certain point, à éclaircir la question.

Dès l'origine de la découverte de Faraday, deux opinions très-différentes se manifestèrent parmi les savants sur l'explication qu'on pouvait donner de la polarisation rotatoire magnétique. Les uns pensèrent que de puissants aimants pouvaient modifier la constitution moléculaire des corps transparents et leur communiquer ainsi pour un moment les propriétés que certaines substances, telles que l'essence de térébenthine et le quartz, possèdent naturellement. Les autres, du nombre desquels était Faraday lui-même, furent plutôt portés à admettre que l'action magnétique s'exerce directement sur l'éther intermoléculaire de la substance transparente. Le grand argument de Faraday était que, contrairement à ce qui a lieu dans les corps qui possèdent naturellement la polarisation rotatoire, les déviations du plan de polarisation d'un rayon qui traverse une substance transparente en allant et revenant sur lui-même, au lieu de s'annuler, s'ajoutent dans le cas où la polarisation rotatoire est magnétique : preuve que l'effet ne provient pas d'un arrangement particulier imprimé aux particules matérielles, et qu'il est intimement lié avec la direction de la force extérieure agissante, par conséquent avec le sens des courants de l'aimant ou de l'hélice qui produisent le phénomène.

J'étais arrivé, par différentes considérations, à la même conclusion que Faraday<sup>1</sup>, mais j'avais seulement fait remarquer que la présence de la matière pondérable est nécessaire pour que l'action magnétique s'exerce sur l'éther, puisqu'elle n'a pas lieu dans le vide, et que, comme son intensité varie avec la nature et l'état physique de cette matière pondérable, il est probable qu'elle a lieu sur

<sup>1</sup> Voyez mon *Traité d'Électricité*, tome I, p. 555.

l'éther par l'intermédiaire des particules matérielles. C'est à cette occasion que j'avais remarqué que l'état plus ou moins grand de densité de l'éther dans les substances transparentes doit avoir une grande influence sur le phénomène, puisque ce sont les plus réfringentes pour lesquelles la polarisation rotatoire magnétique est la plus prononcée; règle qui du reste, comme je l'ai déjà dit, présente plus d'une exception, ainsi que l'a montré M. Verdet.

Le premier point qui a attiré mon attention, quand j'ai repris ce sujet, a été précisément celui que je viens de signaler, c'est-à-dire l'étude du rapport qui existe entre l'état moléculaire du corps et son pouvoir rotatoire magnétique.

Divers physiciens, entre autres Matteucci, avaient montré qu'une pression opérée sur le verre modifie son pouvoir rotatoire magnétique, soit en le diminuant ou même en l'annulant quand la compression est très-forte, soit en le rendant plus énergique dans un sens que dans l'autre. M. Wertheim de son côté avait démontré, au moyen d'expériences faites avec beaucoup de soin sur diverses substances transparentes soumises à des pressions ou des tractions croissantes, que les phénomènes de polarisation rotatoire magnétique disparaissent chez ces substances à mesure qu'elles cessent d'être mécaniquement homogènes et optiquement isotropes, et lorsque, par conséquent, elles acquièrent la propriété de la double réfraction. Il remarque que, parmi les corps naturellement biréfringents ou rendus tels par l'emploi d'une force mécanique, ceux qui ont les pouvoirs rotatoires magnétiques les plus énergiques sont en même temps ceux qui sont doués des pouvoirs biréfringents les plus faibles.

Dans tous les cas que je viens de citer, les substances

qui ont perdu leur pouvoir rotatoire magnétique par l'effet de la pression ou de la traction, le reprennent quand cette pression ou cette traction viennent à cesser, sauf dans quelques cas exceptionnels. Mais il n'en est plus de même si la modification moléculaire, au lieu d'être produite par une action mécanique, résulte d'une décharge électrique. C'est ce que j'ai réussi à constater par quelques expériences que je vais rapporter. Ayant placé un prisme de crown-glass, qui avait été percé par la décharge du grand appareil Ruhmkorff, entre les pôles d'un électro-aimant, je trouvai qu'il avait perdu presque entièrement le pouvoir rotatoire magnétique et que par contre il était devenu biréfringent. Je soumis à la même épreuve un prisme de crown-glass de moindres dimensions, un autre semblable de flint-glass et un plus petit de verre pesant de Faraday. Tous donnèrent le même résultat, ainsi que je le constatai en les comparant à des échantillons semblables qui n'avaient pas été soumis à l'action de la décharge<sup>1</sup>. Ainsi le passage d'une forte décharge électrique à travers des corps transparents isolants imprime à ces corps une modification moléculaire permanente analogue à celle que détermine la pression ou la traction, mais d'une manière momentanée seule-

<sup>1</sup> Ayant communiqué ces expériences à l'Académie des Sciences de Paris, dans sa séance du 15 mai 1865 (voyez *Comptes rendus*, tome LX, p. 1005), je reçus quelque temps après une lettre de M. Morren, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, dans laquelle ce savant me disait avoir obtenu les mêmes résultats que moi, et les avoir montrés à son auditoire. Il reconnaît que, ne les ayant pas publiés, il n'a pas droit à réclamer une priorité que je suis, du reste, tout disposé à lui accorder. Ce n'est pas la première fois, et ce ne sera pas la dernière, que deux personnes, occupées du même sujet, se trouvent faire simultanément la même expérience.

ment. Ce qu'il y a de curieux, c'est que la modification n'est pas limitée aux portions de la substance voisines de la trace qu'a laissée le passage de la décharge, mais qu'elle s'étend dans toute la masse, lors même qu'elle est considérable<sup>1</sup>, de sorte que cette masse tout entière a subi un changement moléculaire qui n'altère en rien l'apparence du corps. On sait que la route qu'a suivie la décharge est marquée par un défaut de transparence dans les particules du verre contiguës à la fissure plus ou moins sinucuse que le passage de l'électricité a déterminée. Or ces particules ont conservé seules le pouvoir rotatoire magnétique, car elles paraissent noires quand le rayon polarisé qui les traverse est éteint et redeviennent brillantes sous l'action du magnétisme.

J'ai essayé à plusieurs reprises de transmettre à travers des liquides traversés par le rayon polarisé, soit des fortes décharges de l'appareil Ruhmkorff quand ils étaient isolants comme le sulfure de carbone, soit un courant voltaïque quand ils étaient conducteurs comme le chlorure de zinc<sup>2</sup>, et je n'ai pas trouvé qu'il en résultât aucune altération quelconque dans leur pouvoir rotatoire magnétique. J'ai fait passer les décharges et le courant tantôt longitudinalement, tantôt transversalement; l'effet a toujours été nul. Il n'y a donc que les corps solides qui puissent, sous l'influence de forces extérieures, éprouver des modifications moléculaires, soit passagères, soit per-

<sup>1</sup> Le plus gros des prismes de crown-glass, dont j'ai fait usage, avait une longueur de 65 centimètres sur une largeur de 40 et une épaisseur de 30.

<sup>2</sup> Faraday avait fait, à l'époque de sa découverte, plusieurs essais du même genre, mais sans succès. Il n'avait pas employé les décharges de l'appareil Ruhmkorff, mais par contre il avait essayé l'application de l'électricité statique à haute tension, le tout inutilement.

manentes, qui altèrent ou détruisent leur pouvoir rotatoire magnétique.

Le résultat négatif que j'ai obtenu avec les liquides était déjà une présomption bien forte contre l'opinion qui attribue le phénomène découvert par Faraday à une modification moléculaire déterminée dans les substances transparentes par l'action du magnétisme. Les liquides en effet qui ne paraissent pas susceptibles de telles modifications, présentent cependant au plus haut degré le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique.

J'ai cherché à vérifier cette conséquence indirecte par différentes expériences ; ainsi je n'ai nullement réussi à modifier le pouvoir rotatoire magnétique ni des liquides, ni des solides, en leur imprimant, soit une grande vitesse, soit des mouvements moléculaires très-prononcés pendant qu'ils transmettaient le rayon polarisé sous l'influence de l'aimant. Pour faire ces expériences j'étais obligé d'enfermer les liquides dans des vases cylindriques terminés par deux disques de verre parallèles. Or il s'est trouvé que les bords de ces disques m'ont presque toujours présenté les propriétés du verre trempé, ce qui rendait mes expériences très-difficiles. J'avais cru d'abord pouvoir attribuer cette trempé à l'action combinée de l'aimant et du mouvement soit vibratoire, soit simplement de translation très-rapide, imprimé au verre ; mais des expériences directes m'ont démontré qu'il n'en est rien, et que le verre n'éprouve sous de semblables actions aucun effet de ce genre<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> M. Matteucci avait déjà montré qu'on ne modifie nullement la constitution moléculaire du verre en lui imprimant un mouvement vibratoire pendant qu'il est sous l'influence de l'aimant. Il avait également constaté, sous une autre forme que moi, que le mouve-

Je crois donc que les physiciens, et entre autres M. Matthiessen, qui ont cru apercevoir une influence des forces magnétiques sur l'état moléculaire du verre sont dans l'erreur, et que par conséquent on ne peut pas attribuer la lenteur avec laquelle le verre de Faraday perd son pouvoir rotatoire magnétique, quand l'action de l'aimant a cessé, à un retour plus ou moins long à son état d'équilibre moléculaire qui aurait été troublé momentanément par cette action de l'aimant. Cette prolongation tient évidemment au magnétisme de l'aimant lui-même. Voici comment je m'en suis assuré.

J'ai soumis à l'expérience, en les plaçant entre les pôles d'un même électro-aimant, et dans des conditions parfaitement semblables, différents corps solides, verre pesant de Faraday, prismes de flintglass et de crown-glass, et divers liquides, sulfure de carbone, chlorure de zinc, etc., puis, après avoir amené le rayon polarisé qui traversait ces diverses substances sous l'influence de l'aimantation, à présenter à l'œil la teinte bleue sensible, j'ai brusquement changé au moyen d'un commutateur le sens de l'aimantation. Le rayon a passé de la teinte bleue à une teinte brillante à peu près blanche en passant par une teinte rouge foncée; ce passage exigeait pour s'effectuer environ deux secondes et demie. Si l'on changeait alors de nouveau le sens de l'aimantation, le passage de la teinte brillante au bleu exigeait quatre secondes et demie, temps qui était à peu près celui de la durée de la teinte rouge foncée, tandis que dans le cas précédent cette durée n'était que deux secondes et demie. J'attribue cette différence à ce que, dans le premier cas, l'arrivée de la teinte brillante fait dis-

ment de translation est sans influence sur le phénomène qui nous occupe. (*Annales de Chimie et de Physique*, tome XXIV, p. 499.)

paraître à l'œil immédiatement le rouge, tandis que dans le second cas la teinte rouge persiste encore pendant que la bleue plus sombre commence à paraître. Toutes les substances, soit solides, soit liquides, ont donné presque exactement les mêmes résultats. Les légères différences observées ne tenaient qu'à la vitesse plus ou moins grande avec laquelle on faisait marcher le commutateur. Je dois ajouter que, si au lieu de renverser le sens du courant, on se bornait à l'interrompre, on obtenait la teinte rouge foncée, qui alors persistait, mais son apparition n'était pas non plus instantanée.

J'ai substitué à l'action de l'aimant celle plus directe du courant électrique en plaçant successivement les divers corps soumis à l'expérience, dans l'axe d'une bobine dont le fil de cuivre était traversé par un fort courant électrique. J'ai, en employant le même commutateur qu'avec l'électro-aimant, soit simplement interrompu, soit brusquement renversé le sens du courant. Le changement de teinte du rayon polarisé, au lieu de s'opérer graduellement comme précédemment, s'est fait alors instantanément de façon que la teinte rouge intermédiaire n'était pas même visible. Cette dernière expérience montre bien que ce n'est pas à une modification dans l'état moléculaire du corps plus ou moins longue à s'opérer, et plus ou moins longue à disparaître, qu'on doit attribuer la durée du passage d'une teinte à l'autre quand on emploie l'électro-aimant, puisqu'elle devrait avoir lieu de même quand on fait usage de l'hélice.

La cause de cette durée tient donc à l'emploi même de l'électro-aimant, et provient du temps qu'exigent les molécules du fer pour prendre, quitter et reprendre les positions nouvelles d'équilibre qui accompagnent l'aiman-

tation. On peut ainsi suivre, en observant avec soin la succession des teintes, les diverses phases de l'aimantation; et en partant par exemple de la teinte bleue (teinte sensible), on aperçoit que cette teinte ne disparaît qu'assez longtemps après que le courant a été interrompu ou que son sens a été changé, et dans ce dernier cas la teinte rouge ne commence à se montrer, pour durer deux à quatre secondes, qu'après que le sens de l'aimantation a été renversé. On voit par là très-clairement que l'aimantation d'une grosse masse de fer, telle que celle qui constitue l'électro-aimant, ne s'établit et ne disparaît pas instantanément avec le courant électrique qui la détermine, et que même les deux aimantations contraires peuvent coexister quelques instants dans le même morceau de fer en se faisant équilibre sans se détruire, ainsi que l'indique la durée de la teinte rouge qui correspond à cet état d'équilibre. Il serait intéressant d'appliquer le phénomène que nous venons de décrire, à suivre dans des fers de diverses dimensions, de diverses formes et de diverses natures, la rapidité avec laquelle s'opèrent les changements de teinte correspondant aux changements d'aimantation. On aurait ainsi un procédé très-délicat pour étudier les variations de constitution moléculaire de ces différents fers; ce qui pourrait peut-être jeter du jour sur cette constitution moléculaire elle-même.

Il me paraît donc bien établi que l'action de l'aimant dans les phénomènes de polarisation rotatoire magnétique ne consiste point à modifier la constitution moléculaire de la substance soumise à cette action. C'est donc évidemment, comme nous l'avons dit, sur l'éther intermoléculaire qu'elle s'exerce. On comprendrait donc que, quelle que soit la nature de cette action, elle dût être d'autant

plus forte que l'éther est plus dense et, en effet, c'est bien chez les substances les plus réfringentes que l'on trouve, avec les circonstances semblables, le plus fort pouvoir rotatoire magnétique; mais il y a de nombreuses et importantes exceptions à cette règle. J'en ai observé moi-même, ainsi que je l'ai déjà dit, une qui est très-remarquable. Ayant dû à l'obligeance de M. Lamy, par l'intermédiaire de M. H. Deville, de posséder une certaine quantité d'alcool thallique, j'ai pu soumettre cette curieuse substance à l'expérience. Or j'ai trouvé que, sous l'influence de l'aimant, elle faisait tourner le plan de polarisation de  $16^\circ$ , tandis que dans les mêmes conditions le sulfure de carbone ne le faisait tourner que de  $8^\circ$ ; cependant le sulfure de carbone est une des substances qui ont le plus fort coefficient de polarisation.

Le pouvoir rotatoire magnétique de l'alcool thallique serait donc même supérieur à celui du verre pesant de Faraday qui n'est pas le double de celui du sulfure de carbone; par contre du verre de thallium, que M. Lamy avait également eu l'obligeance de m'envoyer, ne faisait dévier, sous l'influence magnétique, le plan de polarisation que de  $6^\circ$ , tandis que dans les mêmes circonstances un morceau de verre pesant de même longueur le faisait dévier de  $8^\circ$ ; il est vrai que le morceau de verre de thallium était légèrement trempé, ce qui devait diminuer son pouvoir.

<sup>1</sup> Pendant l'impression de cette notice, j'ai reçu de M. Lamy une communication dans laquelle il me fait savoir qu'il a déterminé de son côté le pouvoir rotatoire de l'alcool thallique et qu'il l'a trouvé de  $17^\circ$ , celui du sulfure de carbone étant de  $9^\circ$  dans les mêmes circonstances. La différence entre les résultats de nos deux déterminations est bien faible.

Pour en revenir à l'alcool thallique, il est évident que son pouvoir rotatoire magnétique étant double de celui du sulfure de carbone, et son pouvoir réfringent étant seulement légèrement supérieur<sup>1</sup>; on peut en conclure que le pouvoir rotatoire magnétique ne dépend pas uniquement pour une substance donnée, de la densité de l'éther intermoléculaire. Il existe donc quelque autre propriété dans les corps qui peut avoir de l'influence sur ce pouvoir. Or, parmi les propriétés que possède l'alcool thallique, il en est une caractéristique, c'est son énorme densité qui est de 3,55, de sorte qu'il est le plus lourd des liquides après le mercure. Nous voyons également, d'après les recherches de M. Matthiessen, que parmi les nombreuses variétés de verre qu'il a soumises à l'expérience, ce sont en général celles qui ont la densité la plus forte qui ont le pouvoir rotatoire magnétique le plus considérable; plusieurs observateurs ont remarqué qu'il en est de même des différentes espèces de flint. Ainsi donc, indépendamment de la densité de l'éther, celle de la substance elle-même exercerait une influence sur la polarisation rotatoire magnétique.

Voici trois substances où cette double influence se fait sentir d'une manière assez caractéristique : Le chlorure de carbone, quoiqu'ayant une densité plus forte (1,53) que le sulfure de carbone (1,263) a cependant un pouvoir rotatoire magnétique bien moindre, mais aussi son indice de réfraction est de 1,466, au lieu de 1,633, qui est celui du sulfure de carbone. D'un autre côté l'alcool de thallium a un pouvoir rotatoire magnétique double de

<sup>1</sup> D'après M. Lamy, l'indice moyen de réfraction est pour l'alcool thallique 1,677, et celui du sulfure de carbone 1,633, d'après M. Verdet, pour la même raie D.

celui du sulfure de carbone, quoique leurs indices de réfraction diffèrent très-peu ; mais aussi sa densité est de 3,55, tandis que celle du sulfure de carbone est de 1,263.

Il résulte de l'analyse essentiellement expérimentale que nous venons de faire des phénomènes de la polarisation rotatoire magnétique :

1° Que ces phénomènes ne peuvent se manifester qu'autant que l'éther est emprisonné dans un corps pondérable, qu'il y possède un certain état de densité et qu'il y est distribué uniformément, puisqu'ils n'ont pas lieu dans le vide, ni dans les fluides élastiques, ni dans les substances qui ne sont pas optiquement isotropes.

2° Que la constitution moléculaire du corps exerce aussi une influence sur la polarisation rotatoire magnétique, soit indirecte en contribuant avec la nature même des particules, à l'état de l'éther intermoléculaire et en particulier à sa densité, soit directe puisque la densité d'une substance influe, indépendamment de l'état de l'éther qu'elle renferme, sur l'intensité de cette polarisation.

3° Qu'on peut conclure de ce qui précède que l'action du magnétisme ou des courants électriques dans les phénomènes qui nous occupent, a lieu sur l'éther, non directement, mais par l'intermédiaire des particules pondérables, ce qui explique pourquoi, dans des circonstances semblables, plus le corps est dense, c'est-à-dire plus ses particules sont rapprochées, plus il y a de centres d'action sur l'éther et, par conséquent, plus l'effet est considérable ; et pourquoi, suivant la nature des particules, la rotation a lieu dans un sens ou dans l'autre, ainsi que l'a découvert M. Verdet.

Resterait à savoir quelle est la nature de l'action que, sous l'influence du magnétisme, la particule pondérable

exerce sur l'éther ambiant. Mais, pour le savoir, il faudrait déjà bien connaître la nature de l'action que la particule exerce par elle-même sur l'éther *sans* l'influence du magnétisme. Ces deux questions sont en effet intimement liées. Or, il est probable que l'influence de l'aimant consiste essentiellement dans le fait qu'elle détermine un changement dans le mouvement de la lumière polarisée, changement qui, suivant la nature de la particule pondérable, aurait lieu dans un sens ou dans un autre.

Ce n'est du reste que par des expériences multipliées, soit en changeant les conditions optiques du phénomène, soit en opérant sur des corps différents et sur le même corps à différents degrés de densité et dans des conditions physiques variées, qu'on parviendra à lier mieux qu'on n'a pu le faire jusqu'à présent, le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique avec les autres phénomènes, soit optiques, soit électro-magnétiques, que présente la physique.

---

**COMPTEUR A ALCOOL**  
DE  
**SIEMENS ET HALSKE**  
A BERLIN.

---

Cet appareil a pour but d'enregistrer à la fois le volume de liquide sortant d'une distillerie et sa richesse alcoolique.

Il se compose de :

- 1° Un alcoomètre,
- 2° Un compteur de volume,
- 3° Un ensemble de dispositions mécaniques destiné à relier les indications des deux premières parties.

Il peut en outre être pourvu d'une sorte d'horloge pour marquer, sur une bande de papier, chaque déversement et le moment auquel il s'est effectué.

1. *L'alcoomètre.* — L'alcoomètre P. (pl. III, fig. 1) est construit de métal très-mince et d'une forme qui se prête facilement à l'expansion. Il est complètement rempli d'alcool d'un degré égal à la moyenne pratique de celui qui doit passer par l'appareil<sup>1</sup>. Cet alcool suivant exactement les variations de température du liquide extérieur, il n'y a pas lieu à correction.

Une condition essentielle au bon fonctionnement de l'alcoomètre, c'est que le liquide dans lequel il plonge soit parfaitement homogène. Dans ce but, ce liquide entre

<sup>1</sup> Le degré de cet alcool intérieur est en réalité un peu plus élevé que la moyenne pour corriger la dilatation des parois du tambour.

d'abord dans un premier réservoir E, où il se divise en couches de plus ou moins grande densité. Le plus lourd passe par le tube *b* et entre dans le réservoir A par en haut, le plus léger suit les conduits *a* et *c* et entre dans ce même réservoir A par en bas. L'écoulement se fait par les tubes en couronne *d* et *e* qui entourent le réservoir A.

Du réservoir A le liquide se rend dans le tambour-compteur B, en passant par les conduits *f*, *g*, *h*, *i*. Il s'établit ainsi deux courants contraires qui tendent toujours à mélanger le liquide dans le milieu de A, c'est-à-dire dans la région où se trouve l'alcoomètre P.

2. *Le tambour-compteur.* — Ce tambour se compose d'un cylindre central D et de trois compartiments, mesurant chacun exactement cinq litres. L'alcool une fois titré par l'alcoomètre se déverse dans le cylindre D. L'agitation qu'il pourrait produire en tombant est amortie par les palettes  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ . De là le liquide coule par une des ouvertures  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  dans le compartiment qui se trouve être à la partie inférieure. A mesure que celui-ci se remplit son centre de gravité se déplace, et le tambour tourne lentement jusqu'à ce que le compartiment I soit complètement plein, et que le liquide commence à couler dans le compartiment II. Le mouvement de rotation continuant, le liquide du compartiment I s'écoule par l'ouverture *s*. Alors le tambour étant allégé d'un côté par le liquide qui se déverse, et recevant de l'autre un surcroît de poids de celui qui entre, tourne rapidement jusqu'à l'entière évacuation du compartiment I. Le même jeu recommence avec le compartiment II, et ainsi de suite.

Le mouvement du tambour se communique aux engrenages que l'on voit dans la figure 2, et est ainsi enregistré par les cadrans qui y correspondent.

3. *Dispositions mécaniques.* — L'alcoomètre qui nage dans le liquide y est suspendu par un ressort Q (fig. 2) fixé en p. L'aiguille S est reliée par un bras articulé T au point de suspension de l'alcoomètre dont elle suit, par conséquent, tous les mouvements. S'il baisse (l'alcool étant léger, c'est-à-dire d'un plus haut degré) l'aiguille se relève, s'il monte (l'alcool étant plus lourd, c'est-à-dire plus faible) l'aiguille s'abaisse.

Vis-à-vis de l'aiguille S se trouve une lame X découpée suivant une certaine courbe et divisée en degrés correspondant aux degrés alcoométriques. Cette échelle est fixée au bras H muni à son extrémité d'une petite roulette v et de six petits ressorts à crochets w. Le tout forme une pièce qui tourne sur le même axe que la roue R sans cependant y être fixée. M est un disque muni de trois entailles profondes; il est soudé sur l'arbre du tambour-compteur et partage son mouvement.

La roulette v et le bras H tendraient par leur poids à descendre, s'ils n'étaient retenus par le disque M sur lequel ils s'appuient. Cependant, dès qu'une des entailles du disque M passe sous la roulette v, celle-ci s'abaisse jusqu'à ce que la lame X vienne buter contre l'aiguille S, puis remonte à sa position primitive.

Le mouvement de rotation du tambour communique ainsi à la pièce X un mouvement angulaire de va-et-vient, qui est réglé par la position de l'aiguille S. Si, en effet, celle-ci est à sa limite supérieure (c'est le cas où le liquide du réservoir A est de l'alcool absolu), la courbe X sera obligée de parcourir un très-grand angle pour arriver à l'aiguille S contre laquelle elle butera au point marqué 100. Si, au contraire, cette aiguille est à sa limite inférieure (cas où il n'y aurait dans le réservoir A que de

l'eau pure) l'aiguille S touchera déjà à l'état de repos l'échelle X au point *o* et celle-ci restera immobile.

Il est facile maintenant de se rendre compte de la marche du compteur à alcool. La pièce HX parcourant des angles toujours proportionnels au degré marqué par la pointe S et, par conséquent, proportionnels au degré de l'alcool, il ne s'agit plus que de lui faire transmettre son mouvement à la roue R et aux engrenages qui en dépendent. A cet effet, les ressorts à crochets *w* et les dents de la roue R sont disposés de telle façon que la pièce HX entraîne cette roue R dans son mouvement à gauche et la laisse immobile pendant son mouvement à droite.

Les quatre cadrans (unités, centaines, milliers et dizaines de mille) recueillent ces indications et donnent en litres la quantité d'alcool pur qui passe par l'appareil.

Cet instrument vient d'être soumis par le gouvernement français à une suite d'expériences très-précises. Les résultats remarquables auxquels elles ont abouti ne laissent plus aucun doute sur l'exactitude et la sûreté de ses indications.

L.

## CARLO MATTEUCCI.

---

Encore un ami que nous perdons, un excellent confrère en science, un collaborateur fidèle et zélé de notre Journal. Carlo Matteucci vient de mourir à Ardenza près de Livourne, où il avait été chercher le rétablissement d'une santé très-ébranlée depuis quelque temps. Voilà, dans bien peu de temps, des pertes cruelles et nombreuses que nous sommes appelés à enregistrer pour les sciences; mais ce sont surtout les physiciens que la mort a cruellement décimés: Faraday, Foucault, Brewster, Plucker, Pouillet nous ont été successivement enlevés dans moins d'une année, et Matteucci vient clore aujourd'hui cette liste funèbre.

Quand Volta mourut en 1827, l'Italie perdait en lui l'une des gloires scientifiques les plus pures et les plus complètes qu'elle eût jamais possédées. Mais sa succession ne resta pas longtemps vacante. Une génération nouvelle venait continuer pour l'Italie la tradition brillante qui depuis Galilée jusqu'à Volta n'avait jamais été interrompue. Au milieu de tant de savants physiciens qui surgirent alors, trois noms dominant particulièrement: Nobili, Melloni, Matteucci; déjà en 1835 Nobili était enlevé à la science qu'il avait enrichie et qu'il promettait d'enrichir encore de brillantes découvertes; Melloni, en 1854, terminait aussi avant le temps, une vie qu'il avait honorée par des travaux de premier ordre sur la chaleur; et Matteucci, en 1868, les suivait tous les deux dans la tombe après une carrière un peu plus longue,

mais aussi avant l'âge et dans le plein exercice de toutes ses facultés. Ces trois hommes éminents avaient ceci de commun, qu'ils avaient attaqué en physique les grandes questions, celles où il y avait de l'avenir, au lieu de se borner à marcher dans l'ornière tracée par leurs prédécesseurs. C'est là le caractère des hommes de génie, de ceux qui font vraiment marcher la science, et dont Faraday nous offre, à l'époque actuelle, le type le plus parfait.

Les premiers travaux de Matteucci datent de 1830; c'étaient quelques courtes notices sur divers points relatifs à la chaleur et surtout à l'électricité. Mais, à partir de 1834, il ne tarda pas à entreprendre des recherches considérables qu'il poursuivit avec autant d'ardeur que de succès pendant de longues années, et qui portèrent essentiellement sur deux sujets distincts, savoir : l'électricité que j'appellerai *chimique* et l'électricité *animale*.

Après quelques hésitations dues à l'influence de l'école italienne qui comptait de chauds partisans de la théorie voltaïque du contact, il adopta franchement la théorie chimique et l'appuya de preuves expérimentales d'une grande valeur. Faraday avait découvert qu'un même courant décompose les différents électrolytes placés les uns à la suite des autres sur sa route, dans leurs équivalents chimiques; ce qu'il avait appelé l'action définie de l'électricité. Matteucci, en 1835, montra dans un de ses Mémoires capitaux, que le travail chimique intérieur de la pile est équivalent à son travail extérieur; en construisant des piles formées de plusieurs couples (douze environ) avec des liquides composés, de différentes natures, réagissant les uns sur les autres, il trouva que les produits des décompositions intérieures étaient équivalents à ceux d'un

voltamètre extérieur qui fermait le circuit. Cette généralisation de la découverte de Faraday était très-importante en ce qu'elle prouvait la solidarité complète qui existe entre les effets chimiques qui se passent dans la pile même et ceux qui ont lieu entre les pôles. Plus tard il étudia avec soin le mode de décomposition des composés autres que les binaires, qui étaient les seuls dont Faraday se fût occupé, en particulier des sels et même des mélanges d'électrolytes, et il la trouva toujours soumise à la loi de Faraday. Puis il revint encore en 1844 et 1852 sur la production chimique de l'électricité voltaïque et, en particulier, sur le développement de l'électricité dans diverses combinaisons chimiques non encore étudiées à ce point de vue. Je ne fais qu'indiquer, sans y insister, de nombreuses recherches sur la propagation de l'électricité dans les liquides soit continus, soit séparés en un plus grand nombre de compartiments par des diaphragmes métalliques, sur la conductibilité électrique des liquides eux-mêmes, sur les polarités secondaires, etc.

Pendant que Matteucci étudiait avec une activité remarquable les rapports qui existent entre les actions chimiques et les actions électriques, un autre sujet était également l'objet de ses laborieuses et persévérantes recherches: je veux parler de l'électricité animale. Découverte par Galvani dans la grenouille, cette source d'électricité avait été d'abord l'objet des études et, je dirai, des élucubrations d'un grand nombre de savants. Mais elle avait cessé d'attirer l'attention depuis que Volta avait tiré de l'expérience fondamentale de Galvani des conséquences d'un tout autre ordre, soit par leur nature, soit par leur importance. C'est à Nobili qu'on doit d'avoir, en 1827, repris l'étude de l'électricité animale, en constatant d'une

manière irréfragable l'existence d'un courant électrique dans la grenouille, indépendant de toute cause extérieure. Reprise par Matteucci, l'étude du courant propre de la grenouille l'a conduit à la découverte d'un courant musculaire existant non-seulement chez la grenouille, mais chez tous les animaux. Au moyen d'expériences nombreuses et variées, il a pu découvrir les lois de ce courant, les causes qui en déterminent la direction et en font varier l'intensité, et les divers autres phénomènes physiologiques avec lesquels il est lié. Un savant allemand très-distingué, M. Dubois-Reymond, s'était occupé du même sujet peu de temps après Matteucci et ne s'était pas toujours trouvé d'accord avec lui. Il en était résulté entre les deux savants quelques contestations qui, entre des hommes de ce mérite, ne pouvaient pas subsister longtemps, et qui, en effet, ont pris fin après quelques explications passablement vives.

Parmi les travaux électro-physiologiques de Matteucci, l'un des plus importants est l'analyse expérimentale si complète qu'il a faite de la production de l'électricité dans la torpille. Après avoir démontré que la décharge de la torpille est capable de produire tous les effets de la décharge électrique ordinaire et avoir déterminé la direction constante qu'elle suit, il a cherché à étudier l'influence de toutes les causes, soit extérieures, soit intérieures, qui en modifient l'intensité. Il a en particulier réussi à apprécier le rôle de l'organe électrique dans la production du phénomène dont il a trouvé la source, non pas dans cet organe, quelque important que soit son rôle, mais dans le quatrième lobe du cerveau de l'animal. Cette étude a permis à M. Matteucci de reprendre avec plus de connaissance de cause ses recherches sur l'électricité

animale en général, que la torpille et les autres poissons électriques manifestent sur une échelle énorme. Je ne puis entrer ici dans les détails relatifs à ces recherches, et en particulier parler du phénomène curieux décrit par M. Matteucci sous le nom de *contraction induite*. Je me bornerai à rappeler que le savant physicien italien a publié en 1844, sous le titre de : *Traité des phénomènes electro-physiologiques des animaux*, un volume qui renfermait tous les travaux qu'il avait faits sur ce sujet jusqu'à cette époque, et que plus tard, en 1857, il a complété dans une nouvelle publication, intitulée : *Cours d'electro-physiologie*, ses recherches auxquelles il n'a jamais cessé de faire de nombreuses additions. Bien peu de temps avant sa mort, il publiait encore dans le numéro de juin 1868 des *Annales de Chimie et de Physique*, sous le titre de : *Recherches electro-physiques appliquées à l'electro-physiologie*, les résultats d'expériences nouvelles qui l'avaient conduit à reconnaître qu'il faut tenir plus compte qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, des effets purement physiques ou chimiques, dans l'étude de l'électricité physiologique.

Indépendamment des deux vastes sujets, électricité chimique et électricité physiologique, qui avaient été surtout l'objet de ses travaux, Matteucci avait abordé avec succès bien d'autres questions. Sous le titre de : *Cours spécial sur l'induction, le magnétisme de rotation et le diamagnétisme*, il avait réuni, en 1858, les diverses recherches qu'il avait faites sur cette partie de la physique. On y trouve en particulier une analyse expérimentale très-remarquable de la distribution des courants électriques dans le disque de cuivre qui tourne sous l'action de l'aimant (expérience d'Arago), des recherches sur le diamagnétisme et la polarisation rotatoire magnétique dans

leur rapport avec l'état moléculaire des corps, et un examen détaillé des phénomènes que présente l'induction sous ses différentes formes. Il avait également abordé des questions se rattachant à l'électricité statique, et fait en particulier de nombreuses expériences sur la déperdition de l'électricité de tension dans les divers gaz.

Matteucci s'était dernièrement occupé d'une manière suivie de la météorologie et de l'emploi du télégraphe électrique dans l'annonce des orages. Il avait également fait une étude très-soignée des courants électriques terrestres et de l'influence des hauteurs sur leur intensité et leur direction. Ajoutons qu'il était depuis longtemps à la tête de la direction des télégraphes électriques en Italie et de l'Observatoire météorologique.

On peut voir, d'après ce coup d'œil rapide que nous venons de jeter sur les travaux de Matteucci, qu'il avait effectivement abordé, comme nous l'avons dit, la plupart des grandes questions qui se rattachent à l'électricité; nous pouvons ajouter que son nom restera toujours lié avec la découverte des lois de l'électro-chimie et de celles qui régissent les phénomènes électro-physiologiques.

Ses occupations scientifiques ne l'empêchèrent pas de prendre une grande part aux affaires publiques de son pays dont son patriotisme avait salué avec joie le retour à l'indépendance et à la liberté. J'avais eu le plaisir, déjà avant cette époque, de lui faire faire la connaissance du comte de Cavour, qui avait bien vite apprécié en lui un esprit fin et pratique, uni à une modération d'opinions aussi rare que précieuse dans les temps de révolutions. Ministre de l'instruction publique pendant quelque temps, il était resté, en qualité de vice-président du Conseil de l'instruction publique, à la tête, pour ainsi dire, de cette

branche si importante de l'administration italienne. Il avait projeté de grandes réformes dont il avait tracé le plan dans un rapport très-volumineux, aussi remarquable par l'érudition dont il y fait preuve que par les idées nouvelles qu'il y émet. Malheureusement, la plupart de ces réformes sont restées à l'état de projet, et il n'a pu les voir se réaliser.

Avant d'entrer dans la vie publique, Matteucci avait été successivement professeur à Forlì où il était né, à Ravenne et, enfin, à l'université de Pise. Il venait d'accepter, peu de temps avant sa mort, la place de professeur au Musée de Florence, place qui lui aurait permis de se livrer avec un nouveau zèle à ses recherches scientifiques, et en même temps d'y initier un public avide de l'écouter et auquel il avait déjà fait entendre quelquefois sa parole claire, animée et incisive. Il avait été nommé en 1857 Correspondant de l'Académie des Sciences de Paris, et venait d'être placé, au moment de sa mort, sur la liste des candidats pour la place d'Associé étranger. Il est mort à 57 ans, à un âge par conséquent où l'on pouvait espérer encore beaucoup de lui, entouré des soins affectueux d'une compagne dévouée et sympathique qui, par ses rares qualités et l'élévation de ses sentiments, lui avait procuré des années de vrai bonheur et avait contribué par son exemple et ses conseils à tourner ses idées vers un monde meilleur que celui qu'il devait quitter si tôt.

Genève, le 1<sup>er</sup> juillet 1868.

A. DE LA RIVE.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

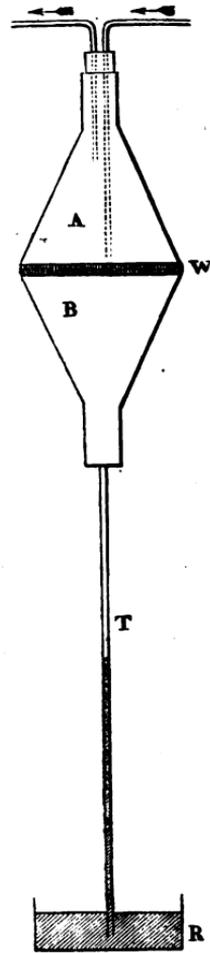
Le Prof. GUTHRIE. — EXPÉRIENCES SUR LA CONDUCTIBILITÉ DES LIQUIDES POUR LA CHALEUR. (*Philosophical magazine*, avril 1868.)

Pour comparer entre eux les pouvoirs conducteurs de liquides différents, ou pour mesurer même approximativement le pouvoir conducteur d'un liquide donné, deux conditions sont signalées comme essentielles : 1° Il faut que la source de chaleur soit placée au-dessus du liquide, de manière à le chauffer de haut en bas. 2° Il faut que le pouvoir conducteur des parois du vase soit extrêmement faible par rapport à la conductibilité du liquide qui y est renfermé. Si l'on n'a pas égard à la première de ces deux conditions, les résultats obtenus pourront être envisagés comme dus en partie au transport direct de la chaleur provenant du déplacement successif des couches liquides ; si l'on néglige la seconde, ces résultats se trouveront compliqués de l'influence de la conductibilité du corps solide, influence dont il est difficile de tenir compte d'une manière satisfaisante.

La figure ci-contre représente l'appareil dont s'est servi M. Guthrie pour comparer et mesurer approximativement les pouvoirs conducteurs de différents liquides. Deux vases ou bouteilles en cuivre, de forme conique A et B, à fonds très-minces et parfaitement unis, sont disposés de manière que leurs surfaces horizontales se trouvent situées à deux ou trois millimètres seulement l'une de l'autre. Le liquide dont on veut éprouver la conductibilité est introduit au moyen d'une pipette dans l'intervalle qui sépare les surfaces des deux vases en W, et y reste immobile par suite de son

adhésion. Dans le goulot de la bouteille A se trouvent disposés deux tubes, semblables aux tubes d'un flacon laveur. La bouteille inférieure B sert de thermomètre à air, au moyen d'un tube T ajusté au goulot inférieur, et qui plonge dans un petit réservoir R contenant de l'eau. En faisant passer à travers le vase A de la vapeur d'eau ou un courant d'eau chaude, l'auteur parvient à réchauffer graduellement la surface inférieure de ce vase, et à la maintenir pendant un temps donné à une température uniforme. Il résulte de cette disposition que, comme d'une part le liquide en W ne peut se réchauffer que de haut en bas, et que d'autre part il n'est pas renfermé entre des parois solides, une dilatation quelconque, accusée par la dépression de la colonne d'eau dans le tube T, ne pourra être attribuée qu'au pouvoir conducteur proprement dit du liquide soumis à l'expérience.

En réponse à l'objection qu'on peut opposer, tirée du rayonnement de chaleur qui doit avoir constamment lieu à travers le liquide, l'auteur fait remarquer que, s'il existe effectivement un rayonnement indépendant de la nature du milieu, ce rayonnement sera représenté par une constante qu'on pourra déduire dans chaque cas de la conductibilité observée, sans qu'il y ait rien de changé à l'ordre relatif des pouvoirs conducteurs. Si, au contraire, il existe un rayonnement spécial pour chaque milieu, l'effet de ce rayonnement pourra être regardé comme compris dans celui du pouvoir conducteur, car le rayonne-



ment d'une molécule à une autre n'est autre chose que la conductibilité proprement dite.

L'auteur indique deux modes différents d'expérimentation : 1° Déterminer le temps requis pour produire une dilatation donnée. 2° Déterminer la dilatation produite dans un temps donné.

Le tableau ci-joint renferme les nombres déduits d'une première série d'expériences qui accusent en millimètres la dépression produite dans le tube T, lorsqu'on maintient le vase A pendant l'espace d'une minute, à une température donnée supérieure à celle de l'air environnant. Il est évident que ces nombres ne représentent qu'une valeur relative. Pour qu'ils eussent une valeur absolue, il serait nécessaire de tenir compte de plusieurs autres circonstances, telles que l'épaisseur de la couche liquide W, la chaleur spécifique des liquides éprouvés, les volumes relatifs du vase B et de son tube, etc.

*Tableau indiquant l'ordre de conductibilité relative des liquides suivants*

Mercure . . . . .	333
Eau . . . . .	270
Huile de térébentine . . . .	230
Glycérine . . . . .	216
Iodure d'amyle . . . . .	200
Nitrobenzole . . . . .	170
Aniline . . . . .	170

L'auteur se propose de continuer ses recherches en substituant au thermomètre à air une pile thermo-électrique.

---

D<sup>r</sup> A. GAMGEE. — SUR L'ACTION DES NITRITES SUR LE SANG. (Extrait des *Proceedings de la Société Royale de Londres*, du 7 mai 1868.)

1. L'auteur commence par décrire les modifications remar-

quées dans la couleur et dans le spectre du sang par suite de l'action des solutions de nitrites. Le sang artériel acquiert par l'action de nitrites une couleur chocolat. En même temps, les raies du cruor écarlate, soit hématosine oxydée, deviennent très-pâles, et il se produit une nouvelle bande d'absorption qui occupe la même position que celle de l'hématosine acide. Si l'on ajoute de l'ammoniaque à du sang ainsi modifié par l'action d'un nitrite, la couleur vermeille reparait aussitôt, et il se produit un nouveau spectre dans lequel les raies normales du sang deviennent plus apparentes, tout en étant accompagnées d'une bande d'absorption pâle et mal définie qui devient visible dans l'orangé. Il ne paraît pas que cette modification dans les propriétés optiques du sang, provenant de l'action de l'ammoniaque, soit due à une action décomposante des nitrites, puisque le spectre primitif reparait dès qu'on neutralise la solution à laquelle l'ammoniaque a été ajouté. C'est ainsi que, si l'on ajoute du sulfhydrate d'ammoniaque, ou une solution réductrice de fer à une solution sanguine soumise préalablement à l'action d'un nitrite, aussitôt tout signe de son action disparaît, et la solution présente de nouveau le spectre normal de l'hématosine oxydée, lors même qu'on a eu soin d'exclure complètement l'air atmosphérique. On voit donc que l'action continue de la solution réductrice conduit à la réduction de l'hématosine, laquelle, après avoir été agitée dans l'air, fournit de nouveau le spectre normal du sang. Il en résulte que lorsque les nitrites agissent sur la matière colorante du sang, ils ne le décomposent pas, et n'éliminent pas l'oxygène libre qui s'y trouve.

2. L'auteur décrit une série d'expériences desquelles il paraît résulter que le sang soumis à l'action des nitrites perd en grande partie sa faculté d'absorber l'oxygène de l'atmosphère.

3. L'oxyde de carbone a été employé comme réactif pour déterminer si, à la suite de l'action d'un nitrite, l'oxygène

libre de la matière colorante est encore capable d'être éliminé par C O. Dans ce but, du sang rendu artériel par l'agitation à l'air, après avoir été traité par une solution de nitrite, a été mis en contact prolongé avec de l'oxyde de carbone pur. Ce gaz, soumis plus tard à l'analyse, a fourni la preuve que l'oxygène libre de l'hématosine avait été assez fixé pour ne pouvoir être éliminé par l'action de l'oxyde de carbone.

4. L'auteur montre qu'en se servant de l'aspirateur de Sprengel, conformément à la méthode indiquée par ce physicien, les gaz contenus dans le sang peuvent en être chassés par l'ébullition dans le vide pendant 25 à 30 minutes. Etant parvenu par ce procédé à expulser les gaz renfermés dans le sang, soit à l'état normal, soit après qu'il a été exposé à l'action d'un nitrite, il montre que, dans ce dernier cas, la quantité d'oxygène capable d'être dégagé par l'ébullition dans le vide diminue extrêmement, et dans une proportion d'autant plus grande que le sang a été plus longtemps en contact avec le nitrite en question.

5. Quoique le sang soumis à l'action d'un nitrite perde en grande partie sa faculté d'absorber l'oxygène, il n'en conserve pas moins la propriété du sang normal d'ozoniser l'oxygène de l'atmosphère, et réagit de la même manière sur le papier guiac.

6. L'auteur attribue les changements remarquables dans les propriétés optiques du sang à la formation de composés du nitrite employé avec l'hématosine oxydée. Ces composés présentent, sauf dans le cas du nitrite d'argent, la même forme cristalline, la même couleur et le même spectre, quel que soit le nitrite employé. L'auteur décrit le mode de préparation des composés d'hématosine et des nitrites de sodium, de potassium et d'argent, ainsi que les résultats de leur analyse, et montre que la proportion de nitrite qui se combine avec l'hématosine oxydée varie considérablement d'un cas à l'autre.

Le D<sup>r</sup> Gamgee termine son travail par quelques considérations sur les relations qui existent entre les composés de nitrites et d'hématosine décrits ci-dessus avec ceux connus précédemment. Jusqu'à présent, l'on ne s'est occupé que des propriétés de l'hématosine même, et de ses composés O, CO et N<sub>2</sub> O<sub>2</sub>. Ces composés sont tous isomorphes, et paraissent doués de propriétés physiques à peu près analogues. Dans chacun d'eux, l'hématosine débarrassée de son oxygène, c'est-à-dire, l'hématosine réduite, paraît se combiner avec une molécule de O, CO ou N<sub>2</sub> O<sub>2</sub>, la stabilité du composé étant la plus faible dans le cas de O, et la plus forte dans le cas de N<sub>2</sub> O<sub>2</sub>. Tous ces corps, et plus particulièrement le composé O, présentent l'exemple d'une classe de substances qui se trouvent, pour ainsi dire, sur la limite qui sépare l'affinité chimique de l'attraction physique, et auxquelles on a donné le nom de « composés moléculaires. » Ainsi que cela se remarque dans d'autres cas semblables, la composition de ces corps varie extrêmement dans de certaines limites, et paraît soumise à l'influence de circonstances qui sont sans action sur des composés chimiques proprement dits.

---

G. KREBS. VERSUCHE, etc. EXPÉRIENCES SUR DES RETARDS D'ÉBULLITION. (*Pogg. Ann.*, vol. CXXXIII, p. 673.)

Reprenant une partie des belles expériences de M. Dufour sur cette matière, l'auteur s'efforce de perfectionner l'appareil employé par ce physicien, et cela surtout en vue des cours, et d'une facile et prompte démonstration du phénomène. M. Dufour employait, pour y produire l'ébullition, une corne tubulée en verre, dans laquelle plongeait deux fils de platine, par lesquels on pouvait faire passer un courant au travers de l'eau, soit pure, soit acidulée que contenait la corne.

Celle-ci était en outre mise en communication avec une

pompe pneumatique, soit directement par un simple tube de caoutchouc pour les expériences grossières, soit par un tube traversant un réservoir en tôle et se rendant de là à un manomètre et à la pompe pour des expériences plus exactes. Le réservoir sert à protéger la pompe contre des explosions; mais il ne suffit pas, selon M. Krebs, et surtout il n'empêche pas selon lui l'arrivée dans la pompe des vapeurs acides. Il le remplace donc par ce qu'il appelle un vase de communication, et qui n'est autre chose qu'un vase cylindrique en verre, fermé hermétiquement par un couvercle en laiton, dans lequel passent 1° un baromètre, 2° un tube à robinet destiné à être relié avec la cornue; 3° un tube portant une grille à chacune de ses extrémités et rempli de pierre ponce imbibée d'eau de chaux, qui est relié avec la pompe pneumatique. De plus, ce vase plonge dans l'eau froide.

L'appareil étant ainsi disposé, M. Krebs fait bouillir l'eau dans la cornue, et cela à différentes reprises, puis la laisse se refroidir jusqu'à 75°, et établit la communication avec le vase et la pompe, à l'aide de laquelle il fait le vide jusqu'au-dessus de 11 pouces, pression avec laquelle l'eau bout à 75°. Arrivé à ce point, il faut pomper avec beaucoup de précaution, parce que c'est alors que l'eau se met le plus facilement à bouillir. Une fois ce point dépassé il n'en est plus de même, et l'on peut même parfois atteindre le vide le plus grand que la pompe puisse donner, sans que l'ébullition commence, et obtenir ainsi un retard de 30° à 40° dans l'ébullition. Cela étant, celle-ci se produira subitement.

1° Par la production de bulles de gaz, telles que celles qui se formeront sur les fils de platine par le passage du courant (expérience de M. Dufour).

2° Par un ébranlement du liquide, et ici l'auteur a cru observer que c'est toujours le contact du liquide avec les bulles de gaz adhérentes à la partie supérieure de la cornue qui produit l'ébullition.

3° Si l'on chauffe brusquement la cornue en plaçant une lampe dessous ou autrement. L'auteur voit dans ces deux derniers cas l'explication des explosions; celles-ci se produiraient soit par un ébranlement de la chaudière, soit au moment où l'on rallume le feu et où la flamme lèche de nouveau la chaudière.

4° Enfin par une brusque diminution de pression (expérience de M. Dufour). Si, après avoir chauffé l'eau à 90° il fait un vide faible dans l'ensemble de l'appareil, on continue le vide dans le vase seulement et qu'on le mette alors subitement en communication avec la cornue en tournant le robinet, on produit quelquefois l'ébullition. Une forte et subite diminution de pression ne suffit donc pas toujours pour produire l'ébullition, même quand elle est déjà retardée.

E. S.

---

G. VAN DER MENSBRUGGHE. TENSION DES LAMES LIQUIDES MINCES.  
(*Bulletin de l'Acad. royale de Belgique*, tome XXII, 1866,  
et *Pogg. Ann.*, CXXXIII, p. 277.)

Depuis longtemps on avait admis l'existence d'une tension à la surface des liquides; dernièrement, partant de ce point de vue, M. Plateau, à la suite de ses nombreuses expériences sur la matière, avait été amené à conclure que les surfaces polyédrales, telles que celles qu'il a étudiées, sont toujours des minima; depuis M. Lamarle a démontré théoriquement que cette tension était une conséquence nécessaire des attractions moléculaires, et, en dernier lieu, son existence a été rendue manifeste par M. Dupré, qui a montré le premier qu'une semblable lamelle formée sur un cadre, dont un des côtés soit mobile, attire ce côté par le fait précisément de cette tendance à se contracter sous l'action des forces moléculaires. L'auteur s'est proposé de résoudre théoriquement la question suivante: étant donné une lame liquide, mince, en équilibre, déterminer la forme qu'affectera un fil parfaitement souple, inexten-

sible et sans pesanteur, lequel, formant tout ou partie du contour extérieur de cette surface liquide, ne sera sollicité que par la tension existante dans cette surface. Et il a été conduit par le calcul aux propositions suivantes :

1° La tension du fil est en chaque point la même, quelle que soit la disposition de la lame liquide sur laquelle il repose.

2° La courbe que forme un fil parfaitement souple, inextensible et sans pesanteur sous l'action de la tension d'une lamelle liquide en équilibre, a en chaque point le même rayon de courbure.

3° Le rapport entre la tension du fil et son rayon de courbure est constant et égal à la tension de la surface liquide.

Ces résultats ont été vérifiés par l'auteur à l'aide d'expériences fort élégantes. Ayant par exemple produit une lame semblable sur un cadre quadrangulaire, muni d'un fil attaché en deux points de ce cadre, ayant de plus pompé avec du papier Joseph la partie du liquide qui se trouvait dans l'intérieur du fil, il vit celui-ci se tendre et prendre la forme d'un demi-cercle, de manière à ce que la surface qu'il enfermait fût maxima et celle du liquide restant minima. Les deux bouts du fil étant attachés ensemble, il put de la même manière obtenir une lamelle liquide verticale avec un vide parfaitement circulaire en son milieu. Ces deux mêmes expériences, faites sur une surface plane, l'auteur les produisit ensuite sur la surface courbe, appelée caténoïde, que M. Plateau produisait en reliant par une lamelle liquide deux anneaux circulaires de grandeurs différentes, placés droit l'un au-dessus de l'autre, et qui n'est autre qu'une surface de révolution engendrée par une chaînette tournant autour d'un axe vertical.

Ces expériences et d'autres encore fournissent une manière élégante de rendre visible cette tension existante à la surface des liquides, tension que l'auteur est même parvenu à mesurer à l'aide de sa troisième proposition. Il a trouvé, par

exemple, que pour la composition de glycérine employée par M. Plateau, elle est de 3<sup>m</sup> par millimètre carré.

E. S.

G. QUINCKE. CAPILLARITÄTS-KONSTANTEN, etc. KONSTANTES DE LA CAPILLARITÉ CHEZ LES CORPS SOLIDES. (*Monatsberichte der Königl. Academie der Wissenschaften zu Berlin. Gesamtsitzung vom 27 Februar 1868.*)

On peut expliquer de deux manières les phénomènes capillaires, soit par des forces moléculaires, telles que les attractions qu'exercent les unes sur les autres et à des distances inappréciables les particules de deux corps voisins, soit par la tension qui doit nécessairement exister à la surface d'un liquide, comme dans une membrane tendue, et qui atteint la même valeur partout où le liquide est en contact avec le même corps. Laplace et Poisson sont partis du premier point de vue, Gauss les a combinés tous deux ensemble. Thomas Young, au contraire, a préféré le second, ainsi que MM. Plateau et van der Mensbrugge, dont les expériences ont jeté un jour nouveau sur la question de la tension existante à la surface des liquides.

D'après Young, les attractions moléculaires ont pour conséquence une augmentation de la densité et partant une tension à la surface des liquides. Or, l'auteur étendant cette manière de voir, arrive à cette conclusion, que *les phénomènes de capillarité ne doivent pas se produire uniquement chez les liquides, mais aussi chez les solides, en tant que ceux-ci ne sont pas absolument rigides, mais se prêtent à des mouvements de leurs dernières particules.* C'est là le point de départ de son travail. D'après lui, cette condensation des molécules à la surface des liquides, et la tension qui en résulte se retrouveraient aussi bien à la surface des corps solides. Cela étant la formule exprimant la ténacité d'un fil de cuivre, par exemple, devrait se composer de deux termes proportionnels, l'un à la

section, l'autre à la périphérie du fil. Or, c'est là ce qu'avait déjà reconnu Karmarsch qui, en mesurant la ténacité de fils métalliques très-divers, en or, acier, fer, melchior, argent, étain, cuivre, platine et zinc, recuits ou non, était arrivé à la formule suivante pour exprimer la ténacité d'un pareil fil.

$$T = aD^2 + bD$$

$D$  étant le diamètre du fil,  $a$  et  $b$  des constantes. Il attribuait ce résultat à l'augmentation de densité à la surface par suite du passage à la filière, ce qui n'est pas justifiable, selon l'auteur, puisque les fils recuits présentent la même propriété, quoiqu'à un degré inférieur.

Soit  $t$  la ténacité d'un fil de  $r^{\text{mm}}$  de rayon donnée en grammes et non plus en livres comme dans les expériences de Karmarsch, on a alors

$$t = \alpha 2\pi r + \beta \pi r^2$$

dans laquelle

$$\alpha = \frac{b}{\pi} 500 \qquad \beta = a \frac{4}{\pi} 500$$

$\alpha$  et  $\beta$  peuvent facilement se déduire des valeurs de  $a$  et  $b$ , trouvées par Karmarsch. Le tableau suivant donne différentes valeurs ainsi trouvées de  $\alpha$ , savoir de la constante de capillarité des corps solides à la température ordinaire ( $15^\circ$ ), qui est la mesure de la tension exercée sur  $1^{\text{mm}^2}$  du corps.

Valeurs de la constante de capillarité  $\sigma$  pour différents corps solides :

	Tiré à la filière.	Recuit.
Fer . . . . .	5731 <sup>gr</sup>	1592 <sup>gr</sup>
Platine . . . . .	3025	2388
Cuivre . . . . .	2388	0
Argent . . . . .	2388	478
Or . . . . .	1592	478
Zinc . . . . .	557	—

	Tiré à la filière.	Recuit.
Acier . . . . .	6685	955
Melchior . . . . .	6685	1114
Argent (12 carats)	5253	2547
Or (14 carats) . .	3661	2228
Laiton en fil . . .	2547	1751
Laiton en corde .	1751	637

Ces valeurs sont considérables, comparées à celles qu'on trouve pour les liquides (eau 0<sup>sr</sup>,008, mercure 0<sup>sr</sup>,055), mais Laplace a montré que les constantes de la capillarité doivent croître proportionnellement au carré de la densité, d'ailleurs il est fort possible, d'après M. Quincke, qu'elles subissent un changement brusque lors du changement d'état. L'expérience avait déjà démontré que cette constante augmente dans le cas de l'eau, quand la température s'abaisse, et l'auteur a reconnu le même fait dans le cas du mercure, contrairement à ce qu'avait avancé M. Frankenheim.

Les corps, se comportant à leur surface comme une membrane tendue, ils devront opposer aux actions extérieures une résistance d'autant plus considérable que leur constante  $\alpha$  est plus grande. Et en effet, les expériences de Karmarsch, et celles de Calvert et Johnson ont montré que l'ordre dans lequel les corps se rangent suivant les valeurs d' $\alpha$ , c'est-à-dire suivant leur ténacité, est le même que celui dans lequel ils se suivent pour leur dureté.

L'auteur a constaté qu'on n'obtient aucune augmentation dans la ténacité d'un fil quand on augmente sa périphérie en déformant sa section, cela tient évidemment à ce que, par cette déformation, l'état d'équilibre est rompu à la surface. Il a observé néanmoins une ténacité relativement très-grande dans des feuilles très-minces, formées par dépôt chimique d'argent sur du verre, et ensuite par dépôt de cuivre sur cet argent. Cette feuille double argent et cuivre, ayant été détachée du verre, s'est trouvée concave du côté du cuivre, pro-

blement, suivant l'auteur, parce que, comme l'indique la théorie, la tension était plus grande du côté libre que du côté du verre. Ce serait pour la même raison que la platine, qui a une très-grande constante de capillarité, n'adhère pas au verre quand on le dépose chimiquement à une basse température, mais seulement quand on chauffe de manière à diminuer la tension à la surface.

Suivant M. Quincke, cette même tension capillaire existe également sur la surface de contact de deux corps solides, de là l'adhésion de deux plaques solides, adhésion d'autant plus grande que la couche intermédiaire est plus mince; de là la ténacité des métaux laminés, qui disparaît dès qu'intervient une formation cristalline; de là aussi la ténacité plus grande dans les fils étirés que dans les fils recuits, parce qu'à chaque passage dans la filière il se forme une nouvelle couche cylindrique à la surface et que la chaleur du frottement aidant, qui rend les particules plus mobiles, il se produit entre cette couche et la couche inférieure la tension capillaire la plus élevée possible; de là encore la solidité des corps formés de couches minces concentriques, tels que les os, ou de cellules qui présentent toujours une grande surface capillaire; de là enfin la déformation de certains corps qui n'ont pas une forme d'équilibre, telle que celle que M. Bæyer a observée dans des règles topographiques de forme prismatique.

L'assimilation des solides aux liquides pour les phénomènes capillaires est justifiée aux yeux de M. Quincke par bien des faits, et entre autres par l'écoulement des solides, tel que l'a réalisé M. Tresca; seulement toute mesure de ce genre est plus difficile chez les solides par le fait qu'ils ne prennent pas, comme les liquides, une surface d'équilibre.

Après avoir donné les constantes de capillarité de différents corps solides, M. Quincke mesure les constantes de capillarité de ces mêmes corps à l'état de fusion et il déduit cette valeur de  $\alpha$  pour chaque métal du poids des gouttes qui

tombent une à une d'un fil de ce métal, fondant lentement dans une flamme de température aussi basse que possible, ou d'un entonnoir renfermant le métal fondu. En effet, ce poids est:

$$P = \alpha 2\pi r.$$

Les résultats ainsi obtenus se trouvent dans le tableau suivant qui renferme également en parallèles les valeurs de  $\alpha$  pour l'eau et le mercure, le tout exprimé en milligrammes.

Substances.	Constante de capillarité.	Point de fusion.
Platine . . . . .	169,04 <sup>mgr</sup>	>1600°
Or . . . . .	100,22	1200
Étain . . . . .	59,85	230
Plomb . . . . .	(56,14)	330
Mercure . . . . .	55,21	—40
Argent . . . . .	40,94	1000
Verre . . . . .	18,09	(1100?)
Eau . . . . .	8.	0°

La constante  $\alpha$ , par laquelle Poisson désignait la hauteur à laquelle le liquide s'élève contre une paroi qu'il mouille, peut se déduire de  $\alpha$  par la formule :

$$\alpha = \frac{a^2}{2} \sigma$$

dans laquelle  $\sigma$  représente le poids spécifique du liquide rapporté à l'eau.

E. S.

### CHIMIE.

D<sup>r</sup> AUG. HORSTMANN. SUR LES RELATIONS ENTRE LE POIDS MOLECULAIRE ET LA PESANTEUR SPECIFIQUE DES CORPS A L'ÉTAT GAZEUX. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*; Supplementband VI, p. 51.)

La plupart des faits observés confirment une hypothèse

énoncée pour la première fois par Avogadro, savoir que tous les corps gazeux renferment à volume égal le même nombre de molécules sous la même pression et à la même température, ou que les poids moléculaires de tous les corps sont proportionnels à leur densité à l'état gazeux.

Cependant on rencontre plusieurs exceptions à cette loi ; exceptions que l'on peut ranger sous trois chefs différents :

1° Pour un certain nombre de combinaisons, la densité est moindre que ne le voudrait le principe général. L'auteur est disposé à admettre, avec un grand nombre de chimistes, que cette anomalie est due à une décomposition ou dissociation qu'éprouvent ces corps, au moment où ils prennent l'état gazeux<sup>1</sup>, en sorte que la vapeur dont on détermine la densité n'est qu'un mélange des vapeurs des éléments de la combinaison.

2° Pour quelques éléments (phosphore, arsenic), la densité est au contraire trop forte, bien qu'elle paraisse constante entre des limites de température très-éloignées. Pour ces corps, évidemment, il faut modifier la loi d'Avogadro, en admettant que leurs molécules sont formées de quatre atomes, au lieu de l'être de deux, comme dans le cas ordinaire.

3° Enfin il y a des corps pour lesquels la densité de vapeur varie avec la température, et diminue à mesure que celle-ci s'élève, en tendant toutefois à atteindre une limite constante à un degré de chaleur suffisamment éloigné du point d'ébullition. On peut donner deux interprétations différentes de

<sup>1</sup> M. Horstmann néglige ici de rappeler que, dans cette même catégorie, se trouvent même des corps simples (mercure, cadmium) pour lesquels cependant l'hypothèse d'une décomposition n'est plus permise. Cette considération est cependant fort importante, car si l'on est forcé d'admettre que la molécule d'un élément peut être formée tantôt d'un seul atome, tantôt de deux (cas ordinaire), tantôt de quatre, il n'y a aucune raison pour ne pas admettre des différences analogues de constitution moléculaire pour les corps composés. (C. M.)

cette variation. On peut l'attribuer, soit à un changement dans la valeur du coefficient de dilatation de la vapeur de ces corps, soit à un changement dans la constitution moléculaire de cette vapeur, les molécules étant formées d'un groupe d'atomes plus complexe à une basse température et se simplifiant à une température plus élevée.

Il résulte des expériences anciennes de Gay-Lussac et de Cagniard de la Tour, et des recherches plus récentes de MM. Cahours, Bineau, Regnault, etc., que tous les corps volatils présentent cette anomalie, quand on détermine leur densité trop près de leur point d'ébullition, mais en général ces variations ne sont pas très-considérables ; elles cessent de se manifester à 30 ou 40 degrés au-dessus du point d'ébullition, et si l'on essaie de tracer graphiquement la courbe des densités, on obtient une courbe constamment concave, se terminant par une droite horizontale. Pour tous les cas de ce genre l'auteur attribue la variation de densité à un changement du coefficient de dilatation, ou plus exactement à ce que, dans le voisinage du point d'ébullition, la distance moyenne des molécules est moindre qu'elle ne devrait l'être d'après les lois de Mariotte et de Gay-Lussac.

Mais il y a certains corps pour lesquels la variation de la densité est beaucoup plus considérable et se manifeste dans une beaucoup plus grande étendue de l'échelle thermométrique. Le tracé graphique des densités conduit à une courbe à double courbure, reliant deux droites horizontales correspondant à deux limites de ces densités. Il faut admettre alors un changement dans la constitution moléculaire de la vapeur, soit qu'il se produise à une certaine température une véritable décomposition chimique comme on a pu le constater pour le bromhydrate d'amylène, soit qu'il se produise simplement un mode différent de groupement des atomes, comme cela semble probable pour l'acide hypoazotique et évident pour le soufre.

C'est précisément par l'étude des variations de densité et

surtout par la forme de la courbe qui les représente que l'on peut reconnaître à laquelle de ces deux causes doivent être attribuées ces variations <sup>1</sup>.

Outre la partie théorique du mémoire de M. Horstmann que nous venons d'analyser, et qui ne présente comme on le voit qu'un résumé de considérations générales énoncées depuis longtemps, et plus ou moins généralement admises, on y trouve les résultats de plusieurs séries d'expériences, qui paraissent avoir été faites avec beaucoup de soin sur les densités de vapeur du sulfure de carbone, de l'éther, de l'eau et de l'acide acétique, dans des conditions très-variées de température et de pression, et qui montrent que pour les trois premiers de ces corps les variations de densité se manifestent dans une étendue de l'échelle thermométrique plus grande qu'on ne l'avait admis. L'auteur s'est particulièrement attaché à se mettre à l'abri d'une objection qui a été quelquefois soulevée contre des expériences analogues, savoir que les vapeurs n'avaient pas été maintenues pendant un temps suffisant aux températures auxquelles on faisait ces déterminations et n'avaient peut-être pas encore atteint toute leur expansion. Dans une de ses expériences sur la densité de vapeur de l'acide acétique, il a montré aussi, en quintuplant les surfaces de contact avec les parois du vase par l'introduc-

<sup>1</sup> Cette distinction peut être fondée en théorie, mais sera souvent difficile à établir dans la pratique, comme le prouve l'étude de la densité de vapeur de l'acide acétique. Si, comme le fait l'auteur, on trace la courbe de ses variations en ne les prenant qu'au delà de 120°, on n'obtient qu'une courbe concave, et l'on sera disposé à n'y voir qu'un changement du coefficient de dilatation qui s'étend seulement sur un intervalle de température plus grand que pour l'eau, l'éther, etc. Mais si l'on tient compte des densités observées à de beaucoup plus basses températures par MM. Bineau, Playfair et Wanklyn, on voit la courbe changer de direction, et l'on pourra admettre, avec ces savants, que ces changements sont dus à une différence dans le mode de constitution de la vapeur. (C. M.)

tion d'un grand nombre de tubes minces de verre dans le réservoir de vapeur, que l'excès de densité de celle-ci n'est point due à une condensation sur ces surfaces.

---

D<sup>r</sup> A. HORSTMANN. SUR LA DENSITÉ DE VAPEUR DU SULFURE D'AMMONIUM. (*Ibidem*, p. 74.)

Il y a encore quelque incertitude sur la densité de vapeur des combinaisons de l'ammoniaque et de l'acide sulfhydrique.

Pour le sulfhydrate acide d'ammoniaque, M. Bineau d'une part<sup>1</sup>, et MM. Deville et Troost de l'autre<sup>2</sup>, s'accordent à trouver une densité de 0,884 à 0,89, d'où il résulte que la formule  $\left. \begin{matrix} AzH^4 \\ H \end{matrix} \right\} S$  correspond à 4 volumes de vapeur, ou en d'autres termes, que, pour former ce sel, le gaz ammoniac et le gaz acide sulfhydrique se combinent à volumes égaux sans condensation.

Mais tandis que, d'après les expériences de M. Bineau<sup>3</sup>, le sulfhydrate neutre  $(AzH^4)^2S$  ne peut subsister qu'à des températures fort inférieures à 0°, qu'à la température ordinaire il se décompose immédiatement en perdant la moitié de son ammoniaque, MM. Deville et Troost admettent l'existence de ce sel à l'état gazeux, même à des températures élevées. Ils ont trouvé pour sa densité 1,26 à 99°,5 et concluent de là que sa formule correspond aussi à 4 volumes de vapeur, ce qui exigerait une densité de 1,18. Ce sel résulterait donc d'une combinaison de 2 volumes d'ammoniaque avec 1 volume d'acide sulfhydrique, avec condensation en 2 volumes.

M. Horstmann a repris l'étude de cette question en déter-

<sup>1</sup> *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>me</sup> série, tome LXXVIII, p. 438.

<sup>2</sup> *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome LVI, p. 895.

<sup>3</sup> *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>me</sup> série, tome LXX, p. 261.

minant la densité de mélanges, faits en diverses proportions, de gaz ammoniac et d'acide sulfhydrique à des températures comprises entre 56 et 86°. Or, dans tous les cas, les nombres obtenus coïncident exactement avec ceux que donne le calcul en admettant un simple mélange.

Il en conclut que dans de telles circonstances l'ammoniaque et l'acide sulfhydrique sont incapables de se combiner, quelles que soient leurs proportions relatives.

Évidemment il va, dans sa conclusion, au delà de ce que ses expériences peuvent établir. On peut en conclure seulement que ces deux gaz ne se combinent pas à l'état gazeux, ou se combinent sans condensation comme on l'avait admis avec M. Bineau. La question du volume moléculaire des sels ammoniacaux reste donc toujours à résoudre. C. M.

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

C. GEGENBAUR. UEBER DIE ENTWICKELUNG, etc. ÉTUDE COMPARÉE SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA COLONNE VERTÉBRALE CHEZ LE LÉPIDOSTÉE. (*Jenaische Zeitschrift*, Band III, Heft 4, p. 359-420, pl. VII-IX.)

Le Mémoire de M. Gegenbaur n'est point aussi spécial que son titre semble le comporter au premier abord. Son point de départ fut, il est vrai, l'étude d'un jeune Lépidostée long de 18 centimètres et dû à la libéralité de M. L. Agassiz. Mais l'auteur a étendu ses recherches à bien d'autres vertébrés, si bien que son Mémoire renferme en réalité quatre parties : 1° un examen de la colonne vertébrale du Lépidostée; 2° une étude comparée de la gaine de la corde dorsale chez les Ganoïdes; 3° un examen comparatif de la structure de la colonne vertébrale dans la série des vertébrés; 4° une étude des homologies des arceaux inférieurs des vertèbres.

I. Les particularités des différents genres de Ganoïdes se

manifestent dans presque chaque système organique, tellement que les différences génériques chez ces poissons sont bien plus profondes que dans d'autres ordres de vertébrés. La conformation de la colonne vertébrale est à ce point de vue bien digne d'attention. La persistance d'une corde dorsale uniforme chez les Esturgeons rappelle les Cyclostomes, les Chimères et certains Requins; l'Amia et le Polyptère paraissent, pour ce qui concerne la forme des corps des vertèbres, se rapprocher davantage des Sélaciens et plus encore des Téléostéens; enfin le Lépidostée semble plus directement allié à des vertébrés plus élevés dans la série. Cependant ses corps de vertèbres convexo-concaves (*opisthocèles* dans le langage de M. Owen), uniques parmi les poissons, constituent une forme également rare chez les vertébrés supérieurs. Les vertèbres des Salamandres et quelquefois des Chéloniens sont dans ce cas. Mais comme les vertèbres opisthocèles n'apparaissent jamais qu'isolément chez les Chéloniens, c'est surtout avec la colonne vertébrale des Salamandres qu'on est porté à comparer celle des Lépidostées.

L'examen du jeune Lépidostée enseigne que la première apparition de la colonne vertébrale consiste en une formation de tissu cartilagineux autour de la gaine élastique de la corde dorsale. Ce tissu paraît former, comme c'est aussi le cas dans le principe chez les Amphibies et les Reptiles, un tube continu, sans aucune trace de division en corps de vertèbres. Tel est du moins l'état que M. Gegenbaur a reconnu exister encore à la partie postérieure du jeune Ganoïde. La formation d'une série de corps vertébraux par une division intervertébrale paraît donc n'être, aussi chez les Ganoïdes, qu'un phénomène secondaire. Cette forme de tube continu est d'ailleurs l'état permanent de la partie de la colonne vertébrale qui chez les adultes est logée dans la nageoire caudale. La modification suivante consiste dans le développement des arceaux supérieurs et, à la région caudale, dans la naissance des arceaux inférieurs. Ces derniers sont com-

plètement distincts des corps vertébraux. Les arceaux supérieurs, croissant à la rencontre l'un de l'autre, amènent la formation du canal rachidien; leur coalescence n'a cependant pas lieu dans toute la longueur de l'animal, mais les deux séries d'arcs restent séparées l'une de l'autre sur la ligne médiane dans la région antérieure. Plus tard l'ossification commence. D'abord une lame osseuse annulaire entoure le milieu de chaque corps vertébral et arrête en ce point la croissance ultérieure du cartilage. Ce dernier ne peut donc plus contribuer à l'augmentation de volume qu'à l'extrémité antérieure et à l'extrémité postérieure du corps de vertèbre. Le cartilage se développant dans les régions intervertébrales comprime la corde dorsale et l'étrangle; au contraire, dans l'intérieur des corps de vertèbres, le tissu cartilagineux étant détruit par la formation des espaces médullaires, la corde n'y subit aucune compression et persiste plus longtemps. La croissance en longueur des corps vertébraux a lieu par le cartilage des deux extrémités; en même temps la lamelle osseuse périphérique s'étend en marchant du milieu vers les deux extrémités de la vertèbre. Mais ces deux extrémités, encore complètement cartilagineuses, sont devenues bien plus épaisses que la région moyenne, et la lame osseuse qui tend à les recouvrir est obligée de s'évaser en forme d'entonnoir, ce qui produit un corps de vertèbre dicone.

M. Gegenbaur trouve la gaine de la corde dorsale des Lépidostées formée de deux couches ou lames dont l'externe est une membrane élastique et dont l'interne est une membrane homogène épaisse et transparente. Une couche élastique plus interne qu'avait admise M. Kölliker par analogie avec les Sélaciens fait entièrement défaut.

Les particularités concernant les rapports de la corde dorsale avec les corps vertébraux sont tout aussi remarquables que celles relatives au mode d'articulation des vertèbres entre elles. Elles sont intimement liées à ces dernières et diffèrent d'une manière tout aussi évidente qu'elles la colonne ver-

tébrale du Lépidostée de celle des autres poissons. On a dit, il est vrai, qu'il existe des têtes articulaires aux vertèbres de certains poissons téléostéens. M. Stannius mentionne comme étant dans ce cas les *Symbranchus* et les *Cobitis*; du moins chez ces derniers une vertèbre passe-t-elle pour présenter cette conformation. Lorsque M. Gegenbaur reconnut que chez les Amphibies et les Reptiles la tête articulaire des corps vertébraux se forme par le développement intervertébral du cartilage, il pensa pouvoir étendre ce mode de formation à ces poissons. Toutefois l'étude des *Cobitis* lui a montré qu'il n'en est rien. Chez ces poissons le cartilage ne participe en rien à la formation de la prétendue tête articulaire, qui résulte uniquement d'un développement particulier de la lame osseuse. Supposons que la partie antérieure d'un corps vertébral de Téléostéen, au lieu de s'allonger par des anneaux consécutifs et de plus en plus larges de substance osseuse, de manière à produire la cavité conique généralement connue, supposons, dis-je, que cette partie s'épaississe simplement en un large anneau, et nous obtiendrons un corps de vertèbre terminé en avant par une surface convexe. C'est ce qui a lieu chez les *Cobitis*. Au fond ces vertèbres ne s'éloignent en rien d'essentiel du type des Téléostéens, et elles n'ont rien à faire avec les vertèbres opisthocèles des Lépidostées, des Amphibies et des Reptiles.

II. Le nom de gaine de la corde dorsale a reçu des acceptions diverses. M. Gegenbaur l'emploie pour désigner les tuniques de la corde qui, tout en appartenant exclusivement à celle-ci, l'enveloppent dans toute sa longueur, sans jamais s'étendre aux arceaux des vertèbres. Dans ce sens cette désignation s'applique essentiellement à des parties servant de base à la formation des corps vertébraux. Tout ce qui est en dehors de la gaine ainsi caractérisée appartient à la couche *scélétopoiétique* que les anciens auteurs ont désignée sous le nom de gaine de la corde.

Les deux lamelles que nous avons mentionnées dans la

gaine de la corde chez le Lépidostée se retrouvent avec de légères modifications chez l'Amia et le Polyptère. Elles existent aussi chez l'Esturgeon où la gaine prend une épaisseur extraordinaire, comme cela résulte déjà du beau travail de M. Leydig sur ce sujet. Ce savant a déjà constaté que la lame homogène interne est tapissée en dedans d'une couche de cellules épithéliales. Or, partout où nous rencontrons des membranes homogènes superposées à une couche d'épithélium, nous les considérons comme des formations cuticulaires, c'est-à-dire comme des sécrétions dont l'épithélium est la matrice. M. Gegenbaur n'hésite pas à appliquer ici cette règle et à considérer la couche homogène de la gaine de la corde chez les Ganoïdes comme une membrane cuticulaire. Les Cyclostomes et les Téléostéens nous offrent une structure très-analogue, et même, chez ces derniers, la membrane cuticulaire présente parfois des stries radiaires très-fines, dues à des pores en canalicules entièrement comparables à ceux de tant d'autres membranes cuticulaires.

Les Sélaciens, les Holocéphales et les Dipnoï présentent au point de vue de la structure de la gaine de la corde un degré de complication bien autre que les Cyclostomes, les Ganoïdes et les Téléostéens : c'est ce que Joh. Müller et plus tard M. Leydig ont déjà reconnu pour les Sélaciens. Ces savants constatèrent en effet que la gaine de la corde renferme des parties cartilagineuses et d'autres connectives. Ces parties appartiennent bien à la gaine et point à la couche scélettologique, dont elles sont séparées par une membrane élastique découverte par M. Kölliker. Chez les Holocéphales, la corde dorsale est entourée d'une première membrane élastique très-mince, suivie d'une couche fibreuse qui est enveloppée à son tour d'une seconde membrane élastique. La couche fibreuse, vu son épaisseur, forme la partie essentielle de la gaine et peut être considérée comme la base de la colonne vertébrale. En effet, les arceaux supérieurs et infé-

rieurs reposent sur elle sans s'unir entre eux par du cartilage. Dans l'épaisseur de cette couche importante apparaissent les anneaux calcaires bien connus qu'on pourrait être tenté de prendre pour des rudiments de corps vertébraux solides, si leur nombre ne l'emportait pas de beaucoup sur celui des segments vertébraux indiqués par la série des arceaux. Ces anneaux ne sont d'ailleurs point formés par du tissu osseux, mais par un simple dépôt de sels calcaires. Les Dipnoï présentent une structure tout à fait analogue, mais la couche principale de la gaine est formée par un tissu tenant le milieu entre le tissu fibreux et le cartilage.

En somme on voit qu'il existe deux types bien distincts de gaines de la corde dorsale : dans l'un des cas, la gaine est formée par une membrane élastique suivie en dedans d'une membrane cuticulaire ; dans le second cas, nous trouvons sous la membrane élastique un tissu de la famille connective, soit du tissu connectif proprement dit, soit du cartilage. On doit se demander jusqu'à quel point il est possible de paralléliser la membrane cuticulaire de l'un des types avec la membrane connective ou cartilagineuse de l'autre type. Il est évident qu'au premier abord une membrane homogène ne semble point pouvoir être remplacée par une couche cartilagineuse. Il est donc plus sage de prendre comme point de départ de la comparaison les membranes élastiques qui existent dans tous les cas. Mais tantôt il existe deux de ces membranes, tantôt on n'en trouve qu'une seule. Dans le premier cas les membranes élastiques limitent la substance connective de la gaine en dedans et en dehors ; dans le second cas, la membrane unique est en dehors de la couche cuticulaire. On peut donc hésiter à considérer la tunique élastique unique des Ganoïdes, des Téléostéens, etc., comme l'homologue de la tunique externe ou bien de la tunique interne des Sélaciens, des Chimères et des Dipnoï. Pour M. Gegenbaur la première de ces alternatives est seule fondée. Ces deux for-

mes de la gaine de la corde doivent être interprétées, selon lui, de la manière suivante: 1° Dans l'un des cas une couche de cellules sécrète à sa surface externe une membrane homogène (cuticule). Cette couche de cellules provient elle-même des matériaux embryonnaires qui se sont différenciés dans l'origine pour former la corde dorsale et dont une partie seulement a été utilisée pour la formation des cellules caractéristiques de la corde. 2° Dans l'autre cas une couche de cellules, homologue de celle que nous venons de mentionner, sécrète également une substance amorphe. Seulement, dans le premier cas, la sécrétion avait lieu d'un côté seulement de chaque cellule, de manière à produire une cuticule reposant sur un épithélium, tandis que dans le second cas chaque cellule sécrète sur toute sa surface et engendre, par conséquence, une substance intercellulaire. Les cellules, d'abord juxtaposées, sont bientôt séparées par la substance intercellulaire, et il en résulte un tissu qui, selon la forme de ses éléments, peut être appelé tissu connectif ou cartilage. Ces deux types peuvent donc être entièrement parallélisés aux deux formes de développement du tissu osseux: dans l'une on ne trouve point d'éléments cellulaires disséminés dans le tissu qui est perforé de minces canalicules (dentine); dans l'autre, au contraire, les cellules sont disséminées dans la substance intercellulaire (tissu osseux proprement dit).

En résumé, la couche connective de la gaine de la corde chez les Sélaciens doit être comparée chez les Ganoïdes à la couche cuticulaire *plus* la couche de cellules fonctionnant comme matrice de cette dernière. Quant à la membrane élastique interne, c'est la partie la moins constante et la moins importante de la gaine. Elle est due à une simple différenciation de la couche de substance connective avec la surface interne de laquelle elle est toujours intimement unie.

La structure de la gaine de la corde chez les vertébrés

supérieurs ne s'éloigne pas considérablement du type des Ganoïdes. Les deux lamelles se retrouvent chez les Amphibiens. Mais la gaine perd de son importance fonctionnelle. Elle ne constitue plus un appareil de soutien pour toute la vie. Ce rôle passe aux tissus cartilagineux et osseux fournis par la couche scélettopoiétique. Chez les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères, où la corde n'a plus qu'une existence très-passagère, l'importance de la gaine diminue encore davantage et cet organe n'est plus formé que d'une seule lame.

III. M. Gegenbaur passe en revue les modifications de structure et de texture que la colonne vertébrale peut présenter dans la série des vertébrés. Cette revue remarquable présentée déjà d'une manière fort concise par l'auteur ne saurait être analysée ici. Nous nous contenterons de reproduire les remarques qu'elle suggère à M. Gegenbaur.

La multiplicité des centres d'ossification des vertébrés a souvent fait penser que la vertèbre est composée typiquement de plusieurs pièces distinctes. On a insisté sur ce fait que, chez les poissons, les arceaux supérieurs peuvent rester séparés des corps des vertèbres ou les apophyses épineuses des arceaux supérieurs. L'existence des arceaux supérieurs comme pièces distinctes chez les crocodiles, de même que l'ossification propre de ces arceaux chez les Oiseaux et les Mammifères, ont conduit les auteurs à considérer ces parties comme primitivement distinctes. L'ossification des arceaux peut s'étendre jusque dans le corps vertébral, de telle sorte que ce dernier peut résulter ou d'un centre d'ossification propre, ou bien de deux centres d'ossification partant des arceaux, sans parler des disques osseux terminaux (épiphyses), qui apparaissent plus tard. Ce fait a été utilisé pour la comparaison des vertèbres des vertébrés supérieurs avec celles des poissons, chez lesquels les arceaux sont représentés par des cartilages distincts. M. Gegenbaur s'élève contre cette ma-

nière de voir. L'ossification n'est à ses yeux qu'un phénomène d'ordre secondaire dans la question de l'indépendance d'une pièce du squelette. Une partie cartilagineuse du squelette peut s'ossifier par un centre ou par plusieurs, sans que cette circonstance jette aucun jour sur la simplicité ou la multiplicité primitive de cette partie, car une seule et même partie du squelette peut passer à l'état osseux, tantôt à partir d'un seul point, tantôt à partir de plusieurs. Les os longs nous en fournissent un exemple. En effet, chez les mammifères, ils s'ossifient par la diaphyse d'une part, et par les épiphyses d'autre part, et ils peuvent même présenter en outre des noyaux d'ossification accessoires, comme le fémur à ses trochantères et l'humérus à ses tubercules : tandis que chez les Amphibies, les Reptiles et les Oiseaux, l'ossification de l'os tout entier part d'un seul centre, situé dans la diaphyse. Veut-on accorder une importance absolue à ces différents points d'ossification, le fémur d'un oiseau ne pourra plus être considéré comme l'homologue de celui d'un mammifère.

D'ailleurs, en restreignant l'importance des noyaux d'ossification, M. Gegenbaur est loin de vouloir la supprimer entièrement. Dans certains cas il est le premier à en reconnaître la valeur, à savoir dans tous ceux où une pièce du squelette peut être démontrée avoir une origine complexe. Peut-on montrer, par exemple, qu'une pièce primitivement unique du squelette, chez un vertébré supérieur, est représentée par plusieurs pièces distinctes, chez un vertébré inférieur, il vaut la peine d'examiner si les noyaux d'ossification multiples de la pièce correspondent aux pièces multiples du type inférieur. Si cette correspondance peut être démontrée, les centres d'ossification multiple sont comme une dernière trace d'une multiplicité typique de la pièce en question, une indication d'un antique héritage. Des pièces primitivement distinctes perdent graduellement leur indépendance en se sou-

dant dans le cours du développement individuel. Peu à peu leur indépendance disparaît même dans leur première ébauche embryonnaire, et, seule, l'ossification par des centres multiples retrace encore l'indépendance originelle. Le corps de l'atlas en est un exemple.

Mais dans d'autres cas la multiplicité des centres d'ossification n'a qu'une importance morphologique minime. Ce sont des particularités acquises, auxquelles ne correspond rien chez les vertébrés inférieurs.

Pour ce qui concerne les centres d'ossification des vertèbres de mammifères, on peut se demander dans laquelle de ces deux catégories on doit les faire rentrer. Ce serait, d'après M. Gegenbaur, dans la seconde, car partout où il existe une vertèbre primordiale cartilagineuse, même chez les poissons, le corps et les arceaux vertébraux ne constituent pas des pièces distinctes, mais un tout unique.

Dans les cas où il existe des arceaux distincts comme chez les Cyclostomes, quelques Sélaciens, les Chimères et les Dipnoi, de même chez les Esturgeons et beaucoup de poissons osseux, ou bien il n'existe point de corps vertébral cartilagineux du tout, ou bien ce corps est représenté seulement par la gaine de la corde, et n'entre par conséquent pas en considération ici.

IV. On donne le nom d'arceaux inférieurs à des apophyses des vertèbres qui embrassent un canal ventral de la même manière que les arceaux supérieurs en embrassant un dorsal. On les attribue de même que les supérieurs aux vertèbres qui auraient, par conséquent, la propriété de développer deux ordres d'arceaux. Les arceaux inférieurs sont dans la règle restreints à la région caudale de la colonne vertébrale. Cependant on les rencontre aussi, chez certains poissons du moins (Téléostéens), au tronc. On pourrait en conclure, semble-t-il, que ces pièces sont des organes spéciaux nullement comparables aux arcs costaux. Toutefois il est permis

de se demander si les conditions présentées par les Téléostéens suffisent pour juger la valeur morphologique des arceaux chez les autres vertébrés. J. Müller a déjà reconnu que les arceaux des Téléostéens sont quelque chose de tout à fait à part. Ils résultent d'une transformation des apophyses transverses qui portent régulièrement les côtes, et le fait même que ces apophyses puissent se transformer en arceaux inférieurs, les distingue entièrement des apophyses transverses costifères des autres vertébrés, puisque chez ces derniers nous pouvons trouver à une seule et même vertèbre des arceaux inférieurs et des apophyses transverses costifères simultanément. Ces considérations montrent d'ailleurs ce que les arceaux inférieurs ne sont point plutôt que ce qu'ils sont. Dans tous les cas, leur assimilation à des côtes véritables semble au premier abord devoir être éliminée. C'est du moins l'opinion de la majorité des anatomistes. M. Owen représente seul l'opinion opposée.

Dans son ostéologie comparée, M. Owen a distingué aussi les arceaux inférieurs des Reptiles et des Vertébrés supérieurs de ceux des Téléostéens, et il les a envisagés à peu près comme M. Gegenbaur le fait ci-dessous. La marche suivie par l'anatomiste anglais est toutefois bien différente : il voit dans ces pièces des parties et même des parties parfaitement déterminées de côtes. Il décompose l'arc ventral en trois parties qu'il est en réalité possible de distinguer chez la plupart des Vertébrés supérieurs : la partie dorsale qui s'articule avec le vertèbre, est pour lui la *pleurapophyse* (côte osseuse des Mammifères); puis vient l'*hémaphyse* (cartilage costal des Mammifères, os sterno-costal des Oiseaux) et, enfin, une pièce impaire médiane l'*hémépine* (sternum). Mais, comme M. Gegenbaur le fait justement remarquer, M. Owen accorde ici une grande importance à une simple différenciation histologique d'une pièce primitivement unique du squelette cartilagineux, et il oublie que ces différentes parties ne sont point

du tout distinctes dans l'origine. Dans le cas où l'ossification d'une côte ne se restreint pas à la région dorsale de celle-ci, mais s'étend jusqu'au sternum, M. Owen devrait admettre que l'hémapophyse manque et que l'hémépine suit immédiatement la pleurapophyse. Il est évident qu'une telle manière de voir est peu naturelle et tout à fait artificielle. Il ne s'agit ici que de degrés d'évolution divers. D'ailleurs, comment envisager l'état d'une côte *avant* l'ossification, d'après les principes de M. Owen ? Où est à ce moment la pleurapophyse ? où est l'hémapophyse ? Il est vrai que cette distinction paraît devenir plausible dès que l'ossification commence. Mais poursuit-on ce phénomène d'ossification, on doit reconnaître sur quel terrain mouvant s'est placé le théoricien, puisque la pleurapophyse augmente aux dépens de l'hémapophyse. Pour chaque phase de développement, ces deux parties sont en réalité différentes, et si l'ossification atteint enfin le sternum, comme cela arrive pour la première côte de beaucoup de mammifères, l'hémapophyse de jadis a été entièrement absorbée par la pleurapophyse. M. Owen a fort justement reconnu qu'il existe une homotypie entre les arceaux inférieurs des Vertébrés supérieurs et les côtes. Toutefois ce savant réclame pour toute véritable côte une pleurapophyse et une hémapophyse ; or, les arceaux inférieurs n'étant composés que d'une seule pièce, le savant anglais imagine de séparer complètement la pleurapophyse de l'hémapophyse dans la région caudale. A ses yeux, les arceaux inférieurs chez les Mammifères, les Reptiles et les Amphibies sont de simples hémapophyses ; quant à la pleurapophyse, il la place à l'extrémité de l'apophyse transverse sans aucune connexion avec son hémapophyse. Comment cette migration a-t-elle lieu ? c'est ce que le savant anatomiste ne s'inquiète guère d'expliquer.

Sans suivre ici M. Gegenbaur dans toutes les considérations sur lesquelles il était son appréciation des arceaux inférieurs,

nous passons immédiatement à ses conclusions : A ses yeux, les arceaux inférieurs des vertèbres résultent de la transformation des côtes (et point seulement de celle de leur région inférieure, hémaphyse), chez les Ganoïdes, les Reptiles et les Mammifères ; les traces de cette transformation apparaissent déjà chez les Sélaciens. Une valeur toute différente est assignée aux arceaux inférieurs des Téléostéens qui résultent pour M. Gegenbaur de la transformation des mêmes apophyses vertébrales qui servent chez les Ganoïdes à l'attache des côtes. On voit donc chez les Téléostéens les vertèbres revêtir des fonctions qui chez les autres vertébrés appartiennent aux côtes ; aussi les côtes disparaissent-elles dans la région caudale chez ces poissons. Tandis que les apophyses dorsales des vertèbres se développent pour enserrer le canal rachidien, il se forme, du côté ventral, un système d'arcs costaux limitant la cavité du corps. Selon la plus ou moins grande extension de cette cavité par rapport à la longueur de la colonne vertébrale, un nombre plus ou moins grand de ces côtes se modifie. Lorsque la cavité du corps ne s'étend pas au delà de la région antérieure de la colonne vertébrale, le reste de celle-ci constitue une région caudale. Les côtes de cette région caudale n'enferment plus qu'un étroit canal contenant seulement les vaisseaux abdominaux et quelquefois en outre les reins (poissons). Dans ce cas elles peuvent se souder entièrement aux vertèbres ; elles n'apparaissent plus alors que comme de simples apophyses des vertèbres caudales (Sélaciens) ; ou bien elles restent distinctes des vertèbres et ne se distinguent des côtes de la région antérieure que par la soudure des deux arcs symétriques en une pièce impaire (Ganoïdes, Reptiles, Mammifères) ; ou bien, enfin, elles disparaissent complètement dans la région caudale, et elles sont remplacées fonctionnellement par des apophyses nées directement des corps vertébraux (Téléostéens).

E. C.

DOUGLAS. SUR LA SOURCE DE LA FORCE MUSCULAIRE. (*Philosoph. Magaz. and Journal of Science*, vol. 34, page 273, octobre 1867.) — E.-A. PARKES. SUR L'ÉLIMINATION DE L'AZOTE PAR LES REINS ET L'INTESTIN PENDANT LE REPOS ET LE TRAVAIL. (*Proceed. of the royal Society*, XV, p. 339, et XVI, p. 44, 1867.)

Les *Archives* doivent à la plume de M. le professeur Dufour une analyse fort lucide des recherches de MM. Fick et Wislicenus sur l'origine de la force musculaire. Qu'il nous soit permis de rappeler en peu de mots les résultats auxquels ces savants sont arrivés. Leur expérience consista à faire à jeun l'ascension du Faulhorn et à déterminer l'azote excrété par les reins avant, pendant et après l'ascension. Le travail musculaire, réalisé en un temps donné, se composant de plusieurs facteurs connus (hauteur de la montagne, poids du corps, battements du cœur, mouvements respiratoires, etc.), les auteurs déterminent une première somme exprimée en kilogrammètres et correspondant au travail extérieur. Calculant ensuite, d'après l'azote excrété par les reins, la quantité d'albumine ayant dû être décomposée pour fournir le chiffre trouvé d'azote et déterminant en kilogrammètres l'équivalent mécanique de la chaleur de combustion de cette quantité d'albumine, ils arrivent à une seconde somme exprimée en kilogrammètres et correspondant à la décomposition de l'albumine pendant le travail. Rapprochant ces deux chiffres, ils font le raisonnement suivant : Si l'équivalent mécanique de la chaleur de combustion de l'albumine brûlée se trouve moindre que le travail extérieur produit pendant le même temps, il est démontré que ce n'est pas seulement la décomposition des matières albuminoïdes qui peut fournir le travail musculaire. Or c'est précisément là le résultat de cette comparaison, et les auteurs sont obligés de conclure que la

décomposition de l'albumine n'entre que pour une très-petite part dans la production de la force.

MM. Fick et Wislicenus ont imaginé la théorie suivante pour rendre compte de la force musculaire. Ils considèrent la fibre musculaire comme une machine construite à l'aide de substances protéiques. Dans cet appareil, des matières non azotées sont brûlées pour produire de la force, tout comme la machine à vapeur, bien que construite en métal, consume du charbon pour effectuer son travail. Mais, dans la machine à vapeur, il se lie nécessairement à la combustion productrice du travail une autre consommation, savoir l'usure du matériel de construction. Ainsi, dans le muscle, il faut distinguer deux sortes de phénomènes chimiques : d'une part certains de ces phénomènes sont proprement destinés à la production de la force, et ce sont des matières non azotées qui servent à ce but peut-être exclusivement ; d'autre part, le muscle subit inévitablement une usure de son tissu propre, de son matériel de construction, et comme ce dernier est constitué par des matières protéiques, nous rencontrons parmi les produits de cette usure l'urée, c'est-à-dire le corps excrémentiel le plus riche en azote.

Cette théorie inattendue a provoqué naturellement des recherches nouvelles de côtés divers. Déjà les *Archives* ont rendu compte des nouveaux calculs faits par M. Frankland sur les chiffres obtenus par MM. Fick et Wislicenus, calculs qui démontrent une fois de plus que le travail fourni par le système musculaire ne peut pas être la résultante exclusive, ni même principale de la décomposition de la substance azotée des muscles. A Madras, M. Douglas a repris les expériences sur des prisonniers prenant une quantité de nourriture parfaitement déterminée et chimiquement bien analysée. Les chiffres auxquels il arrive sont extrêmement frappants. Admettant par hypothèse (ce qui est certainement fort exagéré) que la totalité des substances protéiques contenues dans la nour-

riture se transforment, sans perte aucune, en un poids égal de substance musculaire, il calcule que la combustion de cette substance devrait produire un travail variant de 146,842 à 143,335 kilogrammètres. L'auteur prend comme base de ce calcul le chiffre de M. Frankland de 1848 kilogrammètres pour un gramme de substance musculaire. Or, le seul travail du cœur et des muscles respiratoires s'élevant déjà à 160,012 kilogrammètres, la combustion des substances protéiques ne fournirait, malgré l'estimation fort exagérée, qu'un travail inférieur de 13,170 à 16,677 kilogrammètres (10 p. 100) au travail réalisé par ces seuls organes.

M. Parkes a fait aussi plusieurs séries d'observations très-concordantes sur deux soldats dans les conditions les plus diverses d'activité et d'alimentation. Si l'on compare entre elles toutes ces séries d'expériences, on arrive au résultat suivant. Pendant une alimentation azotée normale, à l'état de repos complet, on constate une légère augmentation de l'élimination de l'azote comparativement à l'activité moyenne ordinaire. Pendant l'activité musculaire, cette élimination diminue au contraire, aussi bien dans le cas d'une alimentation azotée que non azotée. L'activité cessant, l'élimination de l'azote augmente, faiblement il est vrai, mais d'une manière soutenue. Les individus en expérience, après avoir été nourris quelque temps d'aliments non azotés, ont été remis de nouveau à une alimentation riche en azote. Dans ce cas l'azote de la nourriture n'a point été éliminé en totalité, et M. Parkes a constaté qu'il reste plus d'azote dans le corps après une période d'activité qu'après une période de repos. Il en conclut que l'azote faisait besoin aux organes pour compenser l'afflux insuffisant de cet élément pendant la période précédente.

Ces faits ne paraissent guère pouvoir s'expliquer par les deux théories jusqu'ici formulées de l'origine de la force musculaire. L'ancienne théorie ne peut évidemment se con-

cilier avec elle, car les chiffres obtenus par M. Parkes indiquent le même déficit qu'ont obtenu les autres expérimentateurs. Quant à celle de MM. Fick et Wislicenus, elle ne peut expliquer l'augmentation de l'excrétion d'azote pendant le repos pas plus que sa diminution pendant le travail ou son augmentation immédiatement après. Elle n'explique pas davantage le fait que le corps retient une très-grande quantité d'azote, lorsque, après une nourriture non azotée, on donne de nouveau des aliments protéiques.

Pour M. Parkes la mesure du travail musculaire, au lieu d'être cherchée dans la quantité d'azote éliminée par le muscle, pourrait bien plutôt être trouvée dans celle de l'azote assimilé par lui. L'auteur ne rejette pourtant point d'une manière absolue les conclusions de MM. Fick et Wislicenus sur l'importance des substances non azotées dans la production de la force musculaire. Le travail ayant lieu, suivant lui, dans le moment de l'assimilation de l'azote et point dans celui de son élimination, il lui semble peu probable que la transformation d'une certaine quantité d'albumine du sang en une quantité donnée d'albumine musculaire soit un phénomène chimique suffisant pour rendre compte de l'effet mécanique. Toutefois il imagine que cette transformation détermine dans les substances non azotées des modifications chimiques dont le résultat serait la production de la force musculaire. Cette manière de voir n'est en elle-même pas plus improbable que celle de MM. Fick et Wislicenus. En effet, pourquoi la destruction du muscle entraînerait-elle plutôt que sa formation des changements chimiques dans les substances non azotées ?

En résumé, la théorie de M. Parkes se réduit à ceci : lorsqu'un muscle entre en activité il assimile de l'azote et augmente de volume. Cette assimilation détermine dans les substances non azotées qui entourent les derniers éléments du muscle des modifications qui ont pour dernier résultat la

transformation de chaleur en mouvement. La contraction dure jusqu'au moment où les produits de la transformation chimique entravent le phénomène. Le repos commence, repos pendant lequel ces produits sont éliminés. Le muscle perd alors de l'azote et peut entrer de nouveau en activité sous l'influence d'une nouvelle assimilation.

Cette théorie a du moins, aux yeux de l'auteur, l'avantage sur celle de MM. Fick et Wislicenus de faire comprendre pourquoi le muscle a besoin pour son activité d'une alimentation azotée assez abondante et pourquoi la dépense d'azote augmente avec le travail.

E. C.

---

J. COHNHEIM. UEBER ENTZÜNDUNG, etc. SUR L'INFLAMMATION ET LA SUPPURATION. (*Archiv für pathol. Anat. und Physiol.*, Band XL, Heft 1 und 2, p. 1.)

Les travaux de M. Virchow sur le tissu connectif ont inauguré en histologie une ère nouvelle, dans laquelle tous les auteurs s'accordent à attribuer aux corpuscules étoilés de ce tissu une extrême importance. Peut-être cette importance a-t-elle été exagérée; dans tous les cas, une réaction contre les idées de l'école de M. Virchow commence à se faire sentir. Les corpuscules du pus, sur l'origine desquels les anatomistes ont tant disserté, sont considérés généralement aujourd'hui avec M. Virchow comme résultant d'une multiplication anormalement rapide des cellules étoilées du tissu connectif. Les travaux de M. Cohnheim l'ont conduit cependant à un résultat tout différent. Il s'est assuré que les corpuscules incolores du sang, dont les mouvements amœbéens sont bien connus, jouissent de la propriété de passer au travers de la paroi des capillaires sans déchirure de celle-ci. Ils paraissent se frayer un chemin par la dilatation de stomates de l'épithélium vasculaire ou peut-être même percent-ils activement la paroi. Il est donc permis de se demander s'il n'existe pas

entre les corpuscules incolores du sang et les corpuscules du pus autre chose qu'une simple ressemblance de forme, et s'ils ne sont pas au fond identiques les uns avec les autres. M. Cohnheim se prononce pour l'affirmative et il appuie sa manière de voir sur une expérience ingénieuse. Il imprègne d'une substance colorée les corpuscules amœbéens d'un sac lymphatique chez une grenouille, dont il a mis préalablement la cornée dans un état inflammatoire par une lésion, puis il recherche avec le microscope dans les glôbules du pus de la cornée des cellules imprégnées de la matière colorante. Il en retrouve là en effet, ce qui semble singulièrement favorable à sa manière de voir. Les globules du pus seraient donc des corpuscules lymphatiques sortis des vaisseaux, sans qu'on puisse prétendre cependant que ces corpuscules ne soient pas susceptibles de se multiplier hors du système circulatoire.

E. C.

---

G. O. SARS. NOGLE BEMÆRKINGER, etc. QUELQUES REMARQUES SUR LE DÉVELOPPEMENT DES POISSONS MARINS. (*Nyt Mag. for Naturvidenskaberne*, 1866.)

On a cru pendant longtemps que les morues pondent leurs œufs au fond de la mer. M. Sars (fils) a récemment montré que cette opinion est erronée. Ces poissons déposent leurs œufs à la surface de l'eau, où ils flottent pendant toute la durée du développement. Le même savant vient de faire des observations très-semblables sur différentes autres espèces de poissons. Il a constaté, par exemple, que le maquereau (*Scomber scombrus*) pond ses œufs à quelques lieues de la côte et à la surface même des vagues, où l'on rencontre souvent une grande quantité de ces poissons occupés à la ponte. Avec les œufs du maquereau, M. Sars a trouvé ceux de six autres espèces de poissons, dont il a reconnu l'une pour être le grondin (*Trigla gurnardus*). Les œufs du maquereau,

comme ceux de la morue, présentent à leur pôle supérieur une goutte d'huile qui diminue leur poids spécifique au point de leur permettre de flotter à la surface. Cette goutte persiste pendant toute l'évolution, et même après l'éclosion ; elle est reconnaissable dans le sac vitellin du jeune poisson. Les jeunes maquereaux sont reconnaissables à une tache jaune de soufre, placée en arrière de l'œil encore presque dépourvu de pigment.

E. C.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1868.

- Le 2, tonnerres de 11 h. du matin à 2 h.; les nuages orageux font presque le tour de l'horizon, du Nord par l'Ouest, le sud jusqu'à l'Est; dans la soirée éclairs du côté du sud.
- 3, de 10  $\frac{1}{4}$  h. à 11  $\frac{1}{2}$  h. du matin quelques coups de tonnerre à l'Est.
- 5, couronne lunaire dans la soirée.
- 10, il est tombé de la neige sur les Voirons.
- 15 et 16, forte rosée le matin.
- 17, à 10  $\frac{1}{2}$  h. du soir, éclairs du côté de l'Est.
- 18, depuis 9 h. du soir éclairs du côté du SE.
- 19, de 4  $\frac{1}{2}$  h. à 6  $\frac{1}{4}$  h. du soir, éclairs et tonnerres, direction de l'orage de l'Ouest à l'Est; il n'est tombé que quelques gouttes de pluie.
- 20, toute la soirée éclairs dans la partie O. à SE. de l'horizon.
- 21, de 9  $\frac{3}{4}$  h. à 10  $\frac{1}{4}$  h. du matin, halo solaire partiel, se détachant sur le ciel bleu. Éclairs et tonnerres de 5  $\frac{1}{4}$  h. à 6  $\frac{3}{4}$  h. du soir; l'orage passe du SSO. à l'E. au Sud de l'Observatoire, plus tard éclairs à l'Est.
- 22, de 5  $\frac{3}{4}$  h. à 6  $\frac{1}{4}$  h. du matin, on voit très-bien les deux parhélies sur le halo ordinaire.
- 23, tonnerres de 11 h. à 11  $\frac{1}{2}$  h.; l'orage passe du N. au S. à l'O. de l'Observatoire.
- 25, forte rosée le matin.
- 29, hâle très-prononcé toute la journée, le Jura était à peine visible.
- ARCHIVES, t XXXII. — Juillet 1868.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 6 à 8 h. matin .....	732,04	Le 1 à 4 h. après-m. ....	724,47
11 à 10 h. soir .....	731,34	9 à 4 h. après-m. ....	725,25
16 à 8 h. matin .....	732,09	13 à 6 h. soir .....	727,33
20 à 8 h. matin .....	731,15	18 à 6 h. soir .....	727,89
26 à 8 h. matin .....	732,82	23 à 4 h. après-m. ....	723,41
30 à 8 h. matin .....	728,30	29 à 4 h. après-m. ....	725,60

GENÈVE. — JUN 1868.

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.			Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.		Temp. du Rhodan		Linnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des fractions norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.		Nomb. d. pl.	Moy. du Ciel.	Midi.	Écart avec la temp. normale.		cm.
1	725,91	0,17	+19,78	+4,54	0	+27,9	10,57	+1,49	632	330	880	...	...	0,28	14,9	1,7	178	
2	725,53	0,60	+18,74	+3,38	+13,7	+23,0	11,60	+2,46	718	550	750	1,2	2	0,71	18,8	5,5	180	
3	725,98	0,20	+16,97	+1,49	+14,4	+22,4	11,72	+2,52	816	660	920	3,8	5	0,90	18,8	5,3	181	
4	728,36	2,33	+16,03	+0,43	+13,1	+20,0	9,58	+0,32	720	510	830	...	...	0,62	18,6	5,0	182	
5	730,31	3,93	+17,52	+1,80	+12,1	+22,2	9,67	+0,35	655	450	830	...	...	0,28	18,5	4,8	184	
6	731,36	5,03	+18,98	+3,14	+11,4	+25,0	10,24	+0,86	636	380	820	...	...	0,07	19,6	5,8	185	
7	729,36	2,98	+20,29	+4,34	+12,0	+26,2	10,17	+0,73	581	400	830	...	...	0,22	...	...	185	
8	726,56	0,13	+16,44	+0,36	+14,4	+22,0	9,04	-0,46	668	500	770	...	...	0,77	20,1	6,0	187	
9	725,71	0,77	+9,95	-6,25	7,3	+13,3	7,66	-1,89	874	630	1000	13,6	15	0,96	18,5	4,3	190	
10	727,04	0,51	+10,92	-5,39	7,5	+15,9	7,80	-1,80	812	630	970	...	...	0,88	18,1	3,8	195	
11	730,11	3,54	+12,95	-3,47	+10,0	+16,6	7,34	-2,31	677	520	910	...	...	0,70	17,9	3,5	188	
12	729,63	3,02	+14,81	-1,72	+10,2	+19,2	7,46	-2,24	607	450	750	...	...	0,20	17,5	3,0	188	
13	728,22	1,57	+15,79	-0,85	+11,2	+19,6	8,23	-1,52	626	490	710	...	...	0,06	17,5	2,9	189	
14	730,33	3,64	+16,71	+0,03	+10,7	+22,2	9,66	-0,44	686	500	810	...	...	0,18	...	...	186	
15	731,14	4,41	+18,83	+1,99	+11,4	+25,1	10,89	+1,04	673	460	850	...	...	0,29	16,8	2,0	183	
16	731,35	4,58	+19,44	+2,50	+13,2	+24,7	10,07	+0,18	612	390	860	...	...	0,00	16,9	2,0	182	
17	730,51	3,69	+21,18	+4,14	+12,6	+28,1	9,80	-0,13	542	300	780	...	...	0,10	17,1	2,1	182	
18	729,27	2,41	+21,12	+3,98	+14,5	+28,9	10,60	-0,63	582	350	760	...	...	0,18	17,8	2,7	182	
19	729,67	2,76	+21,76	+4,53	+13,9	+31,1	11,32	+1,31	592	310	760	...	...	0,47	18,4	3,2	183	
20	730,13	3,18	+20,37	+3,05	+15,0	+25,8	10,45	+0,40	598	400	760	...	...	0,42	16,3	1,0	184	
21	728,39	1,39	+22,57	+5,16	+15,2	+29,2	10,63	+0,54	541	320	730	1,4	1 1/4	0,37	...	...	186	
22	725,86	1,18	+20,00	+2,50	+14,8	+27,0	11,76	+1,63	685	410	860	7,8	8 1/2	0,73	18,1	2,6	187	
23	724,27	2,82	+17,80	+0,22	+15,8	+22,6	12,21	+2,04	821	610	900	...	...	0,91	15,8	0,2	187	
24	729,39	2,96	+14,73	-2,93	+13,3	+19,1	9,35	-0,86	768	580	870	...	...	0,78	13,3	2,4	190	
25	731,52	4,34	+17,07	+0,67	+10,2	+22,0	11,04	+0,79	748	550	850	...	...	0,22	15,3	0,5	194	
26	732,04	4,82	+20,73	+2,91	+13,5	+26,4	12,80	+2,52	703	410	870	...	...	0,18	15,8	0,1	194	
27	730,88	3,61	+22,07	+4,17	+15,7	+28,1	13,35	+3,04	678	460	810	...	...	0,18	18,1	2,1	196	
28	728,09	0,78	+21,72	-3,75	+15,7	+28,2	10,18	-0,16	542	320	640	...	...	0,43	...	...	198	
29	726,36	0,99	+19,62	-4,58	+15,4	+23,7	10,65	+0,28	633	460	660	...	...	0,19	19,8	3,6	200	
30	727,33	0,06	+19,31	-4,20	+12,5	+24,9	8,87	-1,53	556	340	780	...	...	0,10	19,9	3,6	201	

## MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	727,83	728,01	727,95	727,74	727,30	727,04	727,26	727,71	727,97
2 <sup>e</sup> " .	730,44	730,64	730,53	730,23	729,71	729,25	729,23	729,58	730,04
3 <sup>e</sup> " .	728,90	728,99	728,82	728,49	728,04	727,68	727,77	728,12	728,52
Mois	729,06	729,21	729,10	728,82	728,35	727,99	728,09	728,47	728,84

### Température.

	<sup>0</sup>	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}
1 <sup>re</sup> décade	+14,37	+17,55	+18,77	+19,81	+19,89	+19,66	+18,35	+16,54	+15,13
2 <sup>e</sup> " .	+14,20	+17,52	+19,77	+21,62	+23,09	+23,26	+21,25	+19,61	+17,18
3 <sup>e</sup> " .	+16,62	+19,49	+21,26	+22,87	+23,42	+23,62	+22,25	+19,89	+18,51
Mois	+15,06	+18,19	+19,93	+21,43	+22,13	+22,18	+20,62	+18,68	+16,94

### Tension de la vapeur.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	9,99	10,34	9,98	9,52	9,42	10,04	9,84	9,95	9,54
2 <sup>e</sup> " .	9,59	9,74	9,53	9,53	9,48	9,11	9,73	9,88	10,02
3 <sup>e</sup> " .	11,22	11,40	11,38	10,77	10,64	10,47	11,39	11,53	11,32
Mois	10,27	10,49	10,30	9,94	9,85	9,87	10,32	10,45	10,29

### Fraction de saturation en millièmes.

1 <sup>re</sup> décade	816	691	615	559	562	610	642	717	753
2 <sup>e</sup> " .	796	646	551	494	451	434	512	575	681
3 <sup>e</sup> " .	797	675	603	523	513	493	577	671	718
Mois	803	671	590	525	509	512	577	654	717

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	<sup>0</sup> +11,77	<sup>0</sup> +21,79	0,57	<sup>0</sup> 18,43	mm 18,6	cm 184,7
2 <sup>e</sup> " .	+12,07	+24,13	0,23	17,35	0,0	184,7
3 <sup>e</sup> " .	+14,21	+25,12	0,38	17,01	9,2	193,3
Mois	+12,68	+23,68	0,40	17,62	27,8	187,6

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,98 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 3<sup>e</sup>,1 E., et son intensité est égale à 74,8 sur 100.

TABLEAU  
DES  
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES  
FAITES AU SAINT-BERNARD  
pendant  
LE MOIS DE JUIN 1868.

Le 1<sup>er</sup>, à 8 h. 40 m. du soir un fort coup de tonnerre.

2,	brouillard depuis 8 h. du soir.
3,	id. toute la journée.
4,	id. jusqu'à 8 h. du soir.
5,	id. jusqu'à 10 h. du matin et à 8 h. du soir.
8,	id. tout le jour.
9,	id. jusqu'à 10 heures ; la neige tombée depuis midi a été emportée par le vent.
10,	id. toute la journée.
11,	id. id.
12,	id. à peu près tout le jour.
13,	id. depuis 8 h. du soir.
15,	id. depuis 10 h. du soir.
17,	la glace a disparu sur le lac.
18,	entre midi et 1 heure, tonnerre du côté du nord-est.
19,	brouillard depuis 2 heures de l'après-midi à 8 heures du soir.
22,	id. depuis 8 heures du soir.
23,	id. tout le jour.
24,	id. id. ; la neige a fondu en tombant.
26,	id. depuis 4 heures du soir.
27,	id. id.
28,	id. à 6 heures du matin.
29,	id. à 6 heures du matin et depuis 8 heures du soir.
30,	id. depuis 6 heures du soir.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 6 à 10 h. soir.....	572,14	Le 3 à 6 h. matin.....	565,60
19 à 6 h. et 8 h. soir,.....	573,10	9 à 10 h. soir.....	560,21
26 à 10 h. soir.....	573,71	24 à 6 h. matin.....	565,65
30 à 6 h. matin.....	568,91	29 à 6 h. soir.....	567,76

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Chaleur moy. du Cal.	
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
1	568,04	+ 2,79	567,38	568,48	6,52	+ 4,08	+ 4,6	+ 10,1	.....	19,2	.....	NE.	1	0,67
2	568,84	+ 1,49	566,90	567,41	6,61	+ 4,05	+ 4,0	+ 10,3	.....	.....	7	NE.	1	0,66
3	565,94	+ 0,49	565,60	566,17	3,09	+ 0,41	+ 2,4	+ 4,7	.....	.....	.....	NE.	1	1,00
4	567,26	+ 1,71	565,92	568,39	2,79	+ 0,04	+ 2,0	+ 4,3	.....	12,0	7	NE.	1	0,89
5	569,24	+ 3,58	568,20	570,09	4,04	+ 1,12	+ 1,0	+ 7,1	.....	.....	.....	NE.	1	0,64
6	574,53	+ 5,77	570,60	572,14	7,62	+ 4,58	+ 4,4	+ 11,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,17
7	570,14	+ 4,28	569,15	571,21	7,37	+ 4,21	+ 5,5	+ 10,5	.....	.....	4	NE.	2	0,96
8	565,93	+ 0,92	564,74	567,51	4,22	+ 0,95	+ 1,5	+ 6,9	.....	8,0	.....	NE.	1	1,00
9	561,36	- 2,69	560,21	562,89	3,05	+ 6,43	+ 6,0	+ 0,3	.....	.....	14	NE.	1	0,95
10	563,39	- 2,76	561,43	564,42	0,78	- 4,27	+ 2,7	+ 3,0	70	16,0	.....	NE.	1	1,00
11	566,28	+ 0,03	564,96	567,22	0,98	- 4,57	+ 3,1	+ 2,3	.....	.....	.....	NE.	1	1,00
12	567,04	+ 0,71	566,58	567,30	0,47	- 4,17	+ 2,7	+ 2,9	.....	.....	.....	NE.	1	0,96
13	567,14	+ 0,81	566,50	567,72	4,12	+ 0,31	+ 0,5	+ 6,7	.....	1,3	2	NE.	1	0,54
14	569,85	+ 3,33	568,37	570,80	5,33	+ 1,42	+ 2,1	+ 8,9	.....	.....	.....	calme	1	0,89
15	574,56	+ 4,95	570,88	572,08	7,27	+ 3,26	+ 4,6	+ 10,9	.....	.....	.....	NE.	1	0,36
16	572,02	+ 2,46	571,78	572,35	8,14	+ 4,03	+ 5,5	+ 10,9	.....	.....	.....	NE.	1	0,12
17	572,16	+ 2,60	572,16	572,35	8,14	+ 4,03	+ 5,5	+ 10,9	.....	.....	.....	NE.	1	0,33
18	572,12	+ 2,57	571,70	572,66	8,97	+ 4,76	+ 7,3	+ 12,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,44
19	572,42	+ 2,87	571,96	573,10	10,05	+ 5,75	+ 6,7	+ 13,0	.....	.....	.....	NE.	1	0,58
20	570,10	+ 0,55	571,94	572,41	8,23	+ 3,84	+ 5,0	+ 12,7	.....	1,2	1	NE.	1	0,54
21	570,57	+ 1,03	571,94	572,41	7,84	+ 3,36	+ 6,5	+ 11,1	.....	15,1	7	variable	1	0,78
22	568,16	+ 0,95	570,00	568,82	8,24	+ 3,67	+ 6,0	+ 11,4	.....	2,1	2	SO.	1	0,69
23	566,58	+ 0,95	567,90	568,82	7,71	+ 3,05	+ 5,3	+ 10,4	.....	8,5	7	SO.	1	0,94
24	567,13	+ 0,24	565,65	567,14	5,71	+ 0,97	+ 5,6	+ 7,5	.....	17,6	8	NE.	1	1,00
25	571,25	+ 3,80	569,46	568,78	0,81	- 3,62	+ 0,4	+ 12,4	.....	.....	.....	variable	1	0,28
26	573,05	+ 5,53	572,59	573,71	8,52	+ 4,92	+ 3,5	+ 13,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,50
27	572,62	+ 5,03	569,39	572,86	10,17	+ 5,12	+ 8,4	+ 15,1	.....	.....	.....	NE.	1	0,62
28	569,92	+ 2,96	567,76	570,77	6,85	+ 3,53	+ 6,4	+ 12,1	.....	.....	.....	NE.	1	0,61
29	567,93	+ 0,20	567,76	568,44	7,90	+ 2,71	+ 7,0	+ 10,2	.....	.....	.....	NE.	1	0,69
30	568,05	+ 0,25	567,81	568,91	7,37	+ 2,11	+ 4,9	+ 9,8	.....	.....	.....	NE.	1	0,48

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomètre étant placé hors de service.

## MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	566,93	567,12	567,24	567,25	567,02	566,83	566,76	566,92	567,02
2 <sup>e</sup> .	569,70	570,07	570,24	570,32	570,34	570,43	570,50	570,58	570,61
3 <sup>e</sup> .	569,50	569,48	569,52	569,63	569,53	569,54	569,49	569,63	569,76
Mois	568,71	568,89	569,00	569,07	568,97	568,93	568,92	569,05	569,13

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	+ 2,64	+ 4,47	+ 5,59	+ 6,31	+ 6,27	+ 5,81	+ 4,17	+ 2,95	+ 2,40
2 <sup>e</sup> .	+ 3,54	+ 6,15	+ 7,83	+ 8,32	+ 8,34	+ 8,10	+ 6,43	+ 5,10	+ 4,88
3 <sup>e</sup> .	+ 6,32	+ 8,30	+ 9,45	+ 9,70	+ 9,54	+ 9,06	+ 7,77	+ 6,85	+ 6,51
Mois	+ 4,17	+ 6,31	+ 7,62	+ 8,11	+ 8,05	+ 7,66	+ 6,12	+ 4,97	+ 4,60

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	+ 1,67	+ 6,78	0,71	55,2	70
2 <sup>e</sup> .	+ 3,14	+ 9,10	0,58	2,5	—
3 <sup>e</sup> .	+ 5,43	+ 10,59	0,66	43,3	—
Mois	+ 3,41	+ 8,82	0,65	101,0	70

Dans ce mois, l'air a été calme 31 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 8,57 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 58,9 sur 100.

\* Voir la note du tableau



SUR LA  
POLARISATION DE LA CHALEUR DE 100° C.

ET

SUR LE MOUVEMENT QUI ACCOMPAGNE

LA PROPAGATION DE LA CHALEUR PAR CONDUCTIBILITÉ

PAR

**M. G. MAGNUS** <sup>1</sup>

(TRADUCTION.)

---

On s'est fait aux différentes époques les idées les plus diverses sur la nature de la chaleur. Les anciens rapportaient tous les phénomènes calorifiques au feu, qu'ils considéraient comme un élément. Mais, bientôt après la renaissance des sciences, on voit naître une opinion d'après laquelle la chaleur ne serait autre chose qu'un mouvement. Comme l'on peut s'y attendre à cette époque, ces conceptions sont du reste très-obscurcs, voir même presque puériles. C'est ainsi que *Bacon* par exemple dit <sup>2</sup>, que la chaleur doit être un mouvement, comme le fait supposer l'agitation incessante d'une flamme et d'un liquide en ébullition, ainsi que le développement de chaleur qui résulte des mouvements d'un soufflet et du vent.

<sup>1</sup> Nous reproduisons in extenso le Mémoire de M. Magnus, lequel perdrait par trop dans une analyse brève et nécessairement incomplète. On trouve dans ce travail une preuve de plus de la perfection et de l'exactitude qu'apporte dans les moindres détails de son expérimentation cet illustre physicien, dont l'autorité est si grande dans ces matières. E. S.

<sup>2</sup> *Novum organum Vindemiatio prima: de forma calidi.* Works, vol. IV, p. 325. London, 1778.

Mais on ne peut plus adresser ce reproche de vague aux vues si remarquables que *Newton* émet sur la nature de la chaleur. Dans le troisième livre de son optique, où il traite de l'expérience de *Grimaldi*, il dit avoir été interrompu dans l'étude de cette question, et ne pas pouvoir la reprendre, de sorte qu'il se borne à poser certaines questions qui puissent plus tard servir de jalons à d'autres physiciens.

La V<sup>m<sup>e</sup></sup> question est de savoir si les corps et la lumière n'exercent pas les uns sur l'autre une action réciproque : les corps sur la lumière en tant qu'ils l'émettent, la réfléchissent, la dispersent et la réfractent, et réciproquement la lumière sur les corps en tant qu'elle les chauffe et excite en eux un mouvement vibratoire de leurs parties, qui serait la chaleur.

Dans la question VIII il demande si tous les corps n'ont pas la propriété d'émettre de la lumière, lorsqu'on les chauffe au-dessus d'un certain degré, et si cette émission de lumière n'est pas produite par un mouvement de leurs parties; dans la question XII, si les rayons lumineux arrivant au fond de l'œil ne produisent pas dans la rétine des vibrations déterminées, lesquelles, se propageant de là au travers des tissus solides du nerf optique jusqu'au cerveau, y produiraient l'impression de la vue; et dans la question XVIII, si la couleur extérieure ne se propage pas au moyen des vibrations d'un médium qui serait beaucoup plus subtil que l'air, et qui demeurerait dans le vide barométrique après l'expulsion de l'air. Il demande aussi si ce ne serait pas par ce médium lui-même que la lumière est réfractée et réfléchie, et si ce n'est pas par le fait de ses vibrations que la lumière amène la chaleur avec elle dans les corps, et qu'elle acquiert la plus ou

moins grande facilité avec laquelle elle est réfléchie ou transmise par ces mêmes corps? Et si ce n'est pas également par l'intermédiaire de ces vibrations que les corps plus chauds transmettent leur chaleur aux corps plus froids avec lesquels ils sont en contact. Ce médium serait, suivant lui, infiniment plus subtil et en même temps beaucoup plus mobile et plus élastique que l'air, de manière à pénétrer facilement tous les corps et à se répandre dans l'univers tout entier, grâce à son élasticité.

Les points principaux de la théorie moderne des ondulations se trouvent déjà en germe, comme on le voit, dans ces diverses propositions; et il y a lieu de s'étonner après cela que *Newton* lui ait préféré la théorie de l'émission, et qu'il ait laissé à son compatriote *Thomas Young* l'honneur de reprendre au commencement de ce siècle la théorie des ondulations de *Huygens* après une nouvelle étude de l'expérience de *Grimaldi*. Et encore les efforts de *Young* n'eussent probablement pas réussi à faire généralement admettre cette théorie, si la découverte de la polarisation de la lumière ne fût venue à propos pour fournir à *Fresnel* la base sur laquelle ses admirables travaux établirent hors de toute espèce de doute le mouvement ondulatoire de la lumière.

Les vues émises par *Newton* dans les différentes propositions que nous venons de rapporter trouvèrent encore moins leur application dans l'étude de la chaleur que dans celle de la lumière. La conception obscure du phlogiston avait égaré les esprits et sollicité les recherches les plus étranges sur la nature de la chaleur. Plus tard, lorsqu'avec *Lavoisier* la nouvelle chimie fut née et eut grandi, on fut conduit de la notion de la chaleur spécifique et de la chaleur latente à celle d'une véritable combinaison chi-

mique des corps avec le calorique jouant le rôle de corps simple; et, malgré les doutes qu'une pareille théorie éveillait dans un grand nombre d'esprits, elle subsista jusqu'à nos jours. Ce fut seulement après que les travaux de *Melloni* eurent démontré l'analogie existante entre les rayons lumineux et calorifiques, et après que *M. Forbes* eut reconnu que les rayons calorifiques peuvent être polarisés exactement comme les rayons lumineux, que l'on fut amené à admettre que chaleur et lumière se propagent toutes deux de la même manière. Cette opinion a trouvé une nouvelle confirmation dans la découverte de l'interférence des rayons calorifiques faite tout dernièrement par *M. Knoblauch*. Néanmoins l'analogie en question entre la propagation de la lumière et celle de la chaleur ne s'étend qu'au rayonnement; pour ce qui est de la conductibilité, aussi bien que pour ce qui est de la chaleur latente et de la chaleur spécifique, elles n'ont pas leur correspondant pour la lumière.

L'on n'en est pas moins nécessairement amené à admettre que la conductibilité elle aussi consiste essentiellement en un mouvement. Quant à la nature du mouvement qui s'accomplit ainsi dans l'intérieur des corps, on a fait à son sujet les hypothèses les plus diverses qui toutes manquent d'une base sûre, car jusqu'à présent il n'a été fait aucune observation de laquelle on puisse déduire ce qui se passe dans l'intérieur des corps athermanes. Les expériences, que je vais exposer ici, sont peut-être propres à jeter un peu de jour sur cette question.

*Marche suivie dans cette recherche.*

Dans un Mémoire sur la *polarisation de la chaleur rayonnante et son passage à travers des plaques parallèles*<sup>1</sup>, j'ai montré que la chaleur, émise sous un angle quelconque par une plaque de platine polie chauffée au rouge, ne provient qu'en partie de sa surface et pour le reste de son intérieur. J'avais déduit ce fait de la polarisation des rayons calorifiques émanants de cette plaque. Car comme la position du plan de polarisation par rapport au plan d'émission est la même que celle du plan de polarisation de la lumière réfractée par rapport au plan de réfraction, on est amené à conclure que la portion de la chaleur émise qui se trouve polarisée l'a été par réfraction. Mais pour qu'il puisse y avoir réfraction, il faut que les rayons de chaleur émanent de l'intérieur de la plaque. De plus, comme cette polarisation s'accomplit d'après les mêmes lois que celle de la lumière, on est aussi amené à conclure que la propagation de la chaleur dans l'intérieur s'accomplit de la même manière que celle de la lumière, c'est-à-dire par des vibrations transversales. Dans ce premier Mémoire j'avais déjà émis l'opinion que la conductibilité calorifique reposait elle aussi sur un mouvement de cette espèce. Cependant cette opinion ne reposait que sur ce fait que le mouvement, que l'on appelle chaleur, ne peut pas être de deux espèces et que, si la chaleur se propage dans l'air, le vide, ou une substance diathermane quelconque au moyen de vibrations transversales, elle doit se propager dans les corps non diathermanes, c'est-à-dire se propager par conductibilité de la même manière.

<sup>1</sup> *Pogg. Ann.*, vol. CXXVII, p. 600.

Mais c'était là une simple hypothèse, car l'on ne pouvait point encore être sûr que ce ne fût pas seulement la chaleur lumineuse qui pût être polarisée. En revanche, si l'on pouvait prouver que la chaleur émise par des corps à une température quelconque, entre autre à une température tout à fait basse et sous un angle quelconque aussi, subit également une polarisation partielle, on aurait prouvé du même coup que la chaleur émise par des corps obscurs provient en partie de leur intérieur et se propage par des vibrations transversales. Et ainsi cette hypothèse se trouverait justifiée, à ce que je crois, que la conductibilité de la chaleur, ou sa propagation dans des corps athermanes, s'accomplit aussi par des vibrations transversales.

Déjà, il est vrai, MM. La Provostaye et Desains ont annoncé<sup>1</sup> qu'ils avaient obtenu de la chaleur polarisée dans le faisceau émis par une plaque de platine, dont la température était au-dessous du rouge. Mais ils ont exécuté leurs expériences avec du platine platiné à des températures comprises entre 330° et 360° C., avec lequel ils auraient obtenu, à ce qu'ils disent, une polarisation très-prononcée quoique inférieure à celle que l'on obtient avec du platine poli. Dans les expériences dont il a été question plus haut, sur des plaques de platine chauffées au rouge, j'ai reconnu qu'elles n'émettent point de rayons polarisés dans le cas où elles sont entièrement platinées. Les plaques employées par MM. La Provostaye et Desains ne devaient donc pas être entièrement platinées. Ces messieurs ne cherchent point d'ailleurs à expliquer la polarisation de la chaleur émise par ces plaques; et il est clair qu'ayant opéré avec des surfaces dépolies, ils ne pouvaient

<sup>1</sup> *Ann. de Chimie*, III, série 28<sup>me</sup>, p. 252.

conclure que cette polarisation fût produite par une réfraction des rayons venant de l'intérieur. Par la même raison leurs expériences, quelque intéressantes qu'elles fussent en elles-mêmes, ne pouvaient jeter aucun jour sur la question qui nous occupe. Il était donc opportun d'entreprendre de nouvelles expériences, pour déterminer si la chaleur émise par des corps à une température basse, par exemple de 100° C. environ est aussi polarisée.

Les procédés employés jusqu'ici, pour étudier la polarisation de la chaleur, reposent sur le passage dans des cristaux biréfringents, ou dans une colonne de lames de mica. Or ils ne pouvaient ni l'un ni l'autre être employés ici, car on eut arrêté par là les rayons de chaleur obscure. Il n'y avait donc pas d'autre ressource que d'employer la réflexion comme moyen d'analyse, et encore fallait-il apporter diverses précautions dans l'emploi de ce procédé, puisqu'il n'y a qu'une petite portion des rayons tombant sur un miroir qui se trouvent ensuite réfléchis. Voici la description de l'appareil que j'ai fait construire à cet effet.

#### *Description de l'appareil.*

Une planchette verticale *fh* (voyez Pl. IV) assez épaisse, haute de 180<sup>mm</sup>, large de 120<sup>mm</sup>, munie d'un cercle métallique gradué, porte en son milieu une forte tige cylindrique en métal *ab*. Autour de cette tige tourne à volonté une pièce cylindrique en métal qui se termine par une espèce de fourchette *bc* destinée à porter le miroir *ss*, en verre noir poli, fixé sur une plaque de métal de même grandeur et pouvant à volonté être remplacé par une autre surface réfléchissante. Le miroir que j'ai employé avait 65<sup>mm</sup> de largeur et 130<sup>mm</sup> de longueur. Il était porté par un axe

$o$  fixé dans l'intérieur de la fourchette, et cela de telle manière que le centre de gravité de la surface  $ss$  demeurât toujours fixe, soit que le miroir tournât autour de l'axe  $o$  dans l'intérieur de la fourchette, soit qu'il tournât avec cet axe autour de la tige  $ab$ . Une des extrémités de cet axe se prolonge en dehors de la fourchette et porte un index  $oz$ , qui se meut sur un demi-cercle gradué, fixé contre la fourchette, et qui peut être arrêté par une vis en un point quelconque de ce cercle. Une tige  $op$  tournant également sur ce cercle gradué et munie d'un curseur  $oy$  tout à fait semblable au premier, porte en son prolongement une pile thermo-électrique  $t$  avec un cône  $td$ . Cette pile thermo-électrique est disposée de telle manière, que le prolongement de son axe, qui est aussi celui de son cône, passe par le centre du miroir  $ss$ , dont elle était éloignée dans certaines expériences de 250<sup>mm</sup>, dans d'autres de 200<sup>mm</sup>.

Au moyen de l'appareil ainsi disposé, qui reposait encore sur des vis micrométriques, l'on pouvait à volonté faire réfléchir un rayon horizontal par le miroir de manière à ce qu'il vint tomber exactement sur la pile, tout en amenant le plan de réflexion dans quelque azimut que ce fût. Pour ne recevoir autant que possible sur le miroir que des rayons parallèles, j'avais disposé entre lui et la source de chaleur, plusieurs diaphragmes de 40<sup>mm</sup> de diamètre qui renaient les rayons latéraux. Il y en avait deux aux deux extrémités d'un tube cylindrique  $gg$ , long de 100<sup>mm</sup>, fixé aux deux bouts de la fourchette et maintenu dans sa position horizontale par une planchette verticale  $lm$  dans laquelle il tournait à frottement doux et qui était elle-même fixée au pied  $fl$  de l'appareil entier. Une troisième ouverture de même grandeur  $r$ , se trouvait pratiquée dans un grand écran  $KL$ , placé à 220<sup>mm</sup> en

avant de l'appareil. Ces différentes ouvertures devaient avoir leurs centres tous disposés en ligne droite. Pour obtenir ce résultat, on les fermait toutes avec de petits écrans circulaires percés seulement d'un tout petit trou en leur centre, puis on visait une lumière par ces différents trous.

L'appareil *fm* tout entier était enfermé dans une cage de carton ABCDEF, suffisamment grande pour ne point gêner les mouvements de la tige qui portait la pile thermo-électrique. Le seul bout *ng* du tube *gg* passant au travers de la planche *lm* se trouvait en dehors de cette enveloppe qui servait à arrêter tous les rayons qui ne venaient pas directement de la source de chaleur, entre autres ceux qui auraient pu être réfléchis par les parois de la chambre ou par d'autres objets. Pour maintenir autant que possible dans l'intérieur de cette caisse une température constante, on l'enveloppait de toute part de grosses couvertures, et pour éviter que l'appareil ne s'échauffât par conductibilité, le tube *gg* avait été fait en carton, et il n'y avait là que les deux diaphragmes *gg* et *kk* qui fussent en laiton. En tournant la partie extérieure *ng* de ce tube, on tournait en même temps la fourchette *bc* qui portait le miroir. De la sorte on pouvait changer l'azimut du miroir, sans ouvrir l'enveloppe de carton. Un index *mn* fixé au tube *gh*, et mobile sur un cercle gradué, indiquait la position du miroir.

La source de chaleur était simplement un vase en fer blanc  $\alpha\beta\gamma$ , maintenu à 100° C. par un courant de vapeur continu. Il était fixé sur une épaisse planchette en bois GH, et tournait librement autour d'un axe horizontal, dont le prolongement passait par les centres des diaphragmes et du miroir. La face  $\alpha\beta$  de ce vase, de laquelle partaient les

rayons de chaleur envoyés sur le miroir faisait un angle de  $35^\circ$  avec l'horizontale. Sur cette face l'on pouvait à volonté fixer une autre plaque de substance quelconque prise comme surface rayonnante. La vapeur venant d'un grand ballon en verre était amenée dans le vase par le tube *dd* puis ressortait par le tube *ee* et passait de là dans un grand flacon plein d'eau froide. Afin d'emmener, en même temps que la vapeur, l'eau qui se rassemblait dans l'intérieur du vase par condensation, le tube abducteur était recourbé de manière à plonger jusqu'au fond du vase, et à pomper toute l'eau qui s'y trouvait et qui était pressée par la vapeur affluante. Un écran mobile MN formé d'une double plaque métallique, était disposé entre la source de chaleur et l'écran fixe LK. On l'éloignait au début de chaque expérience et on le remettait à sa place après avoir observé la déviation de l'aiguille du galvanomètre. La lecture au galvanomètre se faisait avec une lunette et une échelle graduée, et cela au moyen d'un petit miroir en verre argenté fixé au-dessus du système des deux aiguilles, lequel était presque complètement astatique. Il convient d'employer des aiguilles de préférence aux miroirs en acier, dont j'avais précédemment fait usage, et cela à cause de leur beaucoup plus grande légèreté. Pour arrêter plus vite le mouvement des aiguilles, le fil était enroulé sur une grosse bobine en cuivre, qui était disposée de telle manière que le cuivre entourât immédiatement l'aiguille inférieure, ne lui laissant qu'un vide de  $4^{\text{mm}}$  de hauteur pour accomplir ses oscillations. Le fil est isolé par des couches de caoutchouc.

*Méthode d'observation.*

En faisant l'expérience, on n'a jamais tenu compte que de la première oscillation de l'aiguille. Il semblerait peut-être qu'il soit plus sûr d'attendre que l'aiguille ait pris une position constante; cependant les résultats sont dans ce cas moins nets et moins sûrs. Il arrive en effet que pendant le temps que dure l'action de la source de chaleur, la pile se réchauffe, et que par là la position de l'aiguille varie. Parfois aussi la température s'élève dans l'intérieur de la cage, de telle sorte qu'en répétant la même expérience, on ne retrouve plus le même résultat. C'est pourquoi je m'en suis tenu à la méthode qui consistait à n'observer que la première oscillation, d'autant plus que, comme on le verra par les mesures que j'indiquerai plus loin, les résultats obtenus dans des expériences consécutives concordaient autant que l'on a le droit de le demander dans de semblables expériences.

Le vase  $\alpha\beta\gamma$ , qui constituait la source de chaleur, était tout d'abord placé de telle manière que la surface rayonnante fût verticale et tournée de côté, par exemple, à gauche, puis horizontale tournée en haut, puis de nouveau verticale mais tournée à droite, enfin horizontale tournée en bas. A chacune de ces positions on faisait la lecture de la plus grande déviation de l'aiguille, en amenant le miroir successivement à être vertical tourné d'un côté, puis horizontal tourné en haut, enfin vertical tourné de l'autre côté; la construction de l'appareil ne permettait pas de l'amener horizontalement tourné en bas.

Pour chaque nouvelle position on répétait trois fois l'expérience, puis on prenait la moyenne des trois observations. On devait s'attendre à avoir le même résultat

quand la surface rayonnante était tournée vers le bas que lorsqu'elle était tournée vers le haut. Néanmoins quelques précautions qu'on eût prises, pour que les conditions fussent parfaitement égales dans les deux cas, l'effet était toujours plus marqué dans le cas où la surface  $\alpha\beta$  était tournée vers le haut que dans le cas où elle était tournée vers le bas. Cela tient évidemment à ce que le plafond était plus chaud que le plancher, et cela entre autres causes par le fait de l'air chaud qui s'élevait du vase et du ballon plein d'eau bouillante. Le plafond plus chaud émettait plus de chaleur par rayonnement que le plancher et les parois de la chambre. De cette chaleur une partie était réfléchiée par la surface du vase et s'ajoutait aux rayons directement émis par elle pour tomber sur la pile. On s'explique aussi de la sorte pourquoi la différence que donnent les deux positions du vase tourné en haut ou en bas est plus forte avec des surfaces métalliques bien polies, qui ont un pouvoir émissif plus faible et donnent d'autre part une réflexion plus complète. Comme par les froids d'hiver pendant lesquels ces expériences ont été exécutées, il se manifestait même une différence entre le côté de la fenêtre et le fond de la chambre, je fus obligé, pour éviter cette cause de perturbation, de placer tout autour du vase à une distance de 0<sup>m</sup>,5 de grands écrans qui le protégeaient de ces rayonnements. Je n'indique ces détails que pour donner une idée de toutes les précautions qu'il faut prendre dans de semblables expériences.

#### *Expériences.*

Une fois qu'on avait écarté les causes d'erreur provenant des rayonnements extérieurs, si la chaleur rayonnante

à 100° n'était pas polarisée, on aurait dû obtenir toujours le même résultat, quel que fût l'azimut du miroir et la position correspondante de la surface rayonnante. Mais les chiffres contenus dans les tableaux ci-dessous font voir que les oscillations de l'aiguille du galvanomètre sont plus petites quand la normale à la surface rayonnante se trouve dans le plan de réflexion du miroir, ou pour m'exprimer plus brièvement, quoique peut-être d'une manière moins correcte, lorsque le plan de rayonnement et le plan de réflexion sont parallèles, que lorsqu'ils sont perpendiculaires. Il suit de là, que la chaleur émise par rayonnement est en partie polarisée, et que son plan de polarisation, comme dans le cas du platine chauffé au rouge, est perpendiculaire au plan passant par le rayon émis et la normale au plan d'émission que l'on peut appeler le plan de rayonnement.

Pour obtenir un effet suffisant avec l'appareil que j'employais, on ne pouvait prendre des diaphragmes très-petits, ni placer la source de chaleur à une grande distance; de la sorte, les rayons envoyés au miroir par les différents points de la surface du vase n'étaient pas parallèles, et l'on ne peut déterminer exactement l'inclinaison sous laquelle ils partent de la surface rayonnante. Aussi n'a-t-il pas été possible jusqu'ici de déterminer l'angle sous lequel la polarisation atteint son maximum.

D'autre part, si l'on admet que l'amplitude des oscillations de l'aiguille galvanométrique soit proportionnelle à la quantité de chaleur, l'on peut des valeurs trouvées pour cette amplitude, déduire la proportion de chaleur polarisée, qui se trouve dans le faisceau total des rayons calorifiques. Car étant admis que dans chacune des deux positions le miroir ne réfléchit que la chaleur polarisée,

la chaleur totale émise se trouve être proportionnelle à la somme des quantités de chaleur réfléchies dans les deux cas, tandis que la différence de ces deux quantités de chaleur est proportionnelle à la quantité de chaleur polarisée.

Les premières expériences ont été exécutées en prenant pour surface rayonnante la paroi même du vase en fer-blanc. Dans le tableau suivant sont consignées trois séries d'expériences faites de la sorte. Pour la première j'ai donné les résultats primitifs afin de montrer à quel point ils concordent avec les moyennes calculées ensuite. Après cela, je fixai sur la plaque de fer-blanc une plaque de cuivre polie, et plus tard à la place de celle-ci, une plaque d'aluminium également polie. Cette dernière était destinée à montrer si des métaux de densités très-différentes se comportent aussi différemment quant à la polarisation et à leur réfrangibilité. Le tableau suivant contient également les moyennes de ces deux dernières séries d'expériences.

*Surface rayonnante. Métal poli.*

SURFACE RAYONNANTE	MIROIR ANALYSEUR	FER BLANC.			CUIVRE.	ALUMINIUM.				
		Série d'expériences.				Moyenne.	1 <sup>re</sup>	2 <sup>me</sup>		
		1 <sup>re</sup>	2 <sup>me</sup>	3 <sup>me</sup>			Moyenne.	Moyenne.		
Horizontale) tournée au haut.	à gauche } horizontal	9	8,5	9	8,75	7,4	9	7,3	7,6	
		4,5	5	5	4,8	3,7	6,5	4	4	4,1
Tournée à gauche.	à gauche } horizontal	8	8,5	9	8,5	7,25	9,2	8,7	7,2	6,6
		3	3,75	4	3,5	3	3	2,8	1,6	2,25
Horizontale) tournée en bas.	à gauche } horizontal	5	5	5	5	3,4	5,5	3,1	3,3	4,5
		4,5	5	6	4,5	2,1	3,6	2,6	2,1	2,9
Tournée à droite.	à gauche } horizontal	6,25	6	4	6,25	2,1	5,2	3,1	4,5	4,3
		4	4	4	4	2,75	3	2,1	2,8	2,7
	à droite } horizontal	5,5	6	6	5,75	5,2	6	3,75	4,9	4,6
		3,25	3	3	3,25	4,5	2,6	3,6	2,8	3,2
	à gauche } horizontal	5	4,5	5	4,8	4,6	5	3,1	4	3,9
		4,25	3,25	3,25	3,6	2,3	2,8	2,75	3,1	2,8
Moyenne dans le cas où les plans de rayonnement et de réflexion sont perpendiculaires					Moyenne.			Moyenne.		
Idem . . . . . parallèles . . . . .					6,46	5,57	6,65	5,16	5,2	5,3
Chaleur totale . . . . .					3,96	3,07	3,58	3,27	2,7	3
Portion polarisée . . . . .					10,42	8,64	10,23	8,43	7,9	8,3
La portion polarisée est de . . . . .					2,5	2,5	3,07	1,89	7,3	2,3
En moyenne . . . . .					24 %	29 %	30 %	22,4 %	29 %	28 %
					27,6 %	27,6 %	28,5 %	22,4 %	28,5 %	28,5 %

Ensuite je fixai sur la paroi du vase une plaque de verre transparent de 1<sup>mm</sup> d'épaisseur. La température de cette plaque sur sa face extérieure était évidemment inférieure à celle de la paroi métallique sur laquelle elle reposait, et de laquelle elle tirait sa chaleur. Néanmoins elle émettait des quantités de chaleur beaucoup plus con-

sidérables que celles qu'émettaient les plaques métalliques. Cette action plus forte du verre ne peut pas provenir de ce qu'il émet de la chaleur par rayonnement dans toute la profondeur de sa masse, car les expériences de Melloni ont montré que le verre ne laisse pas passer les rayons de chaleur à 100°. Cette action plus forte provient donc uniquement du plus grand pouvoir émissif du verre.

*Surface rayonnante. Verre transparent.*

SURFACE RAYONNANTE	MIROIR ANALYSEUR	Série d'expériences.			1 <sup>re</sup>	2 <sup>me</sup>	3 <sup>me</sup>
					Moyenne	Moyenne	Moyenne
Horizontale tournée en haut.	à gauche horizontal	44	43,5	43,25	43,6	39,3	47,25
		35	35	34,75	34,9	33	36,25
		42	42,5	42	42,2	42,7	45,25
Tournée à gauche.	à gauche horizontal	35	35,25	35	35,1	30,2	36,3
		42	42,5	42	42,2	36,5	45,3
		34,5	34,25	34,5	34,4	32,7	35,2
Horizontale tournée au bas.	à gauche horizontal	44	43,75	44	43,9	39,5	45,41
		35,5	35,5	35	35,3	33,5	36,8
		43	43	43	43	42,2	43,5
Tournée à droite.	à gauche horizontal	35,25	36	35,5	35,6	31,3	35,7
		42,75	42	42	42,2	37,1	43
		35,5	35	35,5	35,3	31,8	35,7
Moyenne dans le cas où les plans de réflexion et de rayonnement sont perpendiculaires .					42,8	39,5	44,95
Idem . . . . . parallèles . . . . .					35,1	32,1	35,99
Chaleur totale . . . . .					77,9	71,6	80,94
Portion polarisée . . . . .					7,7	7,4	8,96
La portion polarisée est de . . . . .					9,9%	10,3%	11,1 %
En moyenne . . . . .						10,4 %	

Ces chiffres montrent que la chaleur émise par le verre sous un angle de 35° est polarisée et cela perpendiculairement au plan de réflexion, c'est-à-dire de la même manière que dans le cas des métaux. De plus, pour écarter complètement l'idée que la chaleur eût traversé le verre par rayonnement, la plaque de verre transparente

fut remplacée par une plaque de verre noir complètement opaque, et avec cette nouvelle disposition, j'obtins les résultats suivants.

*Verre noir.*

SURFACE RAYONNANTE	MIROIR ANALYSEUR	Série d'expériences.			1 <sup>re</sup>	2 <sup>me</sup>	3 <sup>me</sup>
					Moyenne.	Moyenne.	Moyenne.
Horizontale tournée en haut.	à gauche horizontal à droite	44,5	46,25	45	45,2	36	42,1
		34,7	35	35	35	27,7	34,7
		44	44,5	44,5	44,3	33,8	45
Tournée à gauche.	à gauche horizontal à droite	34	34	33	33,7	28	34,5
		44	43,5	44,25	44	34,5	42
		34,75	35	34	34,6	26	35,7
Horizontale tournée en bas.	à gauche horizontal à droite	45	45	45	45	35,5	42
		34	35	34	34,3	27,5	35,5
		44,5	45,5	44	44,7	33,6	45,2
Tournée à droite.	à gauche horizontal à droite	35	35,5	36,5	35,6	27,5	33,7
		44	43,5	44,25	44	34,2	42,3
		34,75	34,5	35	34,75	26,8	36,3
Moyenne dans le cas où les plans de réflexion et de rayonnement sont perpendiculaires.					44,8	34,6	43,1
Idem . . . . . parallèles . . . . .					34,6	27,2	35,1
Chaleur totale . . . . .					79,4	61,8	78,2
Portion polarisée . . . . .					10,2	7,4	8,0
La portion polarisée est de . . . . .					12,9 %	12 %	10,3 %
En moyenne . . . . .						12,4 %	

La concordance parfaite entre ces résultats et ceux qu'avait donné la plaque transparente, est une nouvelle preuve que le verre transparent n'est pas plus diathermane pour la chaleur à 100° C. que le verre noir opaque, et que ces deux verres possèdent à très-peu de chose près le même pouvoir émissif pour la chaleur. Si, comme il n'est pas permis d'en douter, la polarisation vient de ce que les rayons de chaleur proviennent en partie de l'intérieur, et sont alors réfractés en arrivant à la surface, il arriverait que dans le cas d'une surface complètement

rugueuse, la réfraction s'effectuerait dans toutes les directions, et qu'il n'y aurait point alors de polarisation à observer. Il me parut donc intéressant de rechercher comment la polarisation varie, quand, à la place d'une plaque de verre polie, on emploie une plaque de verre dépolie. La plaque dépolie que j'ai employée était du même verre, et de la même épaisseur que la plaque de verre polie sur laquelle j'avais précédemment opéré. J'obtins dans ce cas, comme le montrent les chiffres suivants, une polarisation beaucoup plus faible qu'avec la plaque polie, mais elle était toujours sensible. Il était probable, d'après cela, que le verre ne présentait pas une surface suffisamment inégale, je le remplaçai donc par une substance tout à fait rugueuse, et je choisis à cet effet du drap noir collé sur une feuille de fer-blanc et fixé ensuite sur le vase servant de source de chaleur.

SURFACE RAYONNANTE	MIROIR ANALYSEUR	SURFACE RAYONNANTE.			
		Verre dépoli.		Drap noir.	
		Moyenne.	Moyenne.	Moyenne.	Moyenne.
Horizontale tournée en haut.	à gauche	40,2	44,8	41,5	42,5
	horizontal	35,3	38,7	41,7	41,5
	à droite	38,8	42,3	39,8	41,5
Tournée à gauche.	à gauche	34,8	38,1	39,7	42,9
	horizontal	37,5	42,6	39,7	41,8
	à droite	34,5	37,1	39,2	41,4
Horizontale tournée en bas.	à gauche	38,8	43	40	43,4
	horizontal	34,5	37,4	39,2	41,8
	à droite	38,7	41,6	40	42,3
Tournée à droite.	à gauche	34,3	37,3	40,5	42,25
	horizontal	38	42,2	38,8	41
	à droite	34,2	38	40	41,4
Moyenne dans le cas des plans de réflexion et de rayonn. perpendiculaires.		38,6	42,7	39,97	42,1
Idem. parallèles . . . . .		34,6	37,7	40,05	41,9
Chaleur totale . . . . .		73,2	80,4	80,02	84,0
Portion polarisée . . . . .		4,0	5,0	— 1,92	0,2
En moyenne . . . . .		5,5%	6,2%		

Le drap noir, comme on a pu le voir d'après ces chiffres, ne donna plus la moindre polarisation, ce qui est une nouvelle confirmation du fait, que la chaleur rayonnante provient en partie de l'intérieur des corps et se trouve ensuite polarisée par réfraction en arrivant à leur surface.

L'on peut considérer la propagation dans l'intérieur des corps comme un rayonnement; mais alors un rayonnement semblable s'effectue en chaque point dans l'intérieur des corps athermanes. Dans le fait, c'est bien connu que les métaux, tels que l'or et l'argent, réduits en feuilles très-minces, deviennent diathermanes. *M. Knoblauch* a démontré ce fait pour la chaleur du soleil, mais aucune observation n'avait encore été faite sur ce point pour la chaleur à 100° C. et aux températures inférieures, comme dans les recherches dont il est ici question.

#### *Rayonnement des liquides.*

Il m'a semblé encore intéressant de rechercher si des liquides se comportent de la même manière, et si la chaleur émise par eux sous un angle faible est également polarisée. Mais l'appareil tel que je l'ai décrit ci-dessus ne pouvait pas être employé à cette nouvelle destination; car la surface liquide rayonnante devant être horizontale, je ne pouvais employer le vase  $\alpha\beta\gamma$ . J'établis donc l'appareil  $fgh$  tout entier avec la cage qui l'entourait sur un plan incliné, faisant un angle de 35° avec l'horizon, de telle sorte que l'axe du tube  $gh$  avait aussi cette inclinaison. L'écran  $LK$  fut remplacé par un autre, percé d'une ouverture elliptique. Enfin, une caisse en fer, ayant une largeur de 120<sup>mm</sup>, une longueur de 210<sup>mm</sup>

et une hauteur de 40<sup>mm</sup>, vint prendre la place du vase  $\alpha\beta\gamma$  et de la planchette dans laquelle il était assujéti, et fut fixée bien horizontalement. Sur cette caisse, qui à l'aide d'un courant de vapeur était maintenue à 100° C., en reposait une autre en fer-blanc, de même largeur et de même longueur, renfermant le liquide pris comme source de chaleur rayonnante. Cette caisse était établie de telle sorte que la ligne joignant les centres du miroir et des diaphragmes, passait également par le centre de la surface liquide.

Pour éprouver jusqu'à quel point on pouvait attendre de bons résultats de cette disposition, je plaçai d'abord au fond du vase à la place du liquide une feuille de fer-blanc. La polarisation de la chaleur émise par cette feuille se trouva être exactement la même que ci-dessus, savoir dans deux expériences différentes de 25,8 et 26,3 %<sub>o</sub>. Une plaque de verre polie, également placée dans le vase, donna les mêmes résultats que ci-dessus dans le cas du verre, savoir dans trois expériences différentes une polarisation de 11,9, 11,7, 9,92 %<sub>o</sub>. Il était donc prouvé par là que l'appareil donnait des résultats tout aussi sûrs que précédemment. J'avais d'autant plus besoin d'étudier ainsi préalablement la marche de mon appareil dans cette nouvelle disposition, que celle-ci ne me permettait pas d'amener la surface rayonnante dans différents azimuts comme dans les expériences précédentes.

Comme l'on ne pouvait opérer que sur des liquides ayant un point d'ébullition supérieure à 100° C. et qu'en-core parmi ceux-ci il en est beaucoup qui, à cette température, émettent déjà des vapeurs abondantes qui empêchent le rayonnement, il ne restait qu'un fort petit nombre de liquides qui pussent être employés pour ces

sortes d'expériences. Je dus renoncer non-seulement à l'alcool amylique qui bout à 120° C., mais même à l'aniline qui bout à 182° C., à cause de cette production de vapeur. Je dus donc me borner à opérer sur du mercure, des huiles grasses, de la glycérine, des résines fondues, de la paraffine et d'autres substances du même genre.

Une autre difficulté provenait de ce que les liquides ne présentent plus, lorsqu'ils sont chauffés, une surface horizontale, aussi unie qu'à la température ordinaire. En effet, du moment que le liquide a atteint une température dépassant sensiblement celle de l'air environnant, il ne réfléchit plus si clairement les images. Par le fait de la chaleur sans cesse émise par le liquide à sa surface, les couches supérieures descendent pour faire place à d'autres plus chaudes, qui s'élèvent de la masse du liquide. De là naissent des mouvements fort petits, il est vrai, mais qui sont plus intenses à certaines places qu'à d'autres et troublent ainsi l'égalité de la surface liquide. L'on ne peut pas, à cause de cela, attacher une grande importance aux chiffres obtenus dans ces mesures. Néanmoins, pour toutes les substances mentionnées ci-dessous, la chaleur qu'elles émettent par rayonnement est en partie polarisée.

Dans le cas du mercure, la polarisation est au moins aussi grande qu'avec les métaux précédemment étudiés. En effet, il a donné dans une série d'expériences 32 % de chaleur polarisée, et dans une autre 32,2 %. En revanche, les autres liquides ont donné des proportions plus faibles :

Huile de raves . . . . .	{ 6,17 % 5,11
Colophane . . . . .	7,26
Cire blanche . . . . .	7,3
Glycérine . . . . .	5,64
Paraffine . . . . .	5,0

Pour m'assurer que la transparence n'avait pas exercé d'influence sur ces résultats, je plaçai alternativement au fond du vase qui contenait le liquide une plaque de métal polie ou dépolie, ou bien encore j'enduisis le fond de ce vase de noir de fumée. Dans tous ces différents cas j'obtins toujours le même résultat pour un même liquide, d'où il suit que le pouvoir émissif de la substance qui forme le fond du vase demeure sans influence, et que par conséquent les liquides employés sont althermanes pour la chaleur à 100° C., sur laquelle j'opérais ici.

Voici un tableau comparatif de tous les résultats obtenus dans ce travail :

Substances.	Portion polarisée de la chaleur émise par la substance sous un angle de 35°.
Fer-blanc . . . . .	27,6 %
Cuivre . . . . .	22,4
Aluminium . . . . .	28,5
Mercure . . . . .	32,0
Verre transparent . . . . .	10,4
Verre noir . . . . .	12,4
Huile de raves . . . . .	5,64
Colophane fondue . . . . .	7,26
Cire blanche . . . . .	7,3
Glycérine . . . . .	5,64
Paraffine . . . . .	5,0

De ces divers résultats on est admis à conclure que la chaleur émise sous un angle faible de 35°, par exemple, par une substance, tant solide que liquide, ayant une surface plane, est en partie polarisée. Mais de là il suit que, dans la propagation de la chaleur à travers les corps, il se produit des oscillations transversales, ou du moins des mouvements qui, s'ils ne sont pas linéaires, ont en tout cas une composante perpendiculaire à la direction de la propagation, laquelle produit le même effet que les rayons de chaleur. Le but de ce travail était de fournir une base expérimentale sur laquelle pût être établi ce point important qui jusqu'ici n'avait pu être que pres-senti.

---

SUR LA  
**NOUVELLE FORCE ÉLECTROMOTRICE**  
**DANS L'ARC VOLTAÏQUE**

PAR  
M. E. EDLUND <sup>1</sup>.

---

Lorsqu'au moyen d'une forte pile galvanique on a produit un arc voltaïque entre des pointes de charbon, on interrompt le circuit à côté de l'arc voltaïque, de manière à faire cesser le courant, et qu'après un petit moment on rétablit le circuit dans les conditions primitives, on trouve que l'arc ne s'éteint pas, mais qu'il persiste malgré l'interruption momentanée du courant. La durée que peut avoir cette interruption, sans qu'elle entraîne l'extinction de l'arc, dépend de l'intensité du courant. Si cette dernière est grande, la durée de l'interruption peut être plus longue ; mais si elle est faible, l'interruption doit être courte si l'on veut maintenir l'arc. Quand on fait la même expérience en produisant l'arc entre des pointes d'argent, l'arc voltaïque s'éteint au moment même de l'interruption du courant et ne se rétablit pas de lui-même quand on remet le circuit dans les conditions primitives. Cette propriété que manifeste l'arc voltaïque entre des pointes de charbon indique sans aucun doute que le circuit persiste un petit moment dans

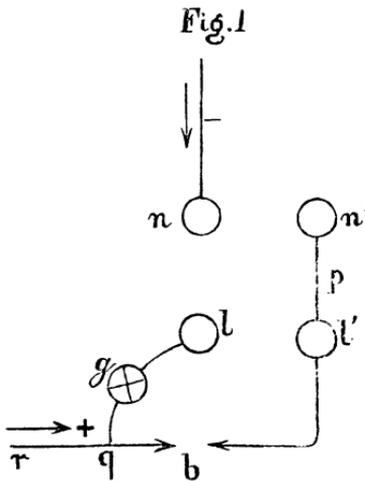
<sup>1</sup> *Öfversigt af K. Vet. Ak. Förh. Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Stockholm, 1868, n° 1, p. 3.*

l'arc après la cessation du courant, d'où il résulte que le courant peut rendre à l'arc son activité, quand le circuit, après son interruption sur le côté de l'arc, a été rétabli. Si le passage entre les pointes de charbon cessait pendant la courte durée de l'interruption, le courant ne pourrait pas, au moment du rétablissement du circuit, à l'endroit de l'interruption, percer la couche d'air entre les pointes de charbon, et rendre à l'arc son éclat. Mais le circuit dans l'arc voltaïque est dû essentiellement aux particules de charbon détachées et transportées par le courant d'un pôle à l'autre. On est, par conséquent, conduit à admettre que pendant le premier moment après l'interruption du circuit les particules de charbon continuent à être détachées et transportées d'un pôle à l'autre. Dans un précédent mémoire, j'ai prouvé que le travail mécanique qu'exerce le courant pour désagréger les pointes des pôles, donne naissance à une force électromotrice qui engendre un courant dans le sens opposé à celui du courant principal<sup>1</sup>. Or, si cette désagrégation continue pendant un petit moment après la cessation du courant principal, il devait être possible de séparer de ce dernier le courant de cette force électromotrice et d'en mesurer l'intensité. C'est dans ce but que j'ai entrepris, avec le concours de M. Lemstrøm de Helsingfors, les expériences qui font l'objet de ce mémoire.

Pour interrompre le circuit à côté de l'arc voltaïque, on a employé un commutateur avec la disposition suivante : Dans la figure 1, *n*, *n'*, *l*, *l'*, représentent quatre godets de mercure creusés dans une planche d'acajou

<sup>1</sup> Öfversigt af K. Vet. Ak. Förh. 1867, avril, p. 95. *Pogg. Ann.*, CXXXI, p. 586. *Archives des Sciences phys. et natur.*, XXXI, p. 227.

horizontale, dans laquelle étaient fixées les différentes parties du commutateur. Au milieu entre  $n n'$  et  $l l'$  était une axe horizontal qui portait un levier en laiton, dont



les deux extrémités se bifurquaient, les bras recourbés en bas et perpendiculairement à l'égard de la direction longitudinale du levier. Si l'on abaissait l'une des moitiés du levier, les godets  $n$  et  $n'$  étaient mis en communication parce que les bras de la fourche abaissée plongeaient dans ces godets. Si, au contraire, on

abaissait l'autre moitié du levier au-dessous de la position horizontale, les godets  $l l'$  étaient mis en communication, et celle entre  $n n'$  cessait. Les godets  $n' l'$  communiquaient au moyen d'un fil de cuivre  $p$ . Le pôle négatif de la pile était relié avec le godet  $n$ , et de  $l'$  partait un fil jusqu'en  $b$ , où l'arc voltaïque devait se produire. Le fil  $b q r$  conduisait au pôle positif de la pile. De  $q$ , un fil allait rejoindre le magnétomètre  $g$ , dont l'autre extrémité était reliée au godet  $l$ . Quand  $n$  et  $n'$  communiquaient ensemble par le moyen du levier bifurqué, il se formait un arc voltaïque en  $b$ . En renversant le levier, la communication était interrompue entre  $n$  et  $n'$ , le courant cessait et ensuite les godets  $l l'$  se trouvaient reliés. Dans cette disposition les deux extrémités du fil du magnétomètre se trouvaient rattachées chacune à l'un des côtés de l'arc voltaïque  $b$ . Si donc une force électromotrice persistait dans l'arc au premier moment après la cessation du cou-

rant principal, elle devait envoyer un courant au magnétomètre et déterminer une déviation. Ce magnétomètre était le même qui avait servi dans les expériences antérieures. Quand on introduisait dans le circuit de cet instrument un fil de fer soudé à un fil court d'argentan, et qu'on échauffait le point de soudure de 1 degré, on obtenait une déviation de 54 divisions.

Il va sans dire qu'il est très-important que la communication entre  $l$  et  $l'$  succède aussi vite que possible à l'interruption entre  $n$  et  $n'$ ; mais d'un autre côté, il faut avoir le plus grand soin qu'en renversant le levier,  $n$  et  $n'$  ne soient pas réunis pendant un court instant en même temps que  $l$  et  $l'$  communiquent ensemble. Si cela a lieu, une partie du courant principal passe, pendant la fermeture simultanée, à travers le fil du magnétomètre, et l'aiguille fait une déviation occasionnée par le courant principal. Quand dans la manœuvre du levier les bras de la fourche s'élèvent au-dessus des godets de mercure  $n$  et  $n'$ , la surface du mercure est entraînée par les bras en vertu de l'adhésion, d'où il résulte que le contact continue plus longtemps que si la surface du mercure restait à sa place. Si le courant passe, il y a en outre production d'étincelles au moment où le contact cesse entre le mercure et les bras, et tant que durent les étincelles le courant continue à passer. Le retard apporté à la cessation du courant par cette formation d'étincelles se prolonge d'autant plus que l'intensité du courant est plus grande. Pour que le renversement du levier s'effectuât toujours avec la même rapidité, on l'a fait opérer au moyen d'un contre-poids. Le temps qui s'écoulait entre le moment où les bras de la fourche quittaient la surface du mercure des godets  $n$  et  $n'$ , et celui où les bras de la fourche de l'autre extré-

mité du levier touchaient le mercure dans les godets  $l$  et  $l'$ , s'est trouvé être, d'après le calcul, d'environ  $\frac{1}{80}$  de seconde. Eu égard à la formation d'étincelles et à l'adhésion du mercure, l'intervalle de temps qui séparait la cessation du courant principal de la communication entre  $l$  et  $l'$ , était cependant beaucoup plus court. Pour démontrer qu'avec cette vitesse de renversement du levier la communication de  $n$  avec  $n'$  n'était pas simultanée avec celle de  $l$  avec  $l'$ , on a fait l'expérience suivante : Les pointes des pôles en  $b$  ont été vissées ensemble, le fil conducteur  $p$  a été enlevé et remplacé par un fil d'argentan offrant une grande résistance. Cette résistance toutefois était calculée de manière à produire une diminution de courant moins grande que l'arc voltaïque en  $b$ , quand il se produisait, et que  $p$  reliait  $n'$  et  $l'$ . Ensuite on a détaché de  $q$  le fil  $g$   $q$  du magnétomètre, et on l'a reporté sur  $n'$ . Si dans cette disposition la fermeture était simultanée par le renversement du levier, une partie du courant principal devait passer par le magnétomètre, et produire une déviation, mais dans le cas contraire, l'aiguille du magnétomètre devait rester au repos. Dans cette expérience, l'intensité du courant a été plus grande que dans les suivantes, et par conséquent la production d'étincelles plus forte. Afin de chercher à atténuer la formation d'étincelles, on a recouvert d'une mince couche d'huile la surface du mercure dans les godets  $n$  et  $n'$ . Une autre expérience que nous mentionnerons plus tard prouve aussi qu'il n'y a pas fermeture simultanée.

Passons maintenant aux observations proprement dites, sans nous astreindre à les relater dans l'ordre où elles ont été faites. La résistance de l'arc voltaïque étant considérable et augmentant avec sa longueur, il en résulte que,

toutes choses égales d'ailleurs, les déviations diminuent quand la longueur de l'arc augmente. Il était donc nécessaire de donner à l'arc, autant que faire se peut, la même longueur dans les différentes expériences. Dans ce but, l'une des pointes de charbon était mobile et pouvait être rapprochée à l'aide d'une vis micrométrique. Malgré cette précaution, la longueur de l'arc ne restait pas parfaitement égale dans toutes les expériences et par conséquent les déviations variaient assez sensiblement. Il a fallu avoir recours à un grand nombre d'expériences et prendre la moyenne des résultats. Pour donner une idée de l'amplitude des variations l'on a mentionné outre les moyennes, les erreurs probables et le nombre des observations.

*Première expérience.* La pile se composait de cinquante éléments de Bunsen, le charbon plongeant dans de l'acide nitrique. Comme dans mes autres recherches sur l'arc voltaïque, j'ai intercallé dans le circuit une auge en bois de la forme d'un parallépipède, qui était remplie en partie, comme précédemment, d'une dissolution de sulfate cuivrique. La distance entre les lames de cuivre était de cinq pouces. Cette résistance abaissait considérablement l'intensité du courant. L'arc voltaïque se formait entre des pointes de charbon. Les fils du magnétomètre étant reliés au circuit, comme il a été dit plus haut, on obtenait toujours par le renversement du levier une déviation de l'aiguille qui indiquait un courant se dirigeant entre les pointes de charbon dans le sens opposé au courant principal. Pour dix observations cette déviation était en moyenne de 18,7 divisions, avec une erreur probable de  $\pm 1,24$ .

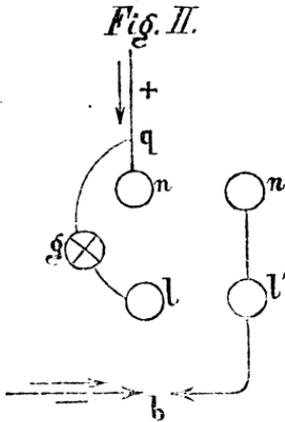
Quand on répétait la même expérience, après avoir remplacé les pôles de charbon par des pôles semblables

en argent, l'aiguille restait parfaitement immobile. Lors donc que l'arc voltaïque se forme entre des pôles d'argent, il n'y a point d'action postérieure après l'extinction de l'arc. Ce résultat prouve que la cause du courant qui détermine la déviation doit être cherchée dans l'arc lui-même, puisque cette dernière dépend de la nature des pôles. Il en ressort en outre qu'il n'y a pas eu fermeture simultanée, par le renversement entre  $n$  et  $n'$  d'un côté et  $l$  et  $l'$  de l'autre.

Cette déviation moyenne de 48,7 divisions, considérée isolément, ne donne aucune idée de l'intensité de la force électromotrice qui a donné naissance au courant. Outre la sensibilité de l'instrument, la déviation dépend de la résistance entre les pointes de charbon, du temps pendant lequel le courant agit, et de la force électromotrice. Sans connaître ces facteurs on ne peut pas dire d'avance si la force électromotrice équivaut à 0,1 d'un élément de Bunsen ou à dix ou quinze éléments. Voici comment j'ai cherché à apprécier la force électromotrice.

*Deuxième expérience.* La communication entre le circuit principal, le magnétomètre, et le commutateur a été modifiée comme l'indique la fig. II. Le godet de mercure  $n$  a été mis en communication avec le conducteur du pôle positif de la pile, et à ce même conducteur a été rattaché le fil  $gq$  du magnétomètre.

Le fil négatif de la pile a été mis en communication directe avec l'une des pointes de charbon. Quand, au moyen du levier à bras,  $n$  et  $n'$  étaient reliés, le courant formait un arc voltaïque en  $b$ ; lorsqu'au contraire, à l'aide du contre-poids le levier était renversé, le contact cessait entre  $n$  et  $n'$ , l'arc s'éteignait et le courant passait par le magnétomètre tant que la communication durait



à travers l'arc éteint. La déviation qu'on obtenait alors était occasionnée par la force électromotrice de la pile diminuée de celle de l'arc éteint. La pile était composée des cinquante mêmes éléments que dans la première expérience et la résistance de la dissolution de sulfate cuivrique était la même. Si l'on n'intercalait pas cette résistance, le courant était si fort que l'arc voltaïque ne s'éteignait pas par le renversement du levier, comme on l'a vu plus haut.

Pour dix observations on a obtenu en moyenne une déviation du magnétomètre de 27,9 divisions, avec une erreur probable de  $\pm 1,43$ . En produisant l'arc voltaïque entre des pointes d'argent, l'aiguille restait au repos. Il n'y avait donc point de courant entre les pôles d'argent après l'extinction de l'arc.

Les deux déviations de 18,7 et 27,9 divisions ne permettent pas de calculer directement la force électromotrice de l'arc éteint, parce que les résistances ne sont pas égales dans les deux cas. Dans le premier cas, la résistance se compose de celle qu'oppose l'arc plus de celle du magnétomètre. Dans le second cas, il y a en outre celle de la pile et de la dissolution de sulfate cuivrique. Si l'on désigne par  $m$  la résistance du premier cas, par  $m'$  celle du second cas, par  $E$  la force électromotrice de la pile et par  $x$  la force électromotrice de l'arc éteint que l'on cherche, on aura :

$$\frac{E-x}{m'} : \frac{x}{m} = 27,9 : 18,7.$$

Les expériences qui suivent fournissent une détermination du rapport qui existe entre  $m'$  et  $m$ , qui permet d'exécuter le calcul.

*Troisième expérience.* La pile était composée de vingt-six éléments et la dissolution de cuivre n'était pas dans le circuit. Faisant d'ailleurs les observations comme dans la première expérience, on a obtenu une déviation moyenne de quarante divisions pour quinze observations, avec une erreur probable de  $\pm 3,5$ . En introduisant ensuite dans le circuit du magnétomètre un fil d'argentan de 18,8 pieds la déviation a été en moyenne de trente-quatre divisions pour quinze observations avec une erreur probable de  $\pm 3,7$ . D'après cela on peut calculer la résistance dans l'arc éteint. Si l'on désigne par  $\rho$  la résistance dans le fil d'argentan, et par  $B$  celle du magnétomètre et de l'arc voltaïque réunis, on a :

$$B : B + \rho = 34 : 40 \text{ d'où } B = 5,67 \rho$$

*Quatrième expérience.* Avec trente éléments et sans la dissolution de cuivre dans le circuit on a fait quinze observations de la même manière que dans la seconde expérience. Le nombre des éléments a été élevé de vingt-six à trente, parce que avec vingt-six l'arc voltaïque était si faible qu'il s'éteignait facilement de lui-même, en sorte qu'il fallait recommencer l'essai. Pour la moyenne des quinze observations on a obtenu soixante-quatre divisions, avec une erreur probable de  $\pm 6,5$ . La résistance de la pile a été mesurée et trouvée égale à  $1,7 \rho$ . La résistance de l'arc avec vingt-six éléments était  $5,67 \rho$ ; avec trente éléments, elle était un peu moindre, parce que la résistance diminue quand l'intensité du courant augmente. La résistance totale dans tout le circuit était, par con-

séquent, dans cette expérience un peu plus faible que

$$1,7 \rho + 5,67 \rho = 7,37 \rho.$$

Si la résistance eût été la même que dans la troisième expérience, la déviation du magnétomètre aurait été tout au plus de

$$\frac{64. 7,37}{5,67} = 83,2 \text{ divisions.}$$

L'on a, par conséquent :

$$83,2 : 40 = E - x : x \text{ d'où } x = 9,7 \text{ éléments.}$$

Il résulte de cela que la force électromotrice dans l'arc voltaïque éteint ne peut pas être inférieure à 9,7 éléments dits de Bunsen.

Les données fournies par les deux dernières expériences permettent de calculer la force électromotrice de l'arc voltaïque des expériences première et deuxième.

Puisque la résistance de trente éléments est  $1,7 \rho$ , on peut admettre que pour cinquante éléments elle est

$$\frac{50}{30} \cdot 1,7 \rho \text{ ou } 2,83 \rho$$

Désignant par  $r$  la résistance de un pouce de la dissolution de cuivre, une expérience spéciale a montré que  $\rho = 2,06 r$ ; la résistance de cinq pouces de dissolution est donc égale à  $2,43 \rho$ .

La résistance totale de la pile et du rhéostat réunis est par conséquent  $5,26 \rho$ . Si l'on admet que la résistance dans l'arc voltaïque et dans le magnétomètre est  $5,67 \rho$ , comme dans l'expérience troisième, l'on a pour la résistance totale de la pile, du rhéostat, de l'arc voltaïque et

du magnétomètre  $10,93 \rho$ . Si dans l'expérience deuxième la résistance eût été  $5,67 \rho$  comme dans l'expérience première, la déviation de l'aiguille, au lieu d'être de 27,9 divisions, aurait été de :

$$\frac{10,93}{5,67} \cdot 27,9 = 53,8 \text{ divisions.}$$

D'où il résulte que :

$$53,8 : 18,7 = 50 - x : x, \text{ d'où } x = 12,9 \text{ éléments.}$$

*Cinquième expérience.* La pile se composait de cinquante éléments, et cinq pouces de dissolution de cuivre étaient intercalés dans le circuit. La résistance de la pile était  $3,97 \rho$ , ce qui avec celle de la dissolution porte la résistance à  $6,4 \rho$ . Quand le circuit du magnétomètre entourait l'arc voltaïque comme dans les expériences première et deuxième, la déviation par le renversement du levier était de 11,7 divisions en moyenne, pour dix observations, avec une erreur probable de  $\pm 0,85$ . En intercalant ensuite dans le circuit une résistance égale à  $12,9 \rho$  on a obtenu une déviation moyenne de 6,5 divisions pour dix observations, avec une erreur probable de  $\pm 0,37$ . On obtient de là par le calcul  $16,1 \rho$  pour la résistance de l'arc voltaïque et du magnétomètre réunis. La grande augmentation de résistance de l'arc voltaïque doit probablement être attribuée à l'intensité du courant qui était plus faible qu'avant.

*Sixième expérience.* La pile et la résistance intercalée étaient les mêmes que dans la cinquième expérience. Le fil du magnétomètre a été relié avec le commutateur et le circuit principal, comme l'indique la fig. II. Quand on renversait le levier on a toujours obtenu une déviation dont la moyenne de quinze observations s'élevait à 19,2 divi-

sions, avec une erreur probable de  $\pm 1,35$ . La résistance était donc égale à  $22,5 \rho$  ( $= 6,4 \rho + 16,1 \rho$ ). Si elle eût été égale à  $16,1 \rho$ , comme dans l'expérience cinquième, la déviation aurait été de 26,83 divisions. On a par conséquent :

$$26,83 : 41,7 = 50 - x : x, \text{ d'où } x = 15,2 \text{ éléments}$$

La force électromotrice moyenne de l'arc voltaïque éteint, d'après ces trois déterminations, est donc égale à 12,6 éléments. Les erreurs probables que nous avons mentionnées prouvent qu'on ne peut pas attendre une grande exactitude de ces déterminations. Il peut bien se faire que la valeur vraie soit d'une unité plus haute ou plus basse que celle indiquée. Mais cela n'a aucune importance pour le but immédiat qu'on a en vue. Les expériences mentionnées prouvent incontestablement qu'au moment de son extinction il existe dans l'arc voltaïque une force électromotrice dont l'intensité peut être comparée à celle de dix à quinze éléments de Bunsen. Il faut en outre remarquer que les chiffres obtenus représentent des valeurs moyennes de la force électromotrice. Cette dernière est sans doute plus grande au moment qui suit l'extinction de l'arc et diminue peu à peu jusqu'à ce qu'elle disparaisse complètement. Si donc l'on pouvait renverser le levier plus vite que cela a eu lieu dans ces expériences, et ainsi faire succéder plus rapidement la fermeture du circuit du magnétomètre à l'ouverture du courant principal et l'extinction de l'arc voltaïque, on obtiendrait une valeur plus grande encore pour la force électromotrice de ce dernier.

Cette source d'électricité qui a été trouvée dans l'arc voltaïque éteint ne peut pas être due à une force électro-

motrice de contact. Il y a bien deux contacts entre charbon et gaz, mais ils agissent en sens inverse et se détruisent. Il est possible, l'expérience se faisant en présence de l'air, que l'humidité de l'air soit décomposée et produise une polarisation ; mais, en admettant même qu'il en soit ainsi, cela ne pourrait expliquer la présence que d'une portion insignifiante de la force électromotrice qui a été trouvée. Cette dernière ne peut pas non plus avoir son origine dans un phénomène d'induction, puisque les conditions nécessaires à une action de ce genre n'existent pas dans l'arc voltaïque. Elle n'a non plus aucune analogie avec la force électromotrice découverte par Quincke dans le passage des liquides à travers des parois poreuses. Le seul côté où il y aurait peut-être quelque prise, serait de l'attribuer à un effet thermoélectrique. L'extrémité du pôle positif s'échauffe beaucoup plus que celle du pôle négatif, d'où il résulte que l'arc voltaïque offre deux contacts entre charbon et gaz, dont l'un est à une température bien plus élevée que l'autre. Toutefois il serait bien étonnant que cette force électromotrice puisse atteindre une valeur aussi élevée que celle qui a été trouvée<sup>1</sup> dans

<sup>1</sup> M. Wild a publié dans les *Poggendorff's Annalen*, tome CXI, un mémoire, dans lequel il montre qu'un magnétomètre sensible éprouve une grande déviation quand on le met en communication, comme dans la fig. I, avec une pile de Bunsen de vingt éléments. M. Wild n'indique pas cependant les précautions qu'il a prises pour s'assurer que, dans ses expériences, il n'y avait pas fermeture simultanée entre l'ouverture du courant principal et l'introduction du magnétomètre. S'il y a fermeture simultanée, on obtient aussi une déviation du magnétomètre. M. Wild n'a fait aucun essai pour déterminer l'intensité du courant ou celle de sa force électromotrice. Aussi M. Wild n'a-t-il pas hésité à admettre que la déviation obtenue était occasionnée par un courant thermo-électrique, engendré par le contact des pôles, chauffés à des températures différentes, avec le gaz ambiant.

ce qui précède. Pour devancer cette objection j'ai échauffé à l'aide d'un bec de gaz de Bunsen le pôle négatif, pour le mettre en vive ignition comme le pôle positif. La différence de température entre les pôles devait être considérablement réduite ; néanmoins le courant qui se produisait dans l'arc voltaïque n'éprouvait aucune diminution. Ce courant ne peut donc pas avoir une origine thermoélectrique.

---

SUR LES  
**MATIÈRES AMYLACÉES DES LICHENS**  
ET SUR LEUR EMPLOI  
POUR LA FABRICATION DU SUCRE DE RAISIN ET D'ALCOOL

PAR

**M. STEN STENBERG** <sup>1</sup>

Professeur de chimie à l'École de Médecine de Stockholm.

---

On sait que la cellulose des végétaux, sous l'influence de l'ébullition dans les acides sulfurique ou chlorhydrique étendus, se convertit en dextrine puis en sucre de raisin d'où l'on peut obtenir de l'alcool par le procédé ordinaire. Cette propriété a été utilisée pour la fabrication de l'alcool; mais les essais n'ont pas conduit au succès qu'on en attendait, parce que le rendement ne couvrait pas suffisamment les frais.

Occupé depuis quelque temps de l'examen de divers lichens pour en déterminer le pourcentage d'amidon, j'ai été frappé de la très-grande facilité avec laquelle la cellulose de ces lichens se transformait en sucre de raisin par l'ébullition dans les acides sulfurique ou chlorhydrique étendus.

Dans la troisième édition de son *Traité de Chimie* Berzelius rend compte d'une analyse du lichen d'Islande, faite par lui-même, dans laquelle il désigne la cellulose du lichen par « squelette amylicé. » Cette dénomination

<sup>1</sup> Öfversigt af K. Vet. Akad. Förhandlingar 1868, n° 1.

montre évidemment que Berzelius avait remarqué que cette cellulose différait de la cellulose végétale ordinaire et tenait le milieu entre la cellulose et l'amidon.

Ne trouvant d'ailleurs dans aucun recueil de Chimie des données positives sur la différence qui existe entre la cellulose des lichens et la cellulose végétale proprement dite, ni sur la plus ou moins grande facilité avec laquelle elles se transforment en sucre de raisin en présence d'acides étendus, il m'a paru intéressant de compléter par de nouvelles expériences l'observation que j'avais faite à cet égard.

La variété de lichens qui fait plus spécialement l'objet de ce mémoire est celle qu'on appelle vulgairement *mousse* ou *lichen des rennes* (*Cladonia rangiferina* Hoffm. ou *Cenomyce rangiferina* Ach.) qui ne contient qu'une quantité insignifiante d'amidon ; mais j'ai fait aussi quelques essais comparatifs sur quelques lichens plus riches en amidon, tels que le *lichen d'Islande* (*Certraria islandica* Achar.) et l'*Evernia jubata* Hoffm.

J'ai cherché d'abord la quantité totale de sucre de raisin que fournit chacune de ces espèces de lichens, quand, séchés à l'air<sup>1</sup> et hachés, on les soumet sans autre préparation à une ébullition prolongée dans l'acide sulfurique étendu. Pour que la formation de sucre soit aussi complète que possible, j'ai employé une quantité d'acide relativement grande, savoir : 9 grammes d'acide concentré, étendu de 200 gr. d'eau sur 5 gr. de lichens, et j'ai entretenu l'ébullition pendant neuf heures. La quantité de sucre contenue dans les dissolutions filtrées a été ensuite déterminée de la manière ordinaire au moyen d'une

<sup>1</sup> La quantité d'eau que retient le lichen séché à l'air a été déterminée et trouvée égale à 12 p. 100.

dissolution de cuivre alcaline titrée. Voici les quantités de sucre de raisin <sup>1</sup> obtenues.

## I.

Lichen traité directement par l'acide sulfurique.	Quantité employée.		Sucre de raisin.	
	grammes.	grammes.	Sur 100 parties de lichen.	
Evernia jubata . . .	5	3,67	73,4	
Lichen d'Islande . .	5	3,6	72,0	
Mousse des rennes .	5	3,4	68,0	

Pour connaître la quantité de sucre qui, dans ces quantités totales provenait de l'amidon tout formé ou de substances analogues, je me suis procuré des décoctions de poids déterminés de chaque lichen. Après cela, j'ai converti l'amidon dans chaque décoction en sucre par l'ébullition avec l'acide sulfurique étendu et déterminé la quantité de sucre formé par le procédé indiqué plus haut. Voici le résultat de ces expériences :

## II.

Décoction traitée par l'acide sulfurique.	Quantité du lichen employé.		Sucre de raisin.	
	grammes.	grammes.	Sur 100 parties de lichen.	
Evernia jubata . . .	5	2,2	44	
Lichen d'Islande . .	5	2,0	40	
Mousse des rennes .	5	0,2	4	

Si des nombres qui représentent le pourcentage du sucre de raisin dans le premier tableau, on retranche ceux du

<sup>1</sup> Je continue à appeler ce sucre « sucre de raisin, » bien que je n'aie pas encore eu le temps d'en examiner toutes les propriétés.

second tableau, on obtient pour chaque variété de lichens une différence qui est pour :

l'Evernia jubata	de 29,4 p. 100	du poids du lichen
le lichen d'Islande	» 32	»
la mousse des rennes	» 64	»

Cet excédant de sucre de raisin obtenu par l'ébullition des lichens dans l'acide étendu ne peut donc pas avoir été formé aux dépens de l'amidon, mais bien de quelques substances analogues qui ne peuvent pas en être extraites par l'ébullition dans l'eau. Cette ou ces matières, qu'on ne devrait peut-être pas appeler cellulose, comme on l'a fait jusqu'ici, constituent cependant une partie considérable du squelette des lichens. La mousse des rennes, si pauvre en amidon, en est une preuve frappante.

On voit, d'après ce qui précède, que la quantité totale de sucre de raisin obtenue par le traitement direct des lichens par l'ébullition dans l'acide sulfurique étendu, est très-grande comparativement au poids du lichen. Or, la mousse des rennes qui couvre des étendues considérables en Suède et dans d'autres pays septentrionaux, m'a paru pouvoir être utilisée avantageusement pour la fabrication de sucre de raisin et d'alcool. Les expériences qui suivent, et que j'ai faites dans ce but, ont confirmé cette opinion.

La proportion d'acide sulfurique qui avait été employée jusqu'à présent était trop considérable pour pouvoir être conservée dans la pratique. Il a donc fallu chercher jusqu'à quelle limite elle pouvait être abaissée sans nuire à la production du sucre, et si l'on pouvait employer l'acide chlorhydrique.

Pour obtenir le plus de sucre possible avec le moins d'acide possible, il faut que l'ébullition s'effectue au

moyen de la vapeur d'eau qu'on introduit dans le vase qui contient le lichen et l'acide étendu. Le vase peut être en bois. La dilution de l'acide doit varier selon la plus ou moins grande quantité d'eau qui se condense pendant l'ébullition, selon la grandeur, la forme et la nature du vase et d'autres circonstances qui influent sur le refroidissement. Quand on opère avec des vases qui ne contiennent que quelques litres, l'acide sulfurique concentré (de 1,84 p. sp.) ne doit pas être dilué de plus de six fois son volume d'eau avant de l'introduire dans le vase, et l'acide chlorhydrique (1,165 pes. sp.) de trois fois son volume; si l'on opère sur des quantités de lichen plus considérables, dans des vases contenant 1000 litres ou au-dessus, l'on peut en commençant étendre l'acide sulfurique de vingt à trente fois et même cinquante fois son volume d'eau.

Après avoir versé dans le vase l'acide étendu, on le remplit de lichen. Pendant l'ébullition la masse s'affaisse et l'on ajoute du lichen jusqu'à ce que toute la quantité à traiter y ait passé. Vers la fin de l'opération, la masse occupe un très-petit volume et est plus ou moins fluide, selon la plus ou moins grande quantité d'acide employée. Si la proportion d'acide est relativement faible, la masse gélatinise par le refroidissement. Je n'ai pas encore examiné cette substance qui affecte la forme gélatineuse et qui est probablement un produit intermédiaire de l'action de l'acide sur le squelette du lichen avant le passage de celui-ci à l'état de sucre. La solution sucrée refroidie doit filtrer facilement à travers le papier, sinon la saccharification n'est pas achevée et l'ébullition doit être continuée. La dissolution filtrée versée goutte à goutte dans de l'alcool concentré ne doit pas le troubler (dextrine) ou à peine.

Pour chaque essai j'ai pris un demi-kilogramme de lichen et j'ai commencé par employer de grandes proportions d'acide, que j'ai diminuées successivement. Voici les résultats de ces essais :

### III. Mousse des rennes et acide sulfurique.

Essai	Acide sulfurique de 1,84 p. sp.	Durée de l'ébullition.	Sucre de raisin.
Numéro	pour 100 de p. lichen.	Heures.	pour 100 p. de lichen.
1	50	7,5	63
2	25	10,5	54 <sup>1</sup>
3	12,5	12	68

### IV. Mousse des rennes et acide chlorhydrique.

Essai.	Acide chlorhydrique de 1,165 p. sp.	Durée de l'ébullition.	Sucre de raisin.
Numéro	pour 100 p. de lichen.	Heures.	pour 100 p. de lichen.
1	50	5,75	60
2	25	9,5	61
3	12,5	14,5	66

Il résulte de ces expériences que la proportion de l'acide peut être abaissée à environ 12 p. 100 du poids du lichen employé, avec une durée d'ébullition de 12 — 14 heures. Mais plus tard je me suis assuré en opérant sur 700 à 800 kil. de lichen à la fois que pour 12 heures d'ébullition la quantité de l'acide pouvait être encore réduite à 7 p. 100 du poids du lichen sans entraîner une diminution dans la production du sucre de raisin.

<sup>1</sup> Dans cet essai le lichen était probablement humide et renfermait en outre des impuretés, dont les nos 1 et 3 étaient exempts.

J'ai aussi essayé d'effectuer l'ébullition dans un appareil particulier avec de la vapeur à une tension plus élevée; mais l'économie de temps et d'acide que l'on ferait serait moindre que l'augmentation des frais d'installation et d'entretien d'un appareil plus compliqué.

Les sirops de sucre de raisin ne peuvent guère être utilisés comme tels, vu leur couleur brune et le goût désagréable dont il serait bien difficile de les débarrasser.

En revanche, ils se prêtent très-bien, particulièrement ceux de la mousse des rennes, à la préparation de l'alcool. J'ai employé dans ces expériences des sirops préparés, soit par l'acide sulfurique, soit par l'acide chlorhydrique. On peut les obtenir directement de la concentration voulue, c'est-à-dire renfermant 115 à 120 grammes de sucre de raisin par litre; s'ils sont plus concentrés, on rajoute l'eau nécessaire après l'ébullition. Ensuite on les neutralise aussi exactement que possible avec du carbonate de chaux. Lorsque la température est tombée à  $+30^{\circ}$  C., sans s'inquiéter du sel produit, on ajoute du ferment et l'on maintient le tout entre  $25^{\circ}$  et  $30^{\circ}$  pendant les deux jours que dure la fermentation. Au bout de ce temps, on soumet la liqueur à la distillation dans une cornue de verre, munie d'un récipient convenablement refroidi. La quantité d'alcool dans le produit de la distillation ayant été déterminée, on a cherché par le calcul la quantité correspondante d'alcool à 50 p. 100 en volume. Voici les résultats de quatre expériences :

## V.

Expériences.	Lichen employé.	Sucre de raisin dans la liqueur.	Alcool à 50 p. 100.
Numéro.	grammes.	grammes.	grammes.
1	500	290	145
2	250	153	86
3	250	150	122
4	250	170	150

Dans ces fermentations sur une petite échelle, suivies de distillation dans une cornue de verre, il y a des causes de pertes assez difficiles à surmonter. Cependant en multipliant les soins, j'ai augmenté progressivement le rendement comme on peut le voir, et plus tard j'ai obtenu plusieurs fois l'excellent résultat de l'expérience quatrième. En opérant en grand, on doit pouvoir obtenir des résultats meilleurs encore.

L'alcool que fournit ce procédé appliqué à la mousse des rennes a un goût et une odeur aromatique particuliers qui rappellent les amandes. Tel quel, il est d'une bonne qualité; mais on peut le purifier facilement par le charbon.

Dans les pays du Nord, les lichens, comme il a été déjà dit, couvrent des étendues de terrain immenses; la récolte pouvant se faire par des enfants et des vieillards en raison de 80 k. par jour et par ouvrier, la matière première est à très-bas prix et la fabrication de l'alcool<sup>4</sup> peut devenir une ressource importante pour ces contrées.

<sup>4</sup> Un premier essai sur une plus grande échelle, qui a été facilité par le gouvernement de Stockholm, fournit 700 litres d'alcool à 50 p. 100 par jour. (*Réd.*)

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

---

## PHYSIQUE.

G.-W. WIGNER. SUR LA PILE DE GROVE. (*Philosophical Magaz.*,  
juin 1868.)

Appelé à faire un grand nombre d'expériences nécessitant l'emploi de piles de Grove puissantes, j'ai été conduit à apporter dans leur arrangement ordinaire plusieurs modifications ayant pour but d'augmenter beaucoup la constance du courant, et de permettre de monter la pile plus facilement.

La première condition à remplir était de diminuer la résistance intérieure de la pile. On y est parvenu par quatre moyens.

1° La partie supérieure de chaque plaque de zinc, à laquelle la plaque de platine est vissée, a été soigneusement limée, de manière à présenter une surface parfaitement plane, et l'on serre les vis autant que possible. On obtient ainsi une grande surface de contact au lieu d'un petit nombre de points comme cela a lieu habituellement. L'oxydation entre les deux plaques est aussi fortement diminuée. On nettoie naturellement la partie en contact chaque fois qu'on se sert de la pile.

2° L'épaisseur des plaques de platine a été augmentée, car lorsqu'elles ont l'épaisseur ordinaire, elles opposent une résistance assez grande au courant.

3° On a rapproché le zinc et le platine, diminuant ainsi l'épaisseur du liquide à travers laquelle le courant doit passer dans chaque élément. Plusieurs fois on a mis les plaques de zinc au contact immédiat avec le diaphragme poreux, sans inconvénient apparent.

4° Enfin on a choisi des vases poreux blancs, d'une com-

position très-serrée et uniforme, réunissant ainsi les deux conditions nécessaires de bonne conductibilité, et de pores suffisamment petits pour empêcher le mélange des acides.

Le second point à obtenir était d'empêcher les actions locales; on y est parvenu, en mettant une petite quantité de mercure au fond de chaque élément, en contact avec le zinc qui se trouvait par ce moyen ainsi toujours complètement amalgamé. En outre, les zincs étaient faits de deux pièces : une pièce plate de 4  $\frac{1}{2}$  pouces sur 3 pour l'un des côtés du vase, et une pièce courbée pour porter le platine; la communication entre les deux morceaux était formée par le mercure au fond du vase. Cette modification est très-commode, parce que l'on peut enlever l'un des zincs, sans toucher aux éléments voisins. Cette disposition est aussi plus économique, le coût de chaque zinc étant moindre et sa durée plus grande; en effet, avec l'ancienne forme, les zincs se cassaient toujours à la courbe inférieure, longtemps avant qu'ils fussent usés.

Il restait une autre cause de perte de force provenant des circuits qui se formaient d'un élément à l'autre, ainsi qu'entre les pôles de la pile et le sol par l'humidité et les acides condensés: ces courants avec une pile de cent vingt éléments, étaient assez forts pour que l'on ressentît une secousse douloureuse lorsqu'on touchait les vis terminales de la pile, en étant debout sur le sol formé de dalles de pierre.

Pour obvier à cela, on a fixé longitudinalement deux tiges de verre d'un demi-pouce de diamètre sur le fond de chaque caisse contenant les éléments qui reposaient sur ces tiges; en sorte que toute l'humidité pouvant se condenser, se déposait hors de contact avec les éléments. Les caisses et les petits morceaux de bois intercalés entre chaque élément étaient en chêne, desséchés à l'étuve pendant douze heures, et revêtus de trois couches de vernis à la gomme-laque; et lorsqu'on employait chaque caisse (de dix éléments), on l'isolait par une autre série de tiges de verre, en sorte que

la perte, par les circuits locaux, était réduite à un minimum.

J'ai trouvé aussi un grand avantage à faire travailler les piles en face d'un grand feu ; les fumées de l'acide sont emportées par la cheminée, et la condensation diminue beaucoup.

J'ai essayé ensuite d'augmenter la constance de la pile.

Le premier pas était naturellement d'augmenter les dimensions des cellules extérieures, pour empêcher l'acide sulfurique de se saturer rapidement de zinc.

J'essayai ensuite l'effet d'un acide nitrique plus fort, même jusqu'à 1,540 de densité. Mais je me suis arrêté pour le moment à l'acide nitro-sulfurique, et les résultats que j'ai obtenus sont très satisfaisants, montant dans un cas à une perte de seulement dix-huit pour cent de la lumière, dix heures après avoir monté les piles, et après plus de six heures pendant lesquelles le circuit avait été fermé. Si l'on n'a besoin que de faire marcher la pile pendant cinq heures, deux parties en poids d'acide nitrique (densité 1,300), pour cinq d'acide sulfurique (densité 1,845) forment une très-bonne proportion ; mais s'il faut que la pile travaille plus longtemps, la proportion d'acide nitrique peut être augmentée jusqu'à trois et demie. J'ai opéré une fois d'une manière satisfaisante, pendant quatre heures avec soixante éléments et seulement un d'acide nitrique, pour cinq d'acide sulfurique. Je n'ai pas trouvé que ce changement amenât une usure excessive du zinc, et l'économie pour ce qui concerne l'acide est évidente.

L'acide sulfurique dilué que j'emploie est en général formé de un volume d'acide pour six d'eau.

Maintenant quelques mots sur la manière de remplir les éléments.

L'ancien emploi d'un broc et d'un entonnoir est lent et insuffisant, et j'ai adopté avec grand succès le principe du siphon, pratiqué comme suit. Je mêle les acides dans deux grandes jarres en grès, pourvues de bouchons ayant deux trous

chacun. A travers l'un de ces trous un tube de verre descend jusqu'au fond de la jarre. Il est recourbé à l'extérieur sur une longueur de deux ou trois pouces. On fixe à cette extrémité du tube un tube de caoutchouc de six pieds de long environ, portant à son extrémité un bout de tube de verre, de trois pouces environ de longueur. Ce tube de verre est légèrement aplati à la lampe, pour faciliter son entrée dans les cellules. Pour régulariser et arrêter le courant d'acide, j'ai fait usage d'un ressort à pince de Mohr, qui serre le tube de caoutchouc. L'autre trou dont chaque bouchon est pourvu est un tube à souffler, ne pénétrant que très-peu dans la jarre, et destiné à aider au chargement des siphons. Ceux-ci une fois chargés, il est très-facile de passer l'ajutage de cellule en cellule (arrétant l'acide en même temps avec le ressort à pince), sans répandre une seule goutte ; cela peut être fait si rapidement que j'ai souvent chargé soixante éléments avec les deux acides (sans le secours d'aucun aide), en vingt ou vingt-cinq minutes. Les jarres d'acide doivent naturellement être placées à quatre pieds environ au-dessus du niveau de la pile. Le tube de caoutchouc doit être lavé aussitôt après avoir servi, avec de l'eau contenant un peu d'alcali ; il dure ainsi très-longtemps.

Quant aux résultats que j'ai obtenus par ces divers changements, il sera peut-être suffisant de donner quelques mesures de la puissance de la lumière entre des pointes de charbon, réduite à celle donnée par des bougies normales de spermaceti.

Soixante éléments construits selon le mode ordinaire et réunis donnent une lumière égale à celle de 1860 bougies.

Dimension du platine  $5 \times 2 \frac{1}{4}$ .

Soixante éléments comme ci-dessus, mais des zincs soigneusement limés = 2930 bougies. ,

La même quantité d'éléments isolés avec des tiges de verre l'acide nitro-sulfurique, du mercure dans les cellules, etc., moyenne de neuf mesures, = 5360 bougies.

Comme comparaison, j'ai pris les trois mesures suivantes de la lumière des piles de même taille employées à Londres.

N° 1 . . .	58 éléments . . .	1560 bougies.
N° 2 . . .	50        » . . .	926        »
N° 3 . . .	60        » . . .	976        »

Ces mesures varient beaucoup, mais elles font voir toutefois que mes résultats sont très-bons.

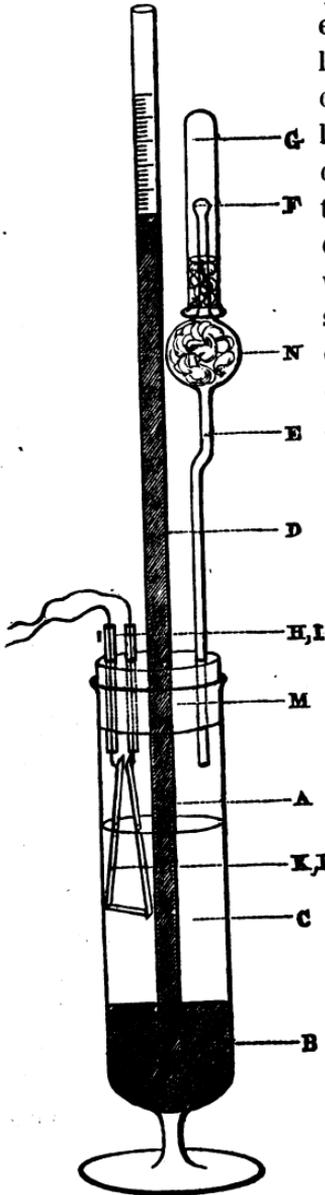
Prof. GUTHRIE. SUR UNE FORME NOUVELLE DE VOLTAMÈTRE ET VOLTASTAT. (*Philosophical Magazine*, mai 1868.)

On peut employer cet appareil avec avantage lorsqu'il s'agit d'obtenir un courant constant pendant un assez long espace de temps. En le plaçant dans le circuit, il permet le passage d'une certaine portion du courant électrique, et en mesure la quantité. En voici la description telle qu'elle est donnée par l'auteur.

A est une large éprouvette renfermant une certaine quantité de mercure B, au-dessus duquel se trouve en C de l'acide sulfurique étendu d'eau. Un long tube D, ouvert aux deux extrémités, et passant à travers le bouchon M, plonge dans le mercure. Le tube E, ouvert dans le bas et muni en N d'un renflement contenant des fragments de toile, passe à travers le bouchon M. L'extrémité supérieure de ce tube est close, à l'exception d'une ouverture microscopique pratiquée en F. Deux fils de métal, H et I, servant d'électrodes, sont protégés par des tubes de verre à leur passage à travers le bouchon M. K et L représentent des électrodes en platine, ayant la forme de bandes étroites de ce métal, qui se rapprochent dans leur partie supérieure mais sont maintenues séparées, soit en haut, soit en bas, par le moyen de petites tiges de verre soudées au platine. Enfin, une petite éprouvette G, séparée du tube A par des fragments de toile, sert à garantir de la poussière l'extrémité supérieure de ce tube.

Dans la construction de l'appareil ci-contre, le seul point

qui demande quelque attention est la perforation de l'orifice capillaire F. La meilleure manière d'y arriver consiste à souffler à l'extrémité du tube une boule, dans laquelle on pratique une très-petite ouverture au moyen du chalumeau, en permettant au verre ramolli par la chaleur de s'affaisser pendant qu'on injecte continuellement de l'air. On peut obtenir ainsi une ouverture en F assez petite pour que le mercure, lorsqu'il se trouve au sommet du tube D, ne puisse pas en descendre en moins de dix minutes à un quart d'heure. Le bouchon, ainsi que le sommet du tube sont rendus imperméables à l'air au moyen de la cire à cacheter.



Maintenant, si l'on fait communiquer les fils de métal H et I avec les pôles d'une pile, l'eau en C se décompose, et l'hydrogène ne pouvant s'échapper que par l'orifice capillaire F, l'obstacle que présente cet orifice force le mercure à monter dans le tube D. Cette ascension du mercure produit un double effet: d'une part elle force le gaz à passer en plus grande quantité à travers l'orifice F, tandis qu'en découvrant en même temps, par suite de la pression sur

le liquide, une partie des électrodes, elle tend toujours à éloigner davantage leurs portions actives les unes des autres. Il en résulte naturellement une diminution dans la quantité de gaz produit. En d'autres termes, un accroissement dans l'intensité du courant produit des effets de nature à diminuer l'intensité de ce même courant. L'instrument sert ainsi en quelque sorte de régulateur du courant, et peut, sous ce rapport, être comparé au régulateur de la machine à vapeur.

On remarque que, lorsque le mercure a atteint une certaine élévation dans le tube D, il se maintient à peu près à cette hauteur pendant plusieurs heures. Or, puisqu'une hauteur donnée du mercure dans le tube D dépend d'une certaine pression à l'intérieur, et que cette pression correspond au degré de vitesse avec laquelle l'hydrogène s'échappe à travers l'orifice F, il s'ensuit que la quantité d'électricité qui passe à travers l'appareil est mesurée directement par la hauteur de la colonne de mercure. Le rapport qui existe à chaque moment entre la hauteur de cette colonne et la quantité d'électricité qui passe, peut être estimé, soit au moyen du galvanomètre, soit en recevant dans une éprouvette l'hydrogène qui passe à travers l'orifice capillaire F.

Il doit néanmoins se manifester une dépression extrêmement graduelle du mercure dans le tube D, lors même que le courant reste constant, à cause du déplacement d'une portion du liquide acidulé par suite de l'électrolyse. On peut cependant le plus souvent la négliger, spécialement lorsqu'on se sert de l'appareil comme voltastat. Il est évident, en effet, que, puisque une certaine hauteur de la colonne de mercure correspond à une intensité donnée du courant, la quantité de liquide déplacée en C dans un temps donné sera mesurée par la hauteur de cette colonne. De là, connaissant les diamètres relatifs des tubes D et A et la quantité d'eau décomposée dans un temps donné, un calcul très-simple suffira pour opérer la petite correction voulue.

## CHIMIE.

H. ZSCHIESCHE. POIDS ATOMIQUE DU LANTHANE. (*Journal für praktische Chemie*, tome CIV, page 174.)

La plupart des déterminations du poids atomique du lanthane ont été faites à une époque où l'on n'avait aucun moyen certain de s'assurer de l'absence du didyme. Depuis que M. Gladstone a découvert la propriété de ce dernier métal de déterminer, dans les dissolutions qui en renferment, des lignes d'absorption du spectre, on a un moyen extrêmement sensible pour constater sa présence.

L'auteur étant parvenu à purifier le sulfate de lanthane au point qu'une dissolution, saturée à froid de ce sel, ne présentait sur une épaisseur de 17 centimètres aucune trace des lignes d'absorption du didyme, il s'est servi de ce sel pour reprendre la détermination du poids atomique du lanthane.

Il a employé dans ce but une méthode très-simple. Ce sulfate, en effet, peut être facilement rendu anhydre par la dessiccation à une température de 230 degrés. D'un autre côté, l'auteur a constaté que, par une calcination suffisamment prolongée au rouge blanc, au moyen du chalumeau à gaz, ce sel perd la totalité de son acide sulfurique, de même que cela a lieu pour les sulfates d'erbine et de didyme d'après les observations de M. Werther. Il est donc facile de déterminer ainsi les proportions relatives d'acide sulfurique et d'oxyde de lanthane.

D'après la moyenne de six analyses, le sulfate de lanthane cristallisé serait composé de :

Eau . . . . .	22,5885
Acide sulfurique . . . . .	33,2533
Oxyde de lanthane . . . . .	44,1251
	<hr/>
	99,9669

On calcule d'après ces résultats que le poids atomique de l'oxyde de lanthane est 53,07 ou 53, et celui du lanthane 45. Ce nombre est notablement inférieur à ceux qui avaient été

obtenus dans la plupart des déterminations antérieures et qui étaient en général compris entre 46 et 47.

Parmi les caractères indiqués par l'auteur, comme preuves de la pureté de son oxyde de lanthane, nous devons citer le fait que cet oxyde n'éprouvait aucune augmentation de poids par la calcination dans un courant d'oxygène et aucune diminution par la calcination dans un courant d'hydrogène. Suivant lui, le phénomène de suroxydation observé par d'autres chimistes serait toujours la preuve de la présence de l'oxyde de didyme.

Il me paraît impossible d'attribuer à la présence du didyme, dans les produits employés par les précédents expérimentateurs, la différence considérable qui existe entre leurs résultats et celui qu'a obtenu M. Zschiesche. En effet, le poids atomique du didyme étant de 48, il faudrait, pour expliquer cette différence, que ces expérimentateurs eussent opéré sur un oxyde de lanthane renfermant la moitié, ou au moins le tiers de son poids d'oxyde de didyme, supposition évidemment inadmissible.

Quelque simple que soit la méthode employée par l'auteur dans ses analyses du sulfate de lanthane, il est à regretter qu'il ne fasse aucune mention des précautions qu'il peut avoir prises pour écarter deux causes d'erreur qui auraient pu l'affecter. L'une est la perte de poids que subissent presque toujours les creusets de platine lorsqu'ils sont soumis pendant longtemps à une très-forte calcination; l'autre consiste dans la possibilité de l'entraînement d'une partie du sel pulvérulent par les vapeurs d'acide sulfurique. Ce qui pourrait faire supposer que ses expériences n'ont pas été complètement à l'abri de quelque cause d'erreur de ce genre, c'est qu'elles présentent entre elles des discordances bien plus fortes qu'on ne devrait l'attendre dans des opérations aussi simples. En effet, dans les six analyses de l'auteur le poids atomique du lanthane a varié de 44,472 à 45,625.

Dans le tableau donné par l'auteur de toutes les déterminations antérieures du poids atomique du lanthane, il me cite

comme ayant trouvé le nombre 47. C'est, en effet, celui que j'avais indiqué comme résultant de mes premières expériences<sup>1</sup>. Mais plus tard<sup>2</sup>, à propos de mes recherches sur le didyme, j'ai reconnu que la méthode suivie dans mes premiers essais conduisait à un résultat trop élevé. Je trouve, dans mes notes de cette époque, une série d'expériences que je n'ai jamais publiées, et qui me donnaient, pour le poids atomique du lanthane, le nombre 46,4 coïncidant presque exactement avec les résultats obtenus par MM. Mosander, Holzmann, Czudnowicz et Hermann.

C. M.

## MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

Charles MARTINS et Edouard COLLOMB. ESSAI SUR L'ANCIEN GLACIER DE LA VALLÉE D'ARGELÈS (Hautes-Pyrénées). (*Mémoires de l'Académie des Sciences de Montpellier*, 1867, tome VII.)

Les traces laissées dans les Pyrénées par les glaciers lors de leur grande extension à l'époque dite glaciaire, avaient déjà été signalées, mais n'avaient été décrites dans aucune partie de cette chaîne avec le soin que MM. Martins et Collobomb ont mis à faire connaître l'ancien glacier de la vallée d'Argelès. Cette grande masse n'avait pas moins de 53 kilomètres de longueur et occupait 1400 kilomètres carrés; elle s'étendait des Tours de Marboré jusqu'au village d'Adé, avec une pente de 0<sup>m</sup>,039 par mètre. Ce glacier descendait des divers cirques voisins de la crête des Pyrénées, et avec ses affluents il occupait une largeur de 50 kilomètres depuis le pic Cuje-la-Palas ou Mourrous jusqu'au cirque d'Héas ou de Troumouse. Les cirques où il prenait sa source sont dominés par de nombreux pics qui atteignent jusqu'à 3290 mètres de hauteur. « On ne saurait, disent les auteurs, imaginer une disposition orographique plus propice à l'établissement

<sup>1</sup> Voyez *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVII, p. 228.

<sup>2</sup> *Ibidem*, t. XXXVIII, p. 151.

• d'un grand glacier, en supposant un ensemble de conditions météorologiques différentes de celles qui constituent actuellement le climat des Pyrénées. • Aussi, à partir de l'ancienne moraine située dans le cirque de Gavarnie, qui est la plus élevée, on reconnaît en descendant la vallée de nombreuses traces qui attestent le passage d'un glacier, ce sont : des blocs erratiques, des moraines d'espèces diverses, de la boue glaciaire, des cailloux polis et striés, etc. Nous ne reproduisons pas les détails, les observations variées et les nombreuses mesures barométriques qui donnent au travail de MM. Martins et Collomb une précision digne d'être imitée. Nous dirons simplement que ces savants ont démontré que l'ancien glacier de la vallée d'Argelès avait eu 750<sup>m</sup> de puissance entre Gavarnie et Gèdre, et 790<sup>m</sup> aux environs de la ville d'Argelès. Près du Pic-de-Jer le glacier n'a atteint que 420 à 450<sup>m</sup> de puissance, parce qu'il commençait à s'étendre dans la plaine. La moraine latérale droite est déposée près de Louzourm ; la moraine médiane est sur le Béout (422<sup>m</sup> au-dessus de la vallée), et la moraine latérale gauche est sur le Soum d'Exh (407<sup>m</sup>). La moraine terminale forme un arc de cercle passant par les villages de Peyrouse, Loubayac, Adé, Juloz et d'Arcizac-ès-Angles, et renferme le lac morainique de Lourdes. Dans l'intérieur de cet arc de cercle les blocs erratiques sont nombreux et l'on compte sept moraines entre Lourdes et Adé. Les Pyrénées présentent donc aussi bien que les Alpes et les Vosges des faits qui attestent un énorme développement de glaciers à une époque peu reculée.

MM. Martins et Collomb ont ajouté à leur mémoire de précieux renseignements sur les animaux quaternaires, émigrés, éteints ou vivant encore dans la plaine sous-pyrénéenne, et ils pensent que cette faune a été contemporaine de l'époque glaciaire. C'est à M. Lartet qu'ils doivent la liste des mammifères, et à M. Alph. Milne-Edwards celle des oiseaux. Nous aurions désiré avoir quelques détails sur les gisements de ces animaux ; les auteurs se bornent à nous dire qu'ils ont été trouvés dans les alluvions quaternaires, dans des cavernes et

autres gisements du sud-ouest de la France; mais on sait qu'il est difficile de lier les gisements des cavernes au terrain glaciaire, et que les alluvions quaternaires sont pour la plupart postérieures au développement des glaciers, par conséquent, il ne nous semble pas prouvé que tous les animaux indiqués aient été contemporains de l'époque glaciaire des Pyrénées. Quant à l'homme de l'âge de la pierre, *il a pu*, suivant nos auteurs, assister à la naissance, au développement et à la retraite des anciens glaciers, mais nous ne devons pas en conclure qu'il ait réellement été témoin de ces grands phénomènes.

A. F.

---

#### SUR LES CARTES GÉOLOGIQUES DE LA SUISSE.

Ceux de nos lecteurs qui s'intéressent au mouvement scientifique suisse liront avec plaisir le jugement porté par deux hommes très-compétents sur les cartes publiées par la Commission géologique de la Suisse.

Voici ce que M. Ch. Martins a écrit dans la *Revue des Deux Mondes* (mai 1868, p. 255); il commence par faire allusion aux cartes géologiques publiées en France: « Nos voisins nous ont dépassés, dit-il; la carte géologique de l'Angleterre, par MM. Murchison, Ramsay, Geikie et les autres membres du *Geological Survey*, est un chef-d'œuvre d'exactitude, et compte déjà trois cents feuilles environ; celles de la province de Victoria, en Australie, et de l'Inde anglaise s'avancent rapidement. Nous devons à M. de Dechen une très-belle carte de la Prusse, à M. Gumbel celle de la Bavière; mais celle qui me paraît réunir toutes les conditions imaginables, c'est la carte géologique de la Suisse, qui s'exécute sous la direction de MM. Studer, Pierre Merian, A. Escher de la Linth, Desor, de Loriol et A. Favre. Autour d'eux se sont groupés des collaborateurs zélés et capables, professeurs, ingénieurs, agriculteurs et même simples amateurs. Depuis 1860, on a vu paraître successivement quatre volumes in-4° de texte, cinq grandes feuilles,

« et quinze plus petites. Je ne serai démenti par aucun con-  
« naisseur quand je dirai que celles consacrées au canton des  
« Grisons, par M. Théobald, sont, comme fidélité et comme  
« exécution, ce qui a paru de plus remarquable en ce genre.  
« La magnifique carte du général Dufour, tant admirée à  
« l'exposition universelle, est la base topographique du tra-  
« vail. Sur une des feuilles des Grisons, il n'y a pas moins de  
« trente-huit teintes si habilement choisies que les terrains  
« se distinguent nettement sans que l'ensemble paraisse ba-  
« riolé. Quiconque a visité les hautes montagnes de ce canton  
« peut se faire une idée du dévouement, de la persévérance  
« et de la sagacité qu'il a fallu pour débrouiller ce chaos de  
« terrains bouleversés. Aucun des travaux de cabinet exécu-  
« tés soit par les membres de la commission, soit par les géo-  
« logues qui opèrent sur le terrain n'est rémunéré. La satis-  
« faction d'avoir servi la science, la reconnaissance de leurs  
« compatriotes, l'approbation du Conseil fédéral, sont leur  
« seule récompense; aussi jamais dans aucun pays un pareil  
« monument n'a-t-il été édifié à moins de frais. Les cinq  
« grandes feuilles, les quinze plus petites et les quatre volu-  
« mes in-4° ont coûté 56,000 francs! Voilà l'exemple que la  
« Suisse donne au monde scientifique. Pour ce travail, elle  
« n'a eu besoin de recourir à aucun secours étranger. Dans  
« ses étroites frontières, elle a tout trouvé, organisateurs,  
« géographes, topographes, géologues, dessinateurs, imprimeurs,  
« graveurs, coloristes, et tout dans cette œuvre porte  
« l'empreinte de la perfection. Faisons des vœux pour que la  
« France, qui a donné l'exemple et la première impulsion,  
« rentre dans la lice et reprenne le rang qui lui appartient. »

La seconde citation que nous ferons au sujet des cartes de la Suisse est tirée du rapport sur les cartes géologiques que M. E. Fuchs a fait au jury international de l'Exposition universelle de 1867. M. Fuchs commence à traiter d'abord des généralités relatives aux principes fondamentaux et aux tendances qui ont présidé à l'exécution des cartes géologiques, puis il rend compte des cartes des diverses parties de la

France (Ariège, Creuse, Haute-Vienne, Moselle, Haut-Rhin, Haute-Marne, Seine, Vienne, Jura, 62 feuilles du nord de la France des cartes de l'état-major coloriées géologiquement, et Algérie), de la Suède, de la Norwège et enfin de celles de la Suisse au sujet de laquelle il s'exprime de la manière suivante :

« La structure géologique de la Suisse, doublement intéressante à cause de sa complication et des conquêtes importantes que fournit à la science la solution des difficultés qu'elle présente, a été depuis longtemps l'objet de nombreuses et importantes investigations.

« Étudiée dans son ensemble par les plus éminents géologues, et plus spécialement par MM. Léopold de Buch, Studer, Élie de Beaumont, elle est depuis quelques années l'objet d'explorations détaillées, faites sous la direction d'une commission, dépendant elle-même de la Société helvétique des Sciences naturelles, et composée de géologues ayant tous un nom dans la science : MM. Studer, Desor, Escher de la Linth, A. Favre, de Loriol et Merian.

« Cette commission choisit dans les différents cantons de la Suisse des géologues qui possèdent sa confiance, et auxquels elle donne la mission d'explorer les districts dont elle veut aborder l'étude<sup>1</sup>. A la fin de chaque campagne les observations des explorateurs sont réunies et contrôlées par la Commission; après examen, et, s'il y a lieu, vérification contradictoire sur le terrain, elles sont publiées, ainsi que les mémoires à l'appui, sous la responsabilité des géologues qui ont exécuté le travail.

« Nous sommes entré dans ces détails afin de montrer les

<sup>1</sup> Les principaux géologues employés actuellement sont : M. Albert Müller (vallée de Maderan, voisinage du Saint-Gothard), M. Théobald (Grisons), M. Moesch (Jura), M. Kaufmann (environs de Lucerne), M. de Fellenberg (la haute région entre le Valais et l'Oberland bernois), M. Gilliéron (Alpes des environs de Fribourg), M. Jaccard (Jura de Neuchâtel et Jura vaudois), M. Gerlach (chaîne méridionale du Valais, du Mont-Blanc au Simplon).

« beaux résultats que peut obtenir l'initiative individuelle,  
 « même quand il s'agit de grandes entreprises scientifiques.  
 « La seule attache administrative de tout le personnel est une  
 « allocation annuelle de 8,000 francs votée par le Conseil fédé-  
 « déral<sup>1</sup>; cette somme doit suffire non-seulement à la rému-  
 « nération des géologues chargés du travail, mais encore à  
 « l'impression des mémoires et des cartes<sup>2</sup>.

« Les résultats obtenus à l'aide de ces modestes ressources  
 « sont remarquables à tous égards, surtout si l'on se rappelle  
 « qu'il y a 4 ans<sup>3</sup> à peine que la Commission s'est constituée.

« C'est d'abord la carte géologique du canton de Bâle, au  
 « 1/50,000<sup>4</sup>, par M. A. Muller; ce sont ensuite quatre feuilles  
 « coloriées de la carte topographique du général Dufour (il  
 « y en a vingt-cinq pour la Suisse entière), sur laquelle tout  
 « le travail sera finalement reporté. Les feuilles qui sont  
 « aujourd'hui achevées, imprimées et livrées au commerce,  
 « sont : 1° le Vorarlberg (X); 2° les environs de Coire (XV);  
 « 3° le massif de la Bernina (XX), dressées toutes les trois  
 « par M. Théobald; 4° les rives du Rhin, de Schaffhouse à  
 « Bâle (III), par M. Moesch; 5° quelques travaux de détail,  
 « parmi lesquels il faut citer : une carte au 1/25,000, de  
 « M. Moesch, des environs de Brugg (Argovie), une remar-  
 « quable monographie du mont Pilate (carte, coupe, mé-  
 « moire), par M. Kaufmann, qui a étudié dans tous leurs dé-  
 « tails les dislocations et les repliements de la craie et du Jura  
 « supérieur. A toutes ces publications il faut ajouter, bien  
 « qu'elle soit une œuvre tout indépendante et personnelle,  
 « la belle carte du massif du Mont-Blanc (au 1/150,000), par

<sup>1</sup> Cette allocation a été un peu augmentée depuis quelques années.

(*Réd.*)

<sup>2</sup> Il est vrai que les fonctions des membres de la Commission sont gratuites, et que même leurs voyages sont à leurs frais.

<sup>3</sup> Il y a sept ans.

(*Réd.*)

<sup>4</sup> La Commission espérait pouvoir faire son travail complet à cette échelle, mais, faute de cartes topographiques toutes prêtes, elle a dû y renoncer.

• M. Alphonse Favre, qui résume la plus grande partie de la  
 • carrière scientifique de l'auteur, et qui a provoqué les inté-  
 • ressantes observations de ce dernier sur l'antiquité et la  
 • formation sédimentaire de la protogine.

• Bien que ces travaux émanent de personnalités très-di-  
 • verses, ils présentent pourtant dans leur ensemble un ca-  
 • chet d'unité très-remarquable. Ce qui les distingue avant  
 • tout, c'est le soin extrême apporté à leur exécution : les  
 • contours sont étudiés, dessinés et gravés avec un soin dou-  
 • blement précieux dans des localités d'un abord si difficile,  
 • et la plus grande conscience a présidé partout au tracé des  
 • moindres détails.

• Au point de vue scientifique, l'ensemble de ces docu-  
 • ments porte incontestablement l'empreinte de la tendance  
 • paléontologique, circonstance qui doit s'expliquer, non-  
 • seulement par les aptitudes spéciales des auteurs, mais en-  
 • core par les difficultés que, de leur propre aveu, ils ont  
 • rencontrées dans l'étude stratigraphique de contrées aussi  
 • bouleversées que la Suisse. »

---

SCHIMPER. DES CALAMITES ET PRÊLES FOSSILES. (*Société d'his-  
 toire naturelle de Strasbourg, séance du 5 février 1868.*)

M. Schimper a parlé des Équisétinées des époques houil-  
 lère, triasique et jurassique, et a tâché de prouver que les  
 Calamites doivent avoir leur place dans cette classe de Cryp-  
 togames vasculaires, non-seulement à cause de la structure  
 externe et interne de la tige, mais aussi à cause de leurs or-  
 ganes de fructification, qui montrent une grande analogie  
 avec ceux des Prêles de l'époque actuelle. Il a fait voir que  
 les épis fossiles qu'on avait pris pour des épis de Calamites, et  
 qui se distinguent par leur grande ressemblance avec les  
 chatons des Lycopodiacées, n'appartiennent pas aux Calami-  
 tes, mais bien aux *Annularia* et aux *Sphenophyllum*, genres  
 fossiles qui établissent le passage des Equisétacées aux Lycopodi-  
 acées.

M. Schimper a en outre prouvé, en mettant sous les yeux de la Société de fort beaux échantillons et de nombreux dessins, que toutes les tiges fossiles du grès bigarré, des marnes irisées et des couches rhétiques, qu'on avait désignées sous le nom de *Calamites*, appartiennent au genre *Equisetum*.

C'étaient des Prêles gigantesques dont les troncs avaient un diamètre d'au delà 12 centimètres et une hauteur de 8 à 10 mètres; les rameaux qui en garnissaient la partie supérieure, sous forme de couronne, étaient simples et portaient à leur extrémité un épi de la grosseur d'un œuf de pigeon, et organisé exactement comme les épis de nos Prêles vivantes. Les rhizomes souterrains étaient très-développés et donnaient naissance, comme ceux de beaucoup de nos Prêles, à des tubercules qui avaient la forme et la grosseur d'un œuf de poule.

D'après M. Schimper, l'*Equisetum columnare* Brongt., du bathonien de Scarborough, serait spécifiquement différent de l'espèce homonyme des marnes irisées.

---

### ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

SEMPER. SUR UNE NOUVELLE CLASSE D'ÉCHINODERMES. (*Verhandl. der physik.-medizinischen Gesellschaft in Würzburg*, 6. Juni 1868.)

M. Semper a fait une étude anatomique du genre *Rhopalodina* Gray, qui l'a conduit à des résultats assez remarquables. L'animal avait été classé par M. Gray, à cause de la forme de son corps, parmi les Holothuries. Ce corps est, en effet, formé d'une partie antérieure ayant la forme d'un pédoncule cylindrique et d'une partie postérieure ou abdomen sphérique. Dans cette dernière région, au point opposé à l'insertion du pédoncule, se voient dix ambulacres auxquels correspondent dans l'intérieur, comme chez les Holothuries, dix muscles radiaux, dix canaux aquifères avec leurs ampoules et dix nerfs. Ces dix rayons de l'abdomen se prolongent d'ailleurs dans le pédoncule, mais sans y porter de pieds.

A l'extrémité libre du pédoncule se trouvent la bouche et l'anus à côté l'un de l'autre. Le bord de la bouche est entier; celui de l'anus est formé par un cercle de dix papilles. La couronne de tentacules du pharynx est formée de dix tentacules pennés qui, chez les deux individus étudiés par M. Semper, étaient cachés dans la cavité buccale. Le pharynx et la partie terminale de l'intestin cheminent donc l'un à côté de l'autre dans l'intérieur du pédoncule. Au point où le pédoncule s'élargit pour former l'abdomen sphérique, l'intestin anal porte quatre longs cœcum, comparables aux poumons des Holothuries. Au point correspondant du pharynx, entre cet organe et l'intestin, apparaît une petite tuméfaction servant d'attache à une foule de petits tubes aveugles. Ce sont là des organes générateurs construits sur le type de ceux des Holothuries. L'estomac forme dans l'abdomen une spirale à tours nombreux et une double anse.

Des dix rayons que nous avons mentionnés, cinq correspondent au pharynx et cinq à l'intestin. Les cinq muscles radiaux du pharynx s'attachent comme chez les Holothuries à cinq pièces radiales de l'anneau calcaire pharyngien, qui est formé de dix pièces en tout. En ce lieu doit exister un vaisseau aquifère circulaire, comme cela résulte de l'existence de deux vésicules de Poli. Autour de l'anus, immédiatement au-dessous de la couronne de papilles anales, se trouve aussi un anneau calcaire, composé de dix pièces à forme très-régulière et les cinq muscles radiaux de l'intestin s'attachent aux cinq pièces radiales. L'anneau calcaire du pharynx est placé un peu plus profondément dans le pédoncule que celui de l'intestin : aussi une section du pédoncule au niveau de la racine des tentacules buccaux montre bien les cinq muscles radiaux de l'intestin, mais point ceux du pharynx. Les petites dimensions de l'objet n'ont malheureusement pas permis de reconnaître comment les vaisseaux aquifères des rayons se comportent au voisinage des anneaux calcaires. L'existence d'un double anneau calcaire et la division des rayons en cinq rayons intestinaux et cinq rayons pharyngiens pourrait faire

supposer qu'il existe deux vaisseaux circulaires. Admet-on d'ailleurs, malgré cette disposition, un anneau nerveux unique et un vaisseau aquifère circulaire unique, il n'en est pas moins impossible de rattacher ce singulier animal à la forme typique des Holothuries, malgré les affinités incontestables que nous avons signalées dans les organes internes. On pourrait, il est vrai, supposer les Rhopalodina résultées d'un Psolus ou d'un Colochirus dont le cône buccal et le cône anal se seraient fort allongés et soudés l'un à l'autre. Mais bien que cette transformation pût produire une forme analogue aux Rhopalodina, les rayons ne pourraient pas y être disposés comme chez ces animaux. Les deux rayons dorsaux devraient au contraire disparaître entièrement, et on devrait trouver au pédoncule deux groupes de trois rayons se continuant l'un dans l'autre à l'extrémité de l'abdomen (trivium replié).

Chez tous les Échinodermes vivants, l'anus est placé ou bien à l'opposé de la bouche, au centre de la disposition radiaire, ou bien dans un interradium. Chez quelques Crinoïdes fossiles seulement (les *Crinoidea tessellata*), il existe plus de cinq rayons disposés autour d'une ouverture centrale unique. Ce sont en réalité là les seuls Échinodermes chez lesquels on pourrait supposer une disposition du pharynx et de l'intestin, par rapport aux rayons, semblable à celle que M. Semper décrit chez les Rhopalodines. Toutefois ces dernières ne sauraient être réunies aux Crinoïdes à cause de la structure tout autre de leurs ambulacres, sans compter que la conformation de leurs organes internes les rapproche bien plus des Holothuries. L'auteur ne voit pas d'autre moyen de résoudre la difficulté que de créer pour ces singuliers animaux une nouvelle classe sous le nom d'*Échinodermes diplostomes*. Il nous promet d'ailleurs une description circonstanciée du genre Rhopalodina, dans un supplément à son grand ouvrage sur les Holothuries.

E. C.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1868.

Le 1<sup>er</sup>, hâle toute la journée.

- 2, forte bise, violente de minuit à 1  $\frac{1}{2}$  h. du matin.
- 3, couronne solaire à plusieurs reprises. Quelques coups de tonnerre à 3  $\frac{1}{2}$  h. après-midi au SE. et à l'Est.
- 8, hâle très-prononcé de 9 h. du matin à 6 h. du soir.
- 9, forte rosée le matin ; hâle très-intense toute la journée, surtout le matin.
- 10, halo solaire partiel de 7  $\frac{1}{2}$  h. à 9  $\frac{1}{2}$  h. du matin.
- 11, rosée le matin.
- 12, éclairs et tonnerres de 6  $\frac{1}{2}$  h. à 7  $\frac{1}{2}$  h. du soir, l'orage passe à l'Est de l'Observatoire du Sud au Nord. Un second orage éclate à 7  $\frac{3}{4}$  h. et suit la même direction que le précédent.
- 13, éclairs et tonnerres partant de deux nuages orageux, l'un à l'Ouest de l'Observatoire de 1  $\frac{1}{2}$  h. à 1 h. 50 m. après midi, l'autre à l'Est de 1 h. 50 m. à 2 h. 35 m. et se dirigeant vers le Sud. Ces deux nuages se confondent au Sud et se meuvent ensuite le long du Jura du Sud au Nord, éclairs et tonnerres dans cette direction jusqu'à 3  $\frac{1}{2}$  h.
- 14, halo solaire partiel de 1  $\frac{1}{4}$  h. à 2  $\frac{3}{4}$  h., magnifique par intervalles.
- 16, couronne solaire de 5 h. à 6 h. du soir.
- 17, forte rosée le matin, halo solaire partiel à plusieurs reprises dans la journée.
- 18, rosée le matin ; halo solaire partiel de 5  $\frac{1}{2}$  h. à 6  $\frac{1}{2}$  h. du soir.
- 19, rosée le matin ; depuis 9 h. du soir éclairs à l'horizon Est.

- Le 22, vers 5 h. du soir, quelques coups de tonnerre au Sud, l'orage passe de l'Est au Sud et au SE. de l'Observatoire. Un second orage accompagné d'éclairs et de tonnerres éclate à 7  $\frac{1}{2}$  h. et passe de l'Ouest au Nord le long du Jura. Un troisième orage éclate au Sud à 8 h. 10 m., et jusqu'à 9  $\frac{1}{2}$  h. éclairs et tonnerres au Sud, SE. et Nord : les plus fortes décharges vers 8 h. 20 m., pluie torrentielle vers 8  $\frac{1}{2}$  h., l'eau recueillie dans 25 minutes s'élève à 11 mm.
- 23, depuis 8 h.  $\frac{1}{4}$  du soir jusqu'à 9  $\frac{1}{2}$  h., un nuage isolé du côté du Nord lance des éclairs rougeâtres, le ciel étant du reste clair. Toute la soirée éclairs à l'Est.
- 24, rosée le matin ; de 11 h. 25 m. à midi 10 m. quelques coups de tonnerre au NO., l'orage passe le long du Jura du Nord au Sud. De midi 45 m. à 1  $\frac{1}{2}$  h. halo solaire partiel, de 5  $\frac{1}{2}$  h. à 6 h., on voit les deux parhélies sur le halo ordinaire. Toute la soirée éclairs à l'Est.
- 26, forte rosée et hâle toute la matinée. Dans la soirée éclairs à l'Est.
- 27, rosée le matin. A 8 h. du soir, éclairs et tonnerres, l'orage passe du Sud au Nord. Un second orage éclate au Sud vers 11 h., et passe du Sud au Nord par le Zénith de l'Observatoire vers 11 h. 20 m. La foudre est tombée sur la ville et dans diverses localités du canton.
- 28, Éclairs et tonnerres de midi  $\frac{3}{4}$  à 1  $\frac{1}{2}$  h., l'orage passe de l'Ouest au NE. Un second orage éclate entre 2 h. et 3 h., en suivant la même direction, enfin un troisième orage éclate au Sud à 3  $\frac{1}{2}$  h., en suivant la direction du Sud au NE., éclairs et tonnerres de 3  $\frac{1}{2}$  à 4 h.  $\frac{1}{4}$ .
- 30, couronne solaire de 9 h. à 10 h. du matin.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

	MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm			mm
Le 8 à 6 h. matin .....	729,91	Le 4 à 4 h. après-m. ....		722,91
10 à 10 h. matin .....	728,28	9 à 4 h. après-m. ....		726,51
12 à 8 h. matin .....	728,78	11 à 6 h. soir .....		726,16
19 à 8 h. matin .....	730,08	15 à 6 h. soir .....		724,48
25 à 8 h. matin .....	730,73	21 à 6 h. soir .....		726,43
31 à 10 h. soir .....	730,82	28 à 2 h. après-m. ....		722,84

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.			Tension de la vap.			Fract. de saturation en millièmes.			Pluie en neige.		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhéor.		Limnètre à 11 h.		
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minimum.	Maximum.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minimum.	Maximum.	Eau tomb. en 24 h.			Nomb. d'h.	Midi.		Écart avec la temp. normale	cm.
1	725.27	+2.15	+16.24	-1.93	+11.9	+20.1	8.85	-1.58	658	520	700	...	...	2	0.42	19.4	3.0	203		
2	723.65	+3.80	+16.06	-2.17	+13.0	+21.4	7.46	-3.00	585	330	670	4.3	1/4	2	0.42	18.8	2.3	203		
3	723.60	+3.88	+13.04	-5.24	+9.5	+19.9	9.47	-1.02	836	350	1000	17.3	1 1/2	1	0.91	18.7	2.1	203		
4	723.27	+4.28	+13.32	-5.01	+10.8	+19.1	9.81	-0.71	876	610	930	4.6	1 1/2	1	0.89	18.6	1.9	201		
5	724.83	+2.67	+13.23	-3.13	+11.0	+20.0	9.08	-1.46	723	40	530	...	...	1	0.78	—	—	200		
6	726.79	+0.78	+14.88	-3.35	+10.0	+19.3	8.05	-2.31	653	30	480	...	...	1	0.38	18.8	2.0	198		
7	728.83	+1.23	+15.96	-2.32	+9.4	+21.5	8.04	-2.34	615	67	400	...	...	1	0.39	18.8	1.9	196		
8	728.63	+1.00	+16.94	-1.58	+10.0	+22.3	7.77	-2.83	566	416	350	0.5	5/4	1	0.26	18.8	1.8	194		
9	727.50	+0.16	+16.25	-2.31	+10.4	+22.3	8.95	-1.67	666	15	410	0.5	5/4	1	0.34	18.7	1.6	192		
10	727.86	+0.17	+17.34	-1.26	+12.4	+23.4	9.89	-0.74	685	4	430	...	...	1	0.51	18.6	1.5	188		
11	727.21	+0.50	+19.22	-0.68	+11.4	+26.0	10.40	-0.24	633	48	380	...	...	1	0.14	18.9	1.7	186		
12	727.35	+0.38	+21.14	+2.47	+13.5	+20.8	11.06	+0.44	629	51	350	0.6	2	1	0.49	—	—	184		
13	726.06	+1.69	+17.60	-1.40	+15.4	+23.7	12.38	+1.72	845	105	590	910	3.8	4 1/2	1	0.91	19.3	1.9	184	
14	726.33	+1.44	+18.83	-0.11	+15.2	+23.7	11.77	+1.10	745	65	480	930	...	...	1	0.71	19.2	1.7	184	
15	725.25	+2.54	+19.46	+0.72	+15.0	+25.7	12.18	+1.30	744	62	420	800	...	...	variable	0.78	19.8	2.3	185	
16	726.03	+1.78	+19.26	+0.50	+15.3	+23.9	12.16	+1.47	702	72	540	940	...	...	1	0.62	19.9	2.3	186	
17	728.02	+0.19	+19.57	+0.79	+13.4	+27.0	11.59	+0.89	702	23	510	860	0.4	1/4	1	0.48	19.9	2.2	186	
18	729.32	+1.47	+20.18	+0.79	+12.5	+26.8	12.27	+1.36	703	24	490	880	...	...	1	0.24	20.8	3.1	187	
19	729.18	+1.31	+21.63	+1.39	+12.5	+29.2	12.52	+1.80	657	21	460	830	...	...	1	0.23	—	—	187	
20	727.97	+0.98	+23.92	+5.12	+15.7	+32.7	13.00	+2.27	598	80	380	780	...	...	variable	0.27	21.6	—	3.7	189
21	727.60	+0.22	+22.95	+4.15	+16.3	+28.5	14.08	+3.34	681	3	490	810	...	...	1	0.10	21.9	—	4.0	191
22	728.17	+0.24	+23.67	+4.86	+17.0	+30.3	13.98	+3.24	662	17	470	920	11.8	1 1/2	1	0.57	23.2	5.2	193	
23	729.44	+0.49	+22.85	+4.04	+18.5	+28.5	15.96	+5.22	784	102	510	930	...	...	1	0.28	23.5	5.5	194	
24	729.02	+1.05	+23.93	+5.13	+18.0	+29.2	14.78	+4.04	681	2	480	830	...	...	1	0.23	23.8	5.7	196	
25	730.12	+2.13	+22.76	+3.97	+19.5	+27.0	15.29	+4.54	755	75	600	900	...	...	1	0.48	—	—	5.3	199
26	727.55	+0.46	+25.03	+6.25	+18.0	+34.9	14.26	+3.31	646	34	230	900	...	...	1	0.09	23.5	—	5.3	200
27	725.54	+2.49	+25.90	+7.43	+17.7	+33.5	11.63	+0.88	507	173	270	800	17.3	3	1	0.68	23.3	5.0	205	
28	724.03	+4.01	+20.36	+1.61	+16.0	+29.0	13.27	+2.52	739	78	520	920	1.5	2	variable	0.76	21.2	2.9	207	
29	723.43	+4.62	+18.85	+0.12	+15.6	+23.6	11.56	+0.81	731	50	580	870	3.0	4 1/2	SSO.	0.51	15.1	3.3	208	
30	726.74	+1.32	+16.13	-2.57	+13.0	+20.0	10.90	-1.85	677	5	480	900	...	...	1	0.13	—	—	3.3	208
31	729.58	+1.51	+19.67	+1.00	+15.0	+25.0	8.28	-0.47	625	57	420	690	...	...	1	0.43	18.2	—	0.2	211

## MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	726,20	726,41	726,24	726,05	725,68	725,55	725,70	725,96	726,35
2 <sup>e</sup> "	727,77	727,90	727,72	727,28	726,81	726,57	726,52	727,05	727,69
3 <sup>e</sup> "	727,76	727,95	727,85	727,44	726,86	726,52	726,41	727,08	727,80
Mois	727,26	727,44	727,29	726,94	726,46	726,22	726,21	726,71	727,30

### Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+12,83	+15,12	+17,18	+18,89	+19,65	+19,14	+17,70	+16,31	+14,33
2 <sup>e</sup> "	+16,27	+19,93	+21,72	+23,38	+24,25	+24,32	+23,84	+21,13	+18,62
3 <sup>e</sup> "	+18,21	+21,46	+23,67	+24,80	+25,93	+26,39	+25,92	+22,63	+20,79
Mois	+15,85	+18,92	+20,95	+22,44	+23,36	+23,38	+22,60	+20,10	+18,01

### Tension de la vapeur.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	8,98	9,22	8,94	8,58	8,21	8,29	8,97	8,96	8,93
2 <sup>e</sup> "	11,93	12,29	12,10	11,70	12,04	11,47	11,43	12,38	12,53
3 <sup>e</sup> "	13,02	13,55	13,12	13,50	13,10	12,42	12,32	13,90	13,35
Mois	11,37	11,74	11,44	11,33	11,18	10,78	10,95	11,81	11,66

### Fraction de saturation en millimètres.

1 <sup>re</sup> décade	824	731	617	535	489	511	603	657	743
2 <sup>e</sup> "	866	715	630	548	536	523	547	662	791
3 <sup>e</sup> "	834	711	604	584	533	500	499	669	722
Mois	841	719	616	556	520	511	548	663	751

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnètre.
1 <sup>re</sup> décade	+10,84	+20,93	0,55	18,80	20,7	198,0
2 <sup>e</sup> "	+14,16	+26,85	0,49	19,92	4,5	185,8
3 <sup>e</sup> "	+16,78	+28,14	0,37	21,71	33,6	200,4
Mois	+14,02	+25,40	0,47	20,21	58,8	194,9

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,06 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 2°, 2 O., et son intensité est égale à 58,8 sur 100.

# TABLEAU

## DES

### OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1868.

Le 1<sup>er</sup>, brouillard à 6 h. du matin et depuis 2 h. de l'après-midi.

2,	id.	id.	id.	4	id.
3,	id.	depuis midi ; il a neigé de 2 h. $\frac{1}{4}$ à 2 $\frac{1}{4}$ h.			
4,	id.	toute la journée.			
5,	id.	la plus grande partie de la journée.			
6,	id.	à 6 h. du matin et depuis 4 h. du s. ; faible pluie entre 6 h. $\frac{1}{4}$ à 6 h. $\frac{3}{4}$ du soir.			
7,	id.	à 6 h. du matin et depuis 8 h. du soir.			
8,	id.	à 6 h. du matin et depuis 6 h. du soir.			
9,	id.	le matin et le soir.			
10,	id.	à peu près toute la journée.			
13,	id.	une partie de la journée.			
14,	id.	la plus grande partie de la journée.			
15,	id.	id.	id.	id.	
16,	id.	id.	id.	id.	
17,	id.	id.	id.	id.	
22,	id.	le matin.			
23,	id.	à 6 h. du matin.			
26,	id.	à 6 h. du matin.			
28,	id.	à plusieurs reprises dans la journée ; grêle pendant 5 minutes à 9 h. du matin ; un fort orage à 1 $\frac{1}{2}$ h. du soir avec tonnerres au N. et SO. ; un second orage de 4 $\frac{1}{4}$ à 5 h. avec tonnerres au N.			
29,	id.	de 8 h. à midi.			
30,	id.	à peu près toute la journée.			
31,	id.	à 8 h. du matin et depuis 6 h. du soir.			

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 7 à 10 h. soir.....	568,39	Le 4 à 8 h. matin.....	560,71
12 à 10 h. matin.....	570,59	9 à 8 h. matin.....	566,72
19 à 10 h. soir.....	572,05	15 à 4 h. après-midi.....	566,44
25 à 10 h. soir.....	573,79	20 à 8 h. matin.....	571,08
31 à 10 h. soir.. .....	571,10	30 à 6 h. matin.....	562,81

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.			Vent dominant	Charté moy. du Ciel.		
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.			Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.
1	564,68	+ 3,19	563,87	565,77	0	0	0	7,7	.....	.....	.....	NE. 2	0,81
2	562,88	- 5,06	562,43	563,73	+ 1,79	- 3,60	+ 0,3	+ 4,9	.....	.....	.....	NE. 2	0,79
3	562,98	- 5,72	561,93	562,88	+ 1,20	- 4,25	+ 0,3	+ 4,1	.....	.....	.....	NE. 2	0,94
4	561,24	- 6,82	560,71	561,93	+ 1,04	- 6,35	+ 1,5	+ 0,6	.....	.....	.....	NE. 2	1,00
5	563,80	- 4,31	562,28	565,01	+ 1,09	- 4,48	+ 0,7	+ 4,1	.....	.....	.....	NE. 2	0,93
6	565,10	- 3,07	564,41	566,00	+ 1,91	- 3,71	+ 0,0	+ 5,8	.....	.....	.....	NE. 2	0,82
7	567,19	- 1,03	566,20	568,39	+ 2,15	- 3,52	+ 0,1	+ 5,1	.....	.....	.....	NE. 2	0,63
8	567,33	- 0,94	567,21	567,69	+ 2,91	- 2,81	+ 0,1	+ 6,5	.....	.....	.....	NE. 2	0,52
9	566,97	- 1,35	566,72	567,39	+ 3,02	- 2,75	+ 1,5	+ 5,9	.....	.....	.....	SO. 1	0,89
10	567,77	- 0,60	566,94	568,19	+ 3,12	- 2,70	+ 1,4	+ 5,7	.....	.....	.....	SO. 1	0,84
11	568,77	+ 0,35	567,81	568,85	+ 8,86	- 3,00	+ 5,7	+ 12,7	.....	.....	.....	SO. 1	0,33
12	570,10	+ 1,64	569,63	570,59	+ 10,01	+ 4,11	+ 6,3	+ 14,3	.....	.....	.....	SO. 1	0,48
13	567,30	+ 1,20	567,00	568,04	+ 6,24	+ 0,30	+ 4,6	+ 9,2	.....	.....	.....	variable 2	0,87
14	567,10	+ 1,44	566,84	567,43	+ 5,91	+ 0,07	+ 4,0	+ 8,8	.....	.....	.....	NE. 1	0,91
15	566,62	- 1,96	566,44	566,95	+ 6,21	+ 0,19	+ 4,9	+ 10,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,86
16	567,52	- 1,40	566,87	568,26	+ 7,30	+ 0,63	+ 4,4	+ 10,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,93
17	569,36	- 0,71	567,78	570,41	+ 6,08	+ 1,42	+ 5,6	+ 11,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,22
18	571,15	+ 2,47	570,12	571,95	+ 8,22	+ 2,11	+ 6,3	+ 13,7	.....	.....	.....	NE. 1	0,39
19	571,66	+ 2,95	571,44	572,05	+ 9,78	+ 3,65	+ 7,8	+ 14,2	.....	.....	.....	NE. 1	0,28
20	571,30	+ 2,57	571,08	571,55	+ 10,46	+ 4,31	+ 8,9	+ 16,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,38
21	571,68	+ 2,93	571,30	572,19	+ 12,24	+ 6,07	+ 10,3	+ 15,5	.....	.....	.....	calme 1	0,80
22	572,53	+ 3,76	572,45	572,81	+ 12,35	+ 6,16	+ 9,6	+ 15,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,76
23	572,34	+ 3,55	572,09	572,65	+ 11,22	+ 5,02	+ 9,3	+ 15,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,12
24	572,77	+ 3,44	573,17	573,79	+ 13,69	+ 7,47	+ 10,7	+ 16,7	.....	.....	.....	NE. 1	0,23
25	573,36	+ 4,53	573,95	573,98	+ 14,66	+ 8,43	+ 10,9	+ 18,4	.....	.....	.....	SO. 1	0,43
26	572,98	+ 3,44	569,50	571,31	+ 13,86	+ 7,63	+ 10,9	+ 17,1	.....	.....	.....	SO. 1	0,54
27	570,32	+ 1,47	569,50	571,31	+ 13,86	+ 7,63	+ 10,9	+ 12,7	.....	.....	.....	SO. 1	0,88
28	567,17	- 1,69	566,41	568,25	+ 9,20	+ 2,97	+ 6,7	+ 9,6	.....	.....	.....	NE. 1	0,91
29	565,07	- 3,79	564,72	565,34	+ 6,92	+ 0,69	+ 4,4	+ 2,4	.....	.....	.....	NE. 1	0,97
30	565,03	- 3,84	562,81	567,89	+ 0,76	+ 5,47	+ 0,3	.....	.....	.....	NE. 2	0,97	
31	569,66	+ 0,79	567,99	571,10	+ 5,37	+ 0,85	+ 2,5	+ 7,6	.....	.....	.....	NE. 2	0,63

Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomètre...

# MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

## Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	564,60	564,75	564,91	565,07	565,03	565,01	565,12	565,19	565,37
2 <sup>e</sup> "	568,78	568,94	569,09	569,13	569,23	569,20	569,21	569,43	569,51
3 <sup>e</sup> "	570,00	570,20	570,21	570,25	570,24	570,27	570,32	570,43	570,64
Mois	567,86	568,03	568,14	568,22	568,24	568,22	568,28	568,42	568,57

## Température.

1 <sup>re</sup> décade	+ 0,70	+ 2,96	+ 3,58	+ 4,63	+ 4,30	+ 3,14	+ 2,23	+ 1,49	+ 1,44
2 <sup>e</sup> "	+ 5,65	+ 7,68	+ 9,54	+ 10,81	+ 10,63	+ 10,20	+ 9,00	+ 7,46	+ 7,01
3 <sup>e</sup> "	+ 8,13	+ 9,64	+ 11,66	+ 13,00	+ 12,71	+ 12,41	+ 11,26	+ 9,92	+ 9,36
Mois	+ 4,93	+ 6,85	+ 8,37	+ 9,59	+ 9,33	+ 8,71	+ 7,62	+ 6,41	+ 6,05

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	+ 0,23	+ 5,04	0,82	mm 1,8	mm —
2 <sup>e</sup> "	+ 5,44	+ 11,50	0,62	16,7	—
3 <sup>e</sup> "	+ 7,68	+ 13,35	0,60	21,8	—
Mois	+ 4,55	+ 10,07	0,68	40,3	—

Dans ce mois, l'air a été calme 26 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 8,04 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 70,6 sur 100.

\* Voir la note du tableau



**BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE**

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

---

**TABLE DES MATIÈRES**

CONTENUES DANS LE TOME XXXII (NOUVELLE PÉRIODE)

1868. — N<sup>o</sup> 125 à 128.

---

	Pages
Recherches sur le foehn du 23 septembre 1866, en Suisse, par M. le professeur <i>L. Dufour</i> . . . . .	5
Théorie de la feuille, par M. <i>Casimir de Candolle</i> . . . . .	32
Sur l'extension du second principe de la théorie mécanique de la chaleur, par M. <i>Arthur Achard</i> . . . . .	89
De la myopie au point de vue de la physiologie actuelle . . . . .	112
Observations de taches du Soleil. Résumé des résultats obtenus après plusieurs années d'observations astronomiques, par M. le prof. <i>G. Spörer</i> . . . . .	177
Recherches sur la polarisation rotatoire magnétique, par M. le professeur <i>A. de la Rive</i> . . . . .	193
Compteur à alcool de Siemens et Halske, à Berlin . . . . .	208
Carlo Matteucci, par M. le prof. <i>A. de la Rive</i> . . . . .	212
Sur la polarisation de la chaleur de 100° C. et sur le mouvement qui accompagne la propagation de la chaleur par conductibilité, par M. <i>G. Magnus</i> . . . . .	265
Sur la nouvelle force électromotrice dans l'arc voltaïque, par M. <i>E. Edlund</i> . . . . .	288

ARCHIVES, t. XXXII. — Août 1868.

25

Sur les matières amylacées des lichens et sur leur emploi pour la fabrication du sucre de raisin et d'alcool, par M. le professeur <i>Sten Stenberg</i> . . .	302
---	-----

---

## BULLETIN SCIENTIFIQUE.

### PHYSIQUE.

<i>Kommerell</i> . Une nouvelle expérience de physique.	65
<i>E. Villari</i> . De quelques phénomènes particuliers d'électro-magnétisme et de l'hypothèse de Weber sur l'électro-magnétisme . . . . .	67
<i>Ch. Matteucci</i> . Sur la propagation des tempêtes provenant de l'Atlantique vers les côtes d'Italie. . . . .	144
<i>Th. Wimmel</i> . Du point de fusion et du point de solidification des graisses. . . . .	145
<i>Th. Graham</i> . Sur l'occlusion du gaz hydrogène par les métaux. . . . .	148
Prof. <i>Guthrie</i> . Expériences sur la conductibilité des liquides pour la chaleur . . . . .	219
D <sup>r</sup> <i>A. Gamgee</i> . Sur l'action des nitrites sur le sang. . . . .	221
<i>G. Krebs</i> . Expériences sur des retards d'ébullition. . . . .	224
<i>G. van der Mensbrughe</i> . Tension des lames liquides minces. . . . .	226
<i>G. Quincke</i> . Constantes de la capillarité chez les corps solides . . . . .	228
<i>G.-W. Wigner</i> . Sur la pile de Grove. . . . .	310
Prof. <i>Guthrie</i> . Sur une forme nouvelle de voltamètre et voltastat. . . . .	314

### CHIMIE.

<i>H. Debray</i> . Recherches sur les combinaisons de l'acide molybdique et de l'acide phosphorique. . . . .	68
<i>Le même</i> . Sur la formule de l'acide molybdique et l'équivalent du molybdène. . . . .	71

<i>A. Mitscherlich.</i> Méthode directe d'analyses quantitatives pour l'hydrogène, l'oxygène et le carbone par une seule opération.....	74
<i>D<sup>r</sup> Aug. Horstmann.</i> Sur les relations entre le poids moléculaire et la pesanteur spécifique des corps à l'état gazeux.....	232
<i>Le même.</i> Sur la densité de vapeur du sulfure d'ammonium.....	236
<i>H. Zschiesche.</i> Poids atomique du lanthane.....	317

### MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

<i>Delesse et de Lapparent.</i> Revue de géologie pour les années 1865 et 1866.....	157
<i>Charles Martins et Edouard Collomb.</i> Essai sur l'ancien glacier de la vallée d'Argelès (Hautes-Pyrénées)....	319
<i>Ch. Martins. — E. Fuchs,</i> Sur les Cartes géologiques de la Suisse.....	321
<i>Schimper.</i> Des calamites et prêles fossiles.....	325

### ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

<i>P. Gervais.</i> Zoologie et paléontologie générales: Nouvelles recherches sur les animaux vertébrés dont on trouve les ossements enfouis dans le sol.....	76
<i>Prof. Schiff.</i> Nouvelles recherches sur la circulation de la bile et sur la cause de l'ictère.....	159
<i>Le même.</i> Nouvelles recherches sur le pouvoir digestif du suc entérique.....	165
<i>N. Lieberkühn.</i> Sur le tissu contractile des éponges..	168
<i>C. Gegenbaur.</i> Étude comparée sur le développement de la colonne vertébrale chez le Lépidostée.....	237
<i>Douglas.</i> Sur la source de la force musculaire.....	250
<i>E.-A. Parkes.</i> Sur l'élimination de l'azote par les reins et l'intestin pendant le repos et le travail.....	250
<i>J. Cohnheim.</i> Sur l'inflammation et la suppuration....	254
<i>G.-O. Sars.</i> Quelques remarques sur le développement des poissons marins.....	255
<i>Seimper.</i> Sur une nouvelle classe d'Échinodermes.....	326

## BOTANIQUE.

	Pages
<i>Paul Bert.</i> Recherches sur les mouvements de la sensitive .....	79
<i>Paul Reinsch.</i> Composition des cendres du gui de pin comparée à celle des cendres de cet arbre.....	80

---

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

Observations faites pendant le mois d'avril 1868.....	81
<i>Idem.</i> pendant le mois de mai.....	169
<i>Idem.</i> pendant le mois de juin.....	257
<i>Idem.</i> pendant le mois de juillet.....	329

---

<sup>no</sup> ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

---

**GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT**

---

**BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE**

ET

**REVUE SUISSE**

---

**ARCHIVES**

DES

**SCIENCES. PHYSIQUES ET NATURELLES**

---

**NOUVELLE PÉRIODE**

**TOME TRENTE-TROISIÈME**

---

**GENÈVE**

**BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18**

**LAUSANNE**

**GEORGES BRIDEL**

**NEUCHÂTEL**

**DELACHAUX ET SANDOZ**

---

**1868**



**THÉORIE**  
SUR  
LES RELATIONS QUI EXISTENT ENTRE  
**CERTAINES DIFFÉRENCES SEXUELLES DE COULEUR CHEZ LES OISEAUX**  
ET  
**LEUR MODE DE NIDIFICATION**  
PAR  
A.-F. WALLACE  
(*Journal of Travel and Natural History*, 1868, vol. I, n° 2.)

---

Un des traits caractéristiques les plus remarquables et les plus intéressants chez les oiseaux consiste dans l'habitude qu'ils ont presque tous de faire une construction plus ou moins compliquée pour loger leurs œufs et leurs petits. Dans les autres classes de vertébrés, ces sortes de constructions sont rares et exceptionnelles, et n'atteignent pas le même degré de perfection et de beauté. Aussi les nids des oiseaux ont-ils toujours beaucoup attiré l'attention ; ils ont même servi de base principale à l'argument qui établit l'existence d'un instinct aveugle et infaillible chez les animaux inférieurs. L'idée s'est généralement répandue que l'oiseau est capable de construire son nid, non pas parce qu'il est doué de facultés ordinaires d'observation, de mémoire et d'imitation, mais par suite d'une certaine impulsion innée et mystérieuse. Cette idée a pour conséquence fâcheuse de détourner l'attention des relations évidentes qui existent entre la conformation, les habitudes et l'intelligence de l'oiseau et la nature des nids

qu'il construit. Il convient de montrer ici quelques-unes de ces relations fondamentales qui jouent un rôle important dans le sujet qui nous occupe.

Un grand nombre d'oiseaux ne construisent aucune espèce de nids; ils pondent les œufs et couvent leurs petits sur la terre nue. Tels sont la plupart des oiseaux échassiers et nageurs, plusieurs des gallinacés et, parmi les oiseaux percheurs, presque tous les engoulevents. Ces espèces peuvent être considérées comme placées à l'une des extrémités de l'échelle, tandis que les troupiales, les tisserins et les roitelets, qui construisent des nids tissés avec soin, recouverts d'un dôme ou suspendus, occupent l'autre extrémité de l'échelle. Or la conformation générale et la manière de vivre de ces oiseaux expliquent presque d'elles-mêmes ces différences. Par suite de la grosse tête et du mince et large bec des engoulevents, de leurs pieds petits et faibles, sans force pour saisir, ces espèces sont incapables de tisser et de tresser l'herbe, la mousse, les fibres végétales ou la laine pour en faire un nid solide et confortable. Les pieds des hirondelles de mer et des bécasseaux sont également mal adaptés à ce but, et en outre ces oiseaux sont appelés à aller chercher leur nourriture ordinaire dans les endroits où il ne se trouve guère de matériaux propres à la construction d'un nid. En revanche, les espèces qui bâtissent les nids les plus parfaits et les plus compliqués sont parmi les mieux organisés de leur classe, ayant les pieds conformés pour saisir à la fois vigoureusement et délicatement et un bec pointu et bien fait; ils jouissent aussi d'une extrême rapidité de locomotion. Les lieux qu'ils fréquentent lorsqu'ils cherchent leur nourriture abondent en matériaux propres à la construction des nids, et leur intelligence se

dévoile dans les modifications qu'ils font subir à la position, à la forme et aux matériaux du nid pour s'adapter aux changements des conditions que l'homme introduit autour de lui.

Si nous cherchons à descendre dans les détails, nous y retrouvons la manifestation de ces mêmes principes, et nous arrivons souvent à comprendre le choix d'une certaine position ou de la nature des matériaux d'un nid, en tenant compte de la manière de vivre de l'oiseau qui l'a construit. Le martin-pêcheur trouve sa nourriture dans les rivières et les ruisseaux, et bâtit son nid sur leurs berges; son bec fort et pointu lui sert d'instrument pour fouiller le sable et la terre, et il garnit grossièrement l'intérieur du trou qu'il creuse, avec les restes des arrêtes des poissons dont il s'est nourri. Le pic, qui passe ses journées à forer des trous dans les troncs des arbres pour y trouver sa nourriture, agrandit un de ces trous et y arrange une cavité dans laquelle ses petits sont à l'abri. Le toucan, incapable de se bâtir un nid à cause de la faiblesse de son énorme bec, de l'imperfection de ses pieds et de la lourdeur de ses mouvements, profite des trous pratiqués par les pics, par les écureuils et par d'autres animaux qui habitent les arbres, où lui-même trouve sa nourriture. Le freux garnit son domicile de petites racines et de matières fibreuses; le corbeau double le sien de laine ou de poils de lapins.

Ce n'est point l'instinct aveugle qui dirige des oiseaux si semblables entre eux dans le choix de matériaux si divers, c'est affaire de convenance. Le freux poursuit des larves dans les champs labourés et les pâturages, et rencontre à son passage des racines et des fibres. Le corbeau fréquentant les marécages et les garennes, où il fait sa

pâturer d'agneaux morts et de lapins, trouve sur son chemin de la laine et de la fourrure, et s'en sert pour la nidification. Le roitelet construit son joli nid presque entièrement avec de la mousse, parce qu'il en trouve continuellement sous ses yeux lorsqu'il chasse les petits insectes et les mollusques des haies.

On voit donc que l'examen de l'organisation, de la nourriture et d'autres particularités de l'existence de l'oiseau, fournit un aperçu souvent assez complet des raisons pour lesquelles il construit son nid de certains matériaux dans une position déterminée et d'une manière plus ou moins compliquée. Il existe, cependant, deux autres facteurs dans le problème, dont les effets ne se laissent que vaguement deviner dans chaque cas particulier, mais qui ont dû exercer une influence importante pour déterminer les détails qu'on observe dans la nidification.

Ce sont les changements internes ou externes dans les conditions de la vie et l'influence des habitudes héréditaires ; les premières entraînent des altérations motivées par des variations de la structure organique, du climat, de la faune et de la flore environnantes ; les secondes tendent à conserver les particularités ainsi développées même quand elles n'ont plus d'objet, vu le changement des conditions. Il y a beaucoup de faits qui prouvent que les oiseaux adaptent leurs nids aux conditions dans lesquels ils doivent se trouver. Celui du loriote des vergers des États-Unis (*Icterus spurius*) est très-peu profond lorsqu'il est placé sur les fortes branches d'un arbre fruitier ; il est beaucoup plus profond quand il est posé sur les grêles rameaux d'un saule pleureur, et qu'il s'agit de protéger la couvée contre le danger d'être jetée à terre par la violence du vent. Le moineau domestique commun façonne

son nid avec bien moins de soin dans un trou que sur les branches d'un arbre et l'emploi que font les hirondelles, les troglodytes et d'autres espèces des avant-toits, des cheminées et des boîtes qu'on met à leur disposition, prouve qu'ils sont toujours prêts à saisir les avantages que peuvent offrir les changements de conditions. Il est probable qu'une altération permanente dans le climat entraînerait bien des oiseaux à modifier la forme ou les matériaux de leurs demeures. L'introduction d'ennemis nouveaux pourrait amener des modifications ayant pour but de mieux cacher les œufs ou la couvée. Un changement dans la végétation du pays nécessiterait peut-être l'emploi de nouveaux matériaux. Il est certain encore que, s'il se manifestait des modifications de structure dans une espèce, il s'ensuivrait sur plusieurs points des changements dans la construction du nid. L'ouvrage serait plus ou moins délicat et les matériaux plus ou moins fins, suivant la modification opérée dans les organes externes.

Pendant, durant le développement de ces modifications, certaines particularités persisteraient plus ou moins longtemps après la disparition des causes qui les auraient fait naître. Ces signes d'un passé, qui n'est plus, se montrent partout, même dans les travaux de l'homme, malgré sa raison si vantée. Les traits caractéristiques de l'architecture grecque ne sont que des reproductions en pierre des pièces originales de construction en bois. Nos imitateurs de l'architecture gothique élèvent souvent de massifs contre-forts, surmontés de pompeux pinacles, pour soutenir un toit en charpente qui n'exerce aucune poussée extérieure, et croient encore orner leurs constructions en ajoutant de fausses gargouilles sculptées, tandis que l'eau du toit s'écoule de fait par une bonne et simple gouttière

moderne. De même, quand les chemins de fer ont succédé aux diligences, on s'est cru obligé de construire les wagons de première classe de façon à imiter une série de carrosses juxtaposés ; l'on pend encore, dans les voitures qui ne doivent rouler que sur des routes macadamisées parfaitement unies, ces courroies où les voyageurs accrochaient leurs bras pour affermir leur équilibre dans des chemins à ornières, alors que le voyage n'était qu'une succession de secousses et de cahots qui dépassaient tout ce que l'on peut imaginer. En réfléchissant à ces faits et à cent autres semblables, il est naturel d'attribuer à une cause analogue bien des choses qui, sans cela, seraient inexplicables dans les détails de l'architecture des oiseaux. Autrement, il faudrait admettre que ces animaux sont toujours guidés, et bien plus que les hommes, par la raison pure, ou bien qu'un instinct infailible les conduit aux mêmes résultats par une autre voie. Il y a tant de faits bien avérés opposés à chacune de ces hypothèses, qu'il n'est pas nécessaire de les réfuter plus longuement.

Les remarques qui précèdent ont pour but de montrer que la manière suivant laquelle chaque espèce d'oiseau bâtit son nid résulte probablement d'une variété de causes qui ont amené des modifications en rapport avec les changements dans les conditions organiques ou physiques de l'espèce. Les plus importantes de ces causes semblent venir d'abord de la structure organique de l'espèce et ensuite des conditions ambiantes. Si donc on observe des modifications dans des caractères moins importants et plus sujets à varier que ne le sont les particularités de la modification, il faudra en conclure que les premières dépendent des secondes et non pas le contraire. Voici un exemple d'une corrélation de cette nature :

Le but des nids étant la protection des œufs et la sécurité ainsi que le confort de la couvée, on peut les grouper sous deux catégories primordiales, suivant qu'ils répondent plus ou moins bien au but. Dans la première catégorie on placera tous ceux dans lesquels les œufs et la couvée sont dérobés à la vue, et ce but peut être atteint, soit par le moyen d'une construction en forme de toit ou de dôme, soit par le dépôt des œufs dans un trou pratiqué dans un tronc d'arbre ou dans la terre. Dans la seconde catégorie on groupera ceux dans lesquels les œufs, la couvée et l'oiseau qui couve sont exposés à la vue, qu'il y ait un nid admirablement construit du reste, ou qu'il n'y en ait point du tout. Les martins-pêcheurs qui logent leurs œufs dans des trous des berges; les pics et les perroquets qui les logent dans les arbres creux, les troupiales d'Amérique qui construisent ces magnifiques nids suspendus et nos troglodytes qui recouvrent le nid d'un dôme présentent des exemples de la première catégorie; tandis que nos merles, nos fauvettes et nos pinçons ainsi que les pie-grièches, les jaseurs et les tangaras des tropiques et encore tous les oiseaux de proie, les pigeons et beaucoup d'autres dans toutes les parties du monde se contentent de la seconde sorte de construction.

On voit que cette répartition des oiseaux en deux catégories suivant la manière dont ils disposent leurs nids, n'a guère de relation avec la structure même des nids. Les nids de construction tout à fait primitive se rencontrent de même que les spécimens d'architecture les plus parfaits dans les deux catégories. Cependant, ces catégories ont certainement quelques relations avec les affinités naturelles des espèces, car les grands groupes qui contiennent des espèces décidément très-alliées entre elles

ressortissent en entier à l'une ou à l'autre des catégories. Les espèces d'un même genre ou d'une même famille sont très-rarement distribuées dans les deux catégories, et cependant elles diffèrent souvent notablement entre elles dans le mode de construction du nid et elles présentent même dans la première catégorie deux manières tout à fait distinctes.

Tous les grimpeurs et la plupart des fissirostres, par exemple, construisent des nids cachés, et dans ce dernier groupe, les deux familles qui bâtissent des nids ouverts, savoir les martinets et les engoulevents, sont certainement très-éloignées des autres familles avec lesquelles elles se trouvent associées dans nos classifications. Les mésanges aussi varient dans leur manière de faire leurs nids : quelques-unes faisant des nids ouverts cachés dans un trou, tandis que d'autres construisent des nids protégés par un dais ou bien des nids couverts et même suspendus, qui tous rentrent cependant dans la même catégorie. Les nids des étourneaux présentent les mêmes différences. Les mynabs font des nids dans des trous comme nos étourneaux, et les brillants étourneaux de l'Orient (du genre *Calornis*) construisent des nids couverts suspendus, tandis que les *Stur-nopastores* les placent dans des arbres creux. Un des cas les plus remarquables d'une famille d'oiseaux qui se partage entre les deux catégories de structure du nid est celui des pinçons, dont les espèces européennes ont presque toutes des nids exposés, tandis que les pinçons d'Australie ont des nids protégés par un dôme.

Passons maintenant des nids aux êtres qui les construisent, et étudions les oiseaux eux-mêmes à un point de vue peu habituel, en les séparant en groupes suivant que les deux sexes, ou bien seulement les mâles, sont plus ou moins ornés de couleurs voyantes.

Les différences sexuelles de couleur et de plumage chez les oiseaux sont très-remarquables, elles ont beaucoup attiré l'attention et ont été expliquées par M. Darwin, dans le cas des oiseaux polygames par sa théorie de la sélection naturelle. On conçoit jusqu'à un certain point comment les mâles des faisans et des tétras ont fini par acquérir leur brillant plumage et leur forte taille, par suite des rivalités de force et de beauté qui doivent régner continuellement entre eux. Mais cette théorie ne répand aucune lumière sur les causes qui ont amené les femelles des toucans, des guêpiers, des perroquets et des mésanges à être presque toujours aussi brillantes et aussi vives dans leurs couleurs que les mâles ; tandis que les magnifiques jaseurs, les manakins, les tangaras et les oiseaux du paradis, comme aussi notre merle, ont pour compagnons des mâles si nuls et si peu marquants qu'ils semblent à peine pouvoir appartenir à la même espèce.

Ces anomalies peuvent cependant s'expliquer par l'influence de la conformation du nid. On reconnaît, en effet, sauf quelques rares exceptions, les règles suivantes : savoir que, lorsque les deux sexes sont ornés de couleurs très-marquantes et voyantes, le nid est de la seconde catégorie, de manière à cacher l'oiseau qui couve ; tandis que, lorsqu'il y a un contraste frappant dans le plumage, le mâle étant brillant et très-apparent, la femelle insignifiante et obscure, le nid est ouvert et rien ne dérobe à la vue l'oiseau qui couve. Examinons les faits principaux qui démontrent cette assertion, et cherchons à découvrir le pourquoi de cette corrélation.

Étudions d'abord les groupes d'espèces dans lesquelles la femelle a un plumage brillant ou du moins bien voyant et ordinairement semblable à celui du mâle.

I. Martins-pêcheurs (*Alcedinidæ*). Dans les espèces les plus brillantes de cette famille, la femelle ressemble parfaitement au mâle; dans d'autres il y a quelques différences, mais elles ne tendent pas à rendre la femelle moins apparente. On remarque quelquefois chez la femelle une bande transversale sur la poitrine qui manque chez le mâle (par exemple dans l'*Alcyon diops*). Dans d'autres la bande est rousse, par exemple dans plusieurs espèces américaines; tandis que dans le *Jacelo gaudichaudi* la queue de la femelle est rousse au lieu d'être bleue. La plupart des martins-pêcheurs font leur nid au fond d'un trou profond dans la terre; les tanyptéras les bâtissent, dit-on, dans un trou creusé dans les nids des termites ou quelquefois dans des crevasses sous des rochers en surplomb.

II. Motmots (*Momotidæ*). Chez ces oiseaux brillants les sexes se ressemblent tout à fait, et les nids se trouvent dans un trou sous terre.

III. Barbus (*Bucconidæ*). Ces espèces sont souvent peintes de couleurs vives, quelques-unes ont des becs rouges, couleur de corail; les sexes sont semblables et les nids sont bâtis dans des trous sur les pentes.

IV. Couroucous (*Trogonidæ*). Chez ces magnifiques oiseaux les femelles sont ordinairement moins brillantes que les mâles, mais elles sont souvent ornées de couleurs assez vives et voyantes. Les nids sont dans les creux des arbres.

V. Huppes (*Upupidæ*). Leur plumage barré et leurs grandes crêtes mettent ces espèces fort en évidence. Les sexes sont parfaitement semblables, et leurs nids sont dans des arbres creux.

VI. Calaos (*Bucerotidæ*). Ces gros oiseaux ont d'énor-

mes becs peints en couleurs qui sont ordinairement les mêmes et tout aussi voyantes chez les femelles que chez les mâles. Leurs nids sont placés au fond des trous dans les arbres et la femelle y est complètement cachée.

VII. *Capitonidæ*. Ces espèces sont toutes très-éclatantes et présentent des taches de couleurs très-vives à la tête et au cou qui sont très-voyantes. Les sexes sont de même et les nids se trouvent dans les arbres creux.

VIII. Toucans (*Rhamphastidæ*). Ces beaux oiseaux sont colorés sur toutes les parties marquantes du corps, surtout sur leur grand bec, et aussi à la base de la queue qui est tachée de cramoisi, de blanc et de jaune. Les deux sexes se ressemblent, et ils nichent dans des arbres creux.

IX. Musophages (*Musophagidæ*). Ici encore la tête et le bec se revêtent dans les deux sexes de couleurs très-brillantes et les nids sont dans les trous des arbres.

X. Coucals (*Centropus*). Ces oiseaux sont souvent ornés de couleurs voyantes dans les deux sexes; ils construisent des nids recouverts d'un dôme.

XI. Pics (*Picidæ*). Dans cette famille les femelles diffèrent des mâles en ce que leur crête est jaune ou blanche au lieu d'être cramoisie, mais c'est toujours assez voyant, et les nids sont cachés dans les creux des arbres.

XII. Perroquets (*Psittacidæ*). Dans cette grande famille, qui s'orne des plumages les plus brillants et les plus variés, il est de règle que les sexes soient tout à fait semblables, et c'est le cas dans les familles qui portent les couleurs les plus fastueuses, les lorées, les cacatoës et les macaws. Il existe cependant une petite différence entre les deux sexes dans quelques cas. Toutes bâtissent leurs nids dans des trous, surtout dans les arbres, et aussi parfois dans la terre et dans les logements des termites.

Le seul cas dans lequel le nid est exposé à la vue est celui du nid du *pezoporus formosus*, espèce qui ne participe pas au riche plumage de ses congénères et qui est vêtue de teintes sombres, vertes et noires, servant de protection suffisante.

XIII. *Eurylaimes (Eurylæmidæ)*. Dans ces superbes espèces de l'Orient, qui se rattachent un peu aux jaseurs d'Amérique, les sexes sont semblables et revêtent les insignes les plus gais et les plus voyants. Le nid est tout entier tissé, recouvert et suspendu au bout d'une branche au-dessus de l'eau.

XIV. *Cotingas (Ampelidæ)*. Dans les espèces australiennes les femelles sont souvent très-voyantes, ayant la tête parsemée de taches brillantes. Les nids sont quelquefois recouverts d'un dôme, quelquefois ils sont placés dans les arbres creux.

XV. *Mésanges (Paridæ)*. Ces petits oiseaux sont toujours charmants et quelques-uns, entre autres les espèces indiennes, sont très-brillants. Les sexes ont toujours la même coloration, circonstance assez exceptionnelle parmi les petites espèces ornithologiques un peu voyantes de ces pays-ci. Le nid est toujours recouvert ou caché dans un trou.

XVI. *Sittelles (Sittidæ)*. Ordinairement de très-jolis oiseaux à sexes semblables; le nid est bâti dans un creux.

XVII. *Petites sittelles (Sittellæ)*. La femelle est souvent plus voyante que le mâle, et tachetée de blanc et de noir. Le nid, selon Gould, est toujours complètement caché au milieu de petits rameaux redressés et rattachés ensemble.

XVIII. *Climacteridæ*. Les sexes y sont de même, ou bien la femelle est quelquefois la plus ornée des deux. Le nid se trouve dans un creux d'arbre.

**XIX. *Estrela Amadina*.** Dans ces genres de la famille des pinçons, les femelles, quoique différentes des mâles, sont encore assez voyantes, étant tachetées de blanc, et ayant le croupion rouge. Elles se distinguent des genres voisins par la construction de dômes pour recouvrir leurs nids.

**XX. *Certhiolidæ*.** Ces jolis petits fourniers d'Amérique ont les deux sexes semblables et construisent un nid surmonté d'un dôme.

**XXI. Mynahs (*Eulabes, Sturnidæ*).** Ces oiseaux à vives couleurs sont de même dans les deux sexes, et font leur nid dans les arbres creux.

**XXII. Calornis (*Sturnidæ*).** Les étourneaux ont les mêmes brillants reflets métalliques dans les deux sexes. Ils construisent un élégant nid suspendu.

**XXIII. Troupiales (*Icteridæ*).** Le plumage rouge ou jaune et noir de la plupart de ces oiseaux est très-voyant et le même dans les deux sexes. Ils sont célèbres par les nids délicatement tissés qu'ils construisent en forme de bourse suspendue.

Cette liste comprend, comme on le voit, six familles importantes parmi les fissirostres, quatre parmi les grimpeurs (les perroquets) et plusieurs genres, ainsi que trois familles entières des passereaux.

Les espèces dans lesquelles le mâle est revêtu de couleurs brillantes, tandis que la femelle n'a que des teintes sombres et très-peu apparentes, sont très-nombreuses et comprennent de fait tous les passereaux à plumage voyant, sauf ceux qui viennent d'être énumérés. Les groupes les plus remarquables sont les suivants :

I. *Cotingas (Cotingidæ)*. Ces espèces comprennent les

plus riches plumages qui existent, le bleu vif, le pourpre et le rouge éclatant en sont les teintes caractéristiques. Les femelles sont toujours peu apparentes, souvent d'une nuance verdâtre peu visible dans le feuillage.

II. Manakins (*Pipridæ*). Ces oiseaux élégants, dont les houppes et les crêtes présentent les couleurs les plus vives, sont d'un vert sombre dans le sexe femelle.

III. Tangaras (*Tanagridæ*). Ces espèces rivalisent avec les cotingas par l'éclat de leurs couleurs et offrent plus de variété dans les teintes. Les femelles ont un plumage sombre et simple et bien moins apparent que ne l'est celui des mâles.

Dans les nombreuses familles des oiseaux chanteurs (*Sylviadæ*), des merles (*Turdidæ*), des gobe-mouches (*Muscicapidæ*) et des pies-grièches (*laniadées*), la plupart des espèces sont richement peintes de couleurs vives et voyantes; mais les femelles sont toujours moins apparentes et revêtues de teintes sombres et qui attirent peu les regards. Dans toutes les familles le nid est ouvert, et je ne connais pas d'exemple d'une seule espèce de ce groupe qui bâtit un nid recouvert d'un dôme, ou qui le place dans un arbre creux, ou dans un trou sous terre, ou qui fasse quoi que ce soit pour le dérober à la vue.

En discutant la question que nous étudions, il n'est pas nécessaire de se préoccuper de la manière de faire des oiseaux un peu gros et forts, parce qu'ils n'ont guère à chercher à se cacher pour être en sûreté. Les oiseaux de proie n'ont pas de vives couleurs, et leur organisation ainsi que leurs habitudes font qu'ils n'ont pas grand besoin d'être protégés. Les grands échassiers ont quelquefois de très-vives couleurs dans les deux sexes; mais ils sont probablement peu exposés à des attaques de la part

d'ennemis, puisque l'ibis écarlate, l'oiseau le plus apparent qu'il y ait, existe en immenses quantités dans l'Amérique du Sud.

Le gibier et les oiseaux d'eau offrent dans le sexe femelle des teintes peu apparentes, tandis que les mâles sont vivement colorés ; et la famille anormale des mégapodes présente le fait curieux de l'identité des plumages dans les deux sexes, ceux des mégacéphalons et des talegallas étant passablement voyants. Ajoutons qu'ils n'ont pas l'habitude de couvrir leurs œufs.

Si l'on réfléchit à l'ensemble des témoignages que nous venons de relater et qui embrasse presque tous les groupes d'oiseaux revêtus de couleurs brillantes, on sera bien forcé d'admettre la corrélation qui existe entre la coloration du plumage et le mode de construction du nid. Il y a, il est vrai, quelques exceptions apparentes, quelques-unes peut-être réelles, dont nous allons nous occuper ; mais ces exceptions sont trop peu nombreuses et trop peu importantes pour peser beaucoup dans la balance contre les faits avérés, et l'on peut pour le moment les laisser de côté. Examinons ce que signifie cette corrélation inattendue de phénomènes qui paraissent à première vue ne point avoir de rapports entre eux. Ont-ils quelque relation avec d'autres groupes de phénomènes naturels ? Nous fournissent-ils quelque enseignement sur la manière dont la nature travaille et peuvent-ils nous donner quelque aperçu des causes qui ont façonné la merveilleuse variété, la beauté et l'harmonie des êtres vivants ? Il me semble qu'on doit répondre affirmativement à ces questions, et je puis y ajouter, comme une nouvelle preuve, que ce ne sont point là de simples phénomènes isolés, le fait suivant : savoir que j'ai été conduit à découvrir leur corrélation par l'étude d'un

groupe de phénomènes distincts mais analogues, consistant dans des ressemblances mimiques et protectrices.

En examinant cette série remarquable de faits, la première chose que nous en récoltons, c'est qu'il n'existe aucune incapacité de la part du sexe femelle, de jouir des mêmes couleurs brillantes et des vifs contrastes de nuances qui ornent si fréquemment leurs partners, puisque, toutes les fois qu'elles sont protégées et cachées pendant la période de l'incubation, elles se revêtent des mêmes plumages. La conclusion à en tirer, c'est que c'est surtout au manque de la protection d'une bonne cachette pendant cette époque intéressante, qu'il faut attribuer l'absence ou l'arrêt de développement de ces riches et vives couleurs. La manière dont les choses se passent devient très-intelligible, si l'on a recours aux procédés de la sélection naturelle et sexuelle.

Il est manifeste que les deux sexes sont rarement également munis d'armes offensives et défensives, quand celles-ci ne sont pas absolument nécessaires à la protection personnelle; tandis que le nombre des cas dans lesquels les deux sexes sont également décorés de brillantes couleurs prouve que l'action normale de la sélection sexuelle tend à développer les couleurs et la beauté dans les deux sexes, en propageant et en multipliant toutes ces riches variétés de plumages qui dans chaque sexe plaisent à l'autre. La femelle cependant, appelée à couver sur un nid ouvert de tous côtés, est très-exposée aux attaques de ses ennemis et toute modification de son plumage qui la rendrait plus apparente encore amènerait la destruction de l'oiseau et de la couvée. Toutes les femelles dont le plumage se modifierait dans la direction de nuances plus voyantes seraient peu à peu exterminées,

tandis que celles dont le plumage prendrait une tendance contraire, qui s'assimilerait par exemple à la terre, au tronc, au feuillage, auraient une bien meilleure chance de survivre. C'est ainsi qu'on aboutit à ces teintes d'un brun sale, vertes ou indifférentes qui caractérisent le plumage de la portion supérieure du corps de la grande masse des oiseaux femelles, couvant sur des nids ouverts.

Au commencement de cet article, j'ai cherché à montrer que les différences caractéristiques et les traits essentiels des nids d'oiseaux résultent de l'organisation même des espèces et des conditions passées et présentes de leur vie. Ces facteurs sont tous les deux plus importants et plus stables que ne le sont les phénomènes de couleur; nous devons en conclure que, dans la plupart des cas, le mode de construction du nid (qui dépend de la structure organique de l'animal et des circonstances ambiantes) a été au fond la cause et n'est pas l'effet des similitudes ou des différences des sexes sous le rapport de la couleur. Lorsqu'un groupe d'oiseaux a une fois acquis l'habitude de bâtir son nid dans les arbres creux, comme les toucans, ou bien dans des trous sous la terre, comme les martins-pêcheurs, la protection que la femelle obtient ainsi durant la période importante et dangereuse de l'incubation, replace les deux sexes sur un pied d'égalité quant au péril d'une attaque et permet à la sélection sexuelle d'exercer sans encombre son influence sur le développement des couleurs vives et des insignes voyantes des deux sexes.

D'un autre côté, lorsque (comme chez les tangaras et chez les gobe-mouches) le groupe entier a contracté l'habitude de bâtir des nids en formes de coupes ouvertes, dans des positions plus ou moins exposées, le dévelop-

pement des couleurs et des signes distinctifs chez la femelle est constamment réprimé par la périlleuse évidence dans laquelle elle apparaît, tandis que rien ne le gêne chez le mâle qui se revêt en conséquence de nuances éclatantes. Cependant on rencontre peut-être quelques cas où, par suite d'une intelligence supérieure et d'une capacité spéciale pour changer d'habitudes, les périls auxquels la femelle est exposée par l'éclat de son plumage, sont en partie conjurés par la construction d'un toit ou d'un dôme pour dissimuler le nid, comme cela se voit chez les mésanges et les troupiales; en sorte que la marche de la coloration et les modifications de structure dans les nids peuvent quelquefois agir et réagir l'un sur l'autre et atteindre de concert de plus complets développements.

Il existe dans l'histoire naturelle des oiseaux quelques faits curieux et anormaux qui peuvent servir de pierre de touche pour démontrer la vérité de cette explication des différences de coloration dans les deux sexes. On sait depuis longtemps que dans quelques espèces les mâles aident à l'incubation et peuvent même s'en charger complètement; aussi a-t-on remarqué chez certains oiseaux que les différences sexuelles dans la coloration sont renversées; le mâle a un plumage sombre et obscur, tandis que la femelle, qui est souvent plus forte de taille, est ornée de teintes vives. Je ne crois pas que personne ait supposé que ces différences tenaient à quelque relation de cause à effet, avant la publication de mes idées sur la théorie générale des ressemblances mimiques<sup>1</sup>. Cependant il est maintenant constaté que dans les cas les

<sup>1</sup> *Westminster Review*, juillet 1867.

mieux connus où la femelle porte un plumage plus voyant que le mâle, celui-ci s'aquitte des fonctions de l'incubation ou du moins tout porte à le croire. L'exemple le plus satisfaisant est celui du phalarope gris (*Phalaropus fulicarius*, Linné), dont les deux sexes sont exactement semblables en hiver, tandis qu'en été c'est la femelle et non pas le mâle qui revêt le plumage de noce gai et brillant, le mâle veillant à l'incubation et couvant les œufs qui gisent sur la terre nue.

La femelle du guignard (*Endromias morinellus*) est plus grosse et plus colorée que le mâle qui, on en est à peu près sûr, couve les œufs. Dans le genre indien *Turnix* les femelles sont aussi plus fortes et souvent plus brillantes que les mâles, et M. Jerdon raconte dans son « *Birds of India* » que les indigènes disent que pendant la saison de l'incubation les femelles abandonnent leurs œufs et se réunissent en bandes, pendant que les mâles restent pour couvrir. Il y a quelques cas où les femelles sont plus apparentes que les mâles et dans lesquels les habitudes au moment de l'incubation sont peu connues. Celui des autruches et des émeux peut sembler une difficulté, puisque le mâle qui est chargé de l'incubation n'est pas moins apparent que la femelle; mais il s'explique par la grande taille de ces espèces, qui n'ont pas de motifs pour se cacher, ayant la force nécessaire pour défendre leur nid et au besoin la rapidité de leur course pour fuir leurs ennemis trop dangereux.

On voit donc qu'un grand nombre de faits relatifs soit à la coloration du plumage, soit au mode de construction du nid, et renfermant entre autres des exceptions extrêmement anormales, sont reliées entre eux par des rapports qui dépendent du besoin de protection éprouvé

par celui des parents qui est chargé de couvrir <sup>1</sup>. Si l'on réfléchit à notre ignorance des habitudes de la plupart des oiseaux qui vivent hors d'Europe, on comprendra que les exceptions à la règle qui généralement ont lieu dans les espèces isolées et peu observées, n'offrent pas une bien grande importance. Les seules exceptions un peu notables sont les suivantes.

I. Drongos (*Dicruri*). Ces oiseaux ont un plumage noir luisant, à longue queue fourchue. Les sexes sont semblables et les nids sont ouverts. Cette exception à la règle peut venir de ce que le plumage est assez sombre en lui-même pour ne pas nécessiter une protection plus efficace. Ces oiseaux se battent bien ; ils attaquent et poursuivent souvent les corbeaux, les éperviers et les vautours ; ils vivent assez en société, en sorte que les femelles ne sont guère exposées à être attaquées pendant l'incubation.

II. Loriots (*Oriolidæ*). Les vrais loriots ont un plumage gai, qui est, en Orient, presque le même dans les deux sexes, et les nids sont ouverts. C'est une exception grave, mais qui peut servir cependant à prouver la

<sup>1</sup> Dans l'*Origin of Species* (page 241), M. Darwin reconnaît que les oiseaux femelles sont vêtus de couleurs sombres parce qu'ils ont besoin de protection ; mais il ne semble pas attacher la même importance que moi à cet agent modificateur de la coloration. Dans le même paragraphe (page 240), il fait allusion à ce que le sexe femelle chez les oiseaux et chez les papillons est souvent très-sobre de couleur et quelquefois cependant tout aussi brillant que le sexe mâle ; mais il paraît attribuer ces différences à des lois particulières d'hérédité qui conservent quelquefois certaines colorations dans les deux sexes ou bien seulement dans la ligne de l'un des deux. Sans vouloir répudier l'effet de toute influence de cette nature (M. Darwin m'assure qu'il tient les preuves à l'appui), j'attribue cependant ces différences, dans la grande majorité des cas, au plus ou moins de besoin de protection de l'un des sexes dans ces groupes d'animaux.

règle; car on a remarqué que l'oiseau déploie un soin excessif et une sollicitude marquée pour cacher le nid dans le plus épais du feuillage, et il veille ensuite avec une attention inquiète au bien-être des petits. Ceci montre que l'absence de protection pour l'éclat du plumage ne se fait que trop sentir et qu'il y est suppléé par un plus grand développement des facultés intelligentes.

III. Brèves (*Pitidæ*). Ces espèces offrent dans les deux sexes les mêmes élégantes et brillantes couleurs et bâtissent un nid ouvert; mais on remarque que presque toutes les couleurs vives sont sur la surface inférieure du corps, le dos étant le plus souvent d'un vert-olive ou brun et la tête noire avec quelques raies brunes ou blanches. Or ces teintes s'harmonisent plus ou moins avec les feuilles, les tiges et les brindilles qui entourent le nid et elles servent à dissimuler la présence de l'oiseau.

IV. *Grallina australis*. Cette espèce australienne est marquée de noir et de blanc qui contrastent vivement. Le plumage est le même dans les deux sexes et le nid est tout ouvert, maçonné en argile et complètement exposé sur le sommet d'un arbre. Voilà une exception frappante. Il importerait de bien connaître la nature de l'arbre, la couleur de l'écorce ou celle des lichens s'il y en a, les nuances du terrain et celles des objets environnants, afin de savoir jusqu'à quel point l'oiseau est en vue lorsqu'il couve.

On sait que de petites taches de blanc et de noir, vues de loin, présentent l'aspect du gris, qui est une des teintes les plus communes que l'on aperçoit dans le champ des objets naturels.

V. Souï-mangas (*Nectarineidæ*). Dans ces brillantes petites espèces les mâles seuls sont peints de superbes

couleurs, et les femelles sont tout à fait ordinaires ; les nids cependant, dans le petit nombre de cas que l'on connaît, sont de la première catégorie, c'est-à-dire recouverts. C'est donc une exception négative pour ainsi dire, et il est permis de supposer que d'autres causes que le besoin de protection pendant l'incubation peuvent entraver la tendance à la coloration. L'histoire de la nidification est mal connue dans ces espèces, mais il y a un fait qui tend à éclaircir la question, c'est qu'on assure que le mâle du *Leptocoma zeylanica* aide à couvrir. Il est possible que ce groupe d'oiseaux ait eu dans l'origine des nids couverts (et pour ce que nous en savons, il peut en être encore ainsi dans la plupart des espèces), et puis que, le mâle s'étant décidé par quelque raison inconnue à aider à couvrir, la construction d'un dôme soit devenue nécessaire.

VI. Mérions (*Maluridæ*). Les mâles sont ornés de couleurs magnifiques, tandis que les femelles sont très-simples ; les nids sont recouverts d'un dôme. Il faut remarquer toutefois que les teintes si vives des mâles ne paraissent qu'au moment de la noce, et ne durent pas longtemps ; le reste de l'année les deux sexes n'ont que des nuances sombres. Le dôme qui recouvre le nid sert donc probablement à garantir ces petits oiseaux si délicats contre la pluie, et quelque cause inconnue a poussé au développement de la coloration chez les mâles seulement.

Je crois avoir indiqué toutes les exceptions aux lois générales de dépendance de la coloration et du mode de structure du nid. Ces exceptions sont assez rares en présence de la masse de faits favorables à la théorie et souvent des circonstances accessoires dans les habitudes ou dans l'organisation de l'espèce suffisent pour les motiver.

Si ces idées sur les influences diverses qui ont déterminé la structure spéciale des nids et la coloration du plumage des femelles sont fondées dans la nature, on ne peut guère en demander de preuves plus complètes que celles que nous avons énumérées. La nature offre en effet une trame si enchevêtrée de relations complexes qu'une série de corrélations, s'étendant dans toutes les directions au travers de centaines d'espèces, de genres et de familles, ne peut guère être autre chose que la manifestation de connexités réelles, et quand l'un des deux facteurs du problème dépend des faits les plus importants et les plus stables de la structure et des conditions de la vie, tandis que l'autre est d'un caractère superficiel et variable, il ne peut y avoir de doute sur ce qui est la cause et ce qui est l'effet.

L'explication du phénomène ne repose pas seulement sur les faits que nous venons de relater. Dans le mémoire sur les ressemblances mimiques que j'ai déjà cité, j'ai établi le rôle important que joue le besoin de protection dans le développement de la forme extérieure et de la coloration des animaux, et même dans celui de certains organes internes.

Comme exemple, je citerai les spicules crochues ou en forme d'étoiles des éponges et qui paraissent avoir pour utilité de rendre les tissus immangeables aux autres animaux. Les holothuries sont armées de défenses analogues, par exemple les *synapta* qui ont dans le parenchyme de leurs téguments des spicules en formes d'ancres; tandis que d'autres genres (*Cuviera squamata*) ont une peau recouverte d'un dur pavé calcaire. Ces animaux sont généralement colorés de rouge vif ou de pourpre et sont très-apparents, tandis que leurs congénères, les Trepangs

ou bèches de mer (*Holothuria edulis*), qui ne portent point de ces armes défensives, sont d'une couleur obscure de sable ou de boue qui ne permet pas de les distinguer du fond de la mer où ils reposent. Un grand nombre de petites espèces marines sont protégées par leur parfaite transparence, tandis que celles qui sont brillamment colorées ont ordinairement des organes protecteurs tels que les tentacules urticantes des physalia, ou bien une croute dure de calcaire comme les étoiles de mer.

Dans la lutte constante pour l'existence, la protection ou la faculté de se cacher est un des moyens les plus efficaces de conserver la vie, et c'est par les modifications de la coloration que cette protection s'obtient le plus facilement, car il n'y a guère d'autre caractère si sujet à de nombreuses et à de rapides variations. Les faits que nous venons de passer en revue sont tout à fait analogues à ce qu'on voit chez les papillons. En général, la femelle du papillon est vêtue de couleurs simples et peu apparentes, même quand le mâle est magnifiquement peint; mais lorsque l'animal est protégé par la sécrétion d'une odeur désagréable, comme chez les heliconidæ, les danaidæ et les acraeidæ, les deux sexes se revêtent des mêmes brillantes couleurs. Toute théorie générale des phénomènes de la coloration chez les animaux doit tenir compte de ces deux cas aussi bien que de toute la série des faits que présentent chaque degré et chaque mode de coloration protectrice ou imitative.

Quelques personnes penseront que les causes auxquelles j'attribue tant d'influence sur l'aspect extérieur de la nature sont peut-être trop simples, trop insignifiantes et trop peu importantes pour jouer un tel rôle. Je les prierais de réfléchir que le grand objet de toutes les par-

ticularités de la structure organique est de conserver la vie de l'individu et de propager l'espèce. La coloration a paru n'être jusqu'ici qu'un phénomène accidentel et superficiel, donné à l'animal, non pour sa propre utilité, mais pour ainsi dire pour charmer les yeux de l'homme ou d'êtres supérieurs encore; pour ajouter, en un mot, à la beauté et l'harmonie idéale de la nature. S'il en était ainsi, la coloration des êtres organisés serait une exception dans la série des phénomènes naturels. Les faits qui en dépendent ne seraient pas la suite de lois générales ou dérivées des conditions ambiantes si variables. Il faudrait renoncer à rechercher leur origine et leurs causes, puisqu'elles dépendraient (dans cette hypothèse) d'une volonté guidée par des motifs impossibles à sonder. Mais il est singulier de constater qu'aussitôt qu'on commence à étudier et à classer les couleurs des êtres organisés, on leur trouve des corrélations intimes avec une variété d'autres phénomènes et une subordination marquée à d'autres lois générales. J'ai essayé d'éclaircir chez les oiseaux le jeu de ces lois, et j'ai expliqué comment la manière de construire le nid peut influencer la coloration du plumage des femelles. J'ai déjà prouvé (dans le mémoire sur les ressemblances mimiques), jusqu'à quel point et en combien de manières le besoin de protection a influencé la coloration des insectes et celle de quelques groupes de reptiles et de mammifères. Enfin, j'attire l'attention particulièrement sur le fait que les vives nuances des fleurs qu'on a si longtemps regardées comme une preuve absolue de ce que la coloration a été donnée pour un tout autre but que le bien du porteur, doivent leur développement aux mêmes grands principes d'utilité. Les fleurs ne requièrent pas beaucoup de pro-

tection, mais elles ont besoin de l'assistance des insectes pour les fertiliser et pour conserver leurs facultés de reproduction en bon état de vigueur. Leurs vives couleurs attirent les insectes, comme le font aussi leurs doux parfums et leurs sécrétions mielleuses ; et la preuve que c'est bien la fonction que remplissent les couleurs, c'est le fait remarquable que les fleurs que le vent suffit à fertiliser et qui n'ont aucun besoin du secours des insectes, n'ont que très-rarement, peut-être même jamais, des fleurs de couleurs apparentes.

La manière large dont le principe général de l'utilité s'est répandu sur le mode de coloration de groupes si divers, soit chez les animaux, soit chez les végétaux, nous prouve que nous avons réussi à traquer le règne de la loi jusque dans le fort même des champions des créations spéciales. A ceux qui chercheraient à nier l'explication que je donne des phénomènes relatés dans ce mémoire, je répondrai qu'il faut embrasser du regard tous les faits et non-seulement les rares exceptions. On reconnaît à l'aide de la théorie de l'évolution telle que l'a définie M. Darwin, qu'on réussit à coordonner et à expliquer une vaste masse de phénomènes relatifs à la coloration. Tant qu'on ne montre pas qu'une aussi énorme quantité de faits s'harmonise mieux avec une autre théorie, nous ne devons pas être appelés à abandonner la nôtre, car elle nous a rendu déjà de trop bons services et nous a conduit à découvrir une foule de relations harmonieuses, intéressantes et inattendues entre les phénomènes les plus ordinaires (les plus négligés et les plus mal compris) que présentent les êtres organisés.

**DES EFFETS CHIMIQUES**  
PRODUITS  
**DANS LES ESPACES CAPILLAIRES**  
PAR  
M. BECQUEREL PÈRE <sup>1</sup>.

---

Voilà plus d'un an que M. Becquerel avec cette activité scientifique que l'âge ne diminue point chez lui, s'occupe d'une nouvelle question sur laquelle il a déjà publié cinq mémoires remplis de recherches d'un véritable intérêt. Cette question, qui a pour objet les phénomènes chimiques qui résultent de la capillarité, est un nouvel exemple du lien qui unit les forces physiques et les forces chimiques. Nous sommes maintenant bien loin du temps où la physique et la chimie étaient regardées comme deux sciences parfaitement distinctes, obéissant à des lois très-différentes et où le mode de constitution des corps était envisagé d'une manière ou d'une autre, suivant qu'on le considérait sous le rapport physique ou sous le rapport chimique, comme s'il pouvait y avoir deux manières d'être du même corps. — L'introduction en physique de la notion du poids atomique fournie par la chimie, a fait découvrir des lois importantes qui avaient échappé jusqu'alors aux observateurs. — Les rapports intimes qu'on a réussi à établir entre les phénomènes chimiques et les

<sup>1</sup> Voyez *Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. XXXVI, et *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séances des 13 mai, 17 juin et 4 novembre 1867, et des 13 janvier et 20 avril 1868.

phénomènes électriques, les belles découvertes qu'on a faites sur l'action chimique de la lumière ont contribué à montrer toujours plus que les deux sciences au fond n'en sont qu'une, et qu'elles ne diffèrent que parce qu'elles étudient sous des formes différentes, les effets que produit l'action des mêmes agents sur la même matière.

Dernièrement encore des travaux de la plus grande importance ont établi de nouveaux liens entre les phénomènes physiques et les phénomènes chimiques. Ainsi, dans un mémoire du plus grand intérêt sur la température des flammes d'oxyde de carbone et d'hydrogène<sup>1</sup>, M. Bunsen est arrivé à conclure d'un nombre considérable de faits étudiés avec le soin et l'exactitude qui le caractérisent, qu'*il se produit entre les atomes libres de différents corps des attractions soumises à la loi des proportions définies, même dans les cas où la combinaison chimique correspondant à ces proportions ne peut pas se former.* Ainsi encore M. Henri Deville, dans ses travaux si curieux sur la dissociation, est conduit à contester l'existence de la force hypothétique que les savants ont nommée *affinité chimique*, et à ne voir dans les phénomènes qu'on lui attribue que les résultats de l'action de la chaleur.

Mais de toutes les recherches récentes celles qui peut-être établissent le rapprochement le plus grand entre les actions physiques et les actions chimiques, ce sont celles de Graham sur la dialyse, et en particulier sur l'absorption des gaz par les métaux. Le fait qu'il n'y a que certains gaz absorbés et que certains métaux absorbants, qu'il y a par conséquent là une espèce d'affinité élective, montre que le phénomène n'est pas purement

<sup>1</sup> *Archives des Sciences physiques*, avril 1868, tome XXXI, p. 286.

physique. Il y a plus : le palladium, d'après M. Graham, absorbe une quantité d'hydrogène telle qu'il y a un équivalent d'hydrogène absorbé pour un équivalent de palladium. Cependant l'idée d'une combinaison chimique n'est pas admissible par plusieurs raisons, et en particulier parce qu'il ne se produit aucun changement visible dans le palladium après son association avec l'hydrogène.

Les nouvelles recherches de M. Becquerel, père, sont du même ordre que celles que nous venons de rappeler, et ont plus d'un rapport avec celles de M. Graham sur la dialyse, ainsi que nous le verrons et que le constate M. Becquerel lui-même.

Commençons par résumer, aussi bien que cela nous sera possible, les résultats qu'a obtenus successivement M. Becquerel, et qui sont contenus dans les cinq mémoires communiqués à l'Académie des Sciences de mai 1867 à avril 1868.

La première série d'expériences de M. Becquerel a été faite au moyen d'un tube légèrement fêlé ; on forme ces fêlures en traçant avec un diamant une ou deux lignes longitudinales sur la surface du tube, puis en appliquant sur un point quelconque de ces lignes la pointe d'un petit tube chauffé au rouge-blanc.

Il faut avoir soin que la fente ne s'élargisse pas trop ; il faut seulement qu'elle permette aux dissolutions, ou du moins à l'une d'elles, de s'y introduire par action capillaire.

L'un des effets les plus remarquables est celui qu'on obtient en remplissant le tube ainsi fêlé, d'une dissolution concentrée de nitrate de cuivre, puis en introduisant ce tube dans une éprouvette contenant une dissolution marquant

12 à 15° de l'aréomètre, de monosulfure de sodium, dont le niveau est le même, afin que la pression soit égale des deux côtés. On aurait dû, par le simple mélange des deux dissolutions, obtenir du sulfure noir de cuivre et du nitrate de soude. Or il n'en a pas été ainsi; très-peu de temps après la préparation on a commencé à apercevoir dans les fentes, un dépôt très-brillant de cuivre métallique ayant une texture cristalline; peu à peu le dépôt a augmenté, la fêlure s'est élargie et le tube a fini par éclater; on a pu retirer alors des petits cylindres de cuivre de deux millimètres de diamètre.

Avec plusieurs autres dissolutions de cuivre les effets sont les mêmes, mais moins rapides. On obtient également des résultats semblables avec des dissolutions concentrées d'argent, d'or, de plomb, d'étain, de cobalt et de nickel; celles de fer et de zinc donnent très-difficilement des effets de réduction.

L'auteur s'est servi de plusieurs sortes d'espaces capillaires outre celui dont nous venons de parler, tels que l'intervalle compris entre deux lames de verre ou de quartz, attachées ensemble ou étant pressées plus ou moins fortement l'une contre l'autre, tels encore que la porosité du papier parcheminé servant à la dialyse, les intervalles capillaires compris entre des grains de verre ou de quartz, la porcelaine ou le grès dégourdis, des tubes effilés par un bout. Le premier système a donné de bons résultats; on a pu obtenir par son moyen la réduction de l'or, du cuivre, du plomb, du nickel, du cobalt et celle du platine que n'avait pas donnée l'emploi du tube fêlé.

M. Becquerel, dans son premier mémoire, après avoir étudié l'influence des diverses espèces d'espaces capil-

laire et décrit un très-grand nombre de cas de réductions opérées par les actions électro-capillaires ou mieux chimico-capillaires, cite des exemples de la formation des composés insolubles par l'effet des mêmes actions. Il observe, en terminant ce mémoire, qu'il existe maintenant tout un ensemble de faits à ajouter à ceux qu'il a observés, tels que les phénomènes dus aux propriétés de l'éponge de platine et des corps poreux, aux effets des diaphragmes, à ceux de teinture, qui peuvent constituer une partie importante de la chimie sous le nom de chimie capillaire.

Dans son second et son troisième mémoire, M. Becquerel cherche, en multipliant le nombre des faits, à analyser les causes physiques et chimiques qui interviennent dans les phénomènes de réductions métalliques qu'il a signalés. Avant d'examiner les explications qu'il en donne et les preuves expérimentales sur lesquelles il les appuie, je crois convenable d'insister encore sur quelques faits de détail qu'il expose, dans différentes parties de son travail.

Parmi ces faits je signalerai d'abord les effets produits par différentes espèces de diaphragmes, tels que le verre et le quartz broyés en parties ténues, le sable fin et le plâtre gâché dont les interstices sont des espaces capillaires. Pour étudier l'effet du sable fin et du quartz pilé, il en introduit une certaine quantité dans des tubes fermés avec un morceau de toile fixé avec un fil sur la paroi extérieure, et formant des diaphragmes de quatre à cinq centimètres de hauteur, puis il place successivement diverses solutions métalliques dans le tube et la dissolution de monosulfure de sodium dans l'éprouvette, en ayant soin que le sable soit assez fin et la hauteur de la colonne suffisante pour que le mélange des deux dissolutions soit

très-lent à s'effectuer. La plupart des métaux sont réduits ainsi de leurs dissolutions; c'est le cas du cuivre, de l'argent, de l'or, du cobalt, du nickel, etc. Une dissolution à parties égales de nitrate de cuivre et d'argent donne d'abord de l'argent en dendrites ou en plaques; le cuivre vient ensuite, mais longtemps après. Avec le plâtre gâché, on obtient la réduction du platine, du cobalt, etc. M. Becquerel a en même temps essayé de remplacer dans ses anciennes expériences faites avec les appareils électro-chimiques simples, le kaolin dont il faisait usage comme diaphragme, par des fêlures des tubes. Ainsi dans son couple, dit à gaz oxygène, il a substitué au tube rempli de kaolin qui séparait la dissolution de potasse caustique de l'acide nitrique, un tube fêlé fermé par un bout à la lampe, et il a obtenu les mêmes effets; il en a été de même dans tous les autres cas analogues où il employait des appareils électro-chimiques simples pour obtenir des sulfures et iodures simples et doubles.

M. Becquerel estime que la réduction des métaux dans les espaces capillaires ne saurait être expliquée, comme on a essayé de le faire, en faisant intervenir seulement l'attraction moléculaire, mais qu'elle est due aux actions combinées des affinités, de l'attraction moléculaire et de l'électricité.

Pour montrer l'influence de l'électricité dans la production du phénomène, M. Becquerel emploie l'appareil composé d'un tube de verre fêlé, rempli d'une dissolution de nitrate de cuivre qu'on plonge dans une éprouvette contenant une dissolution de monosulfure de sodium; puis il réunit ces deux dissolutions par un fil de platine ou de cuivre qui, en fermant le circuit, constitue un couple électro-chimique simple donnant naissance à un courant

accusé par le galvanomètre. En peu de temps, la dissolution de nitrate de cuivre est décomposée, et l'extrémité du fil qui plonge dans cette dissolution se recouvre de cuivre métallique. Pendant ces réactions, la fissure n'agit que pour permettre le contact entre les deux dissolutions, on n'aperçoit aucune trace de cuivre métallique dans l'intérieur de la fissure et sur la surface intérieure du tube. — Mais si on enlève le fil de cuivre, ce qui supprime tout conducteur métallique, alors la fissure se remplit de petits cristaux de cuivre métallique, ainsi que la paroi intérieure du tube. Dans ce cas, suivant M. Becquerel, c'est le liquide logé dans la fissure qui fait l'office du fil de cuivre supprimé, et il y a deux courants qui s'ajoutent, parce qu'ils sont dirigés dans le même sens, l'un dû à la réaction des liquides, l'autre provenant de l'oxydation du métal réduit. Lorsque la fissure est remplie de métal, il peut arriver qu'il n'y ait plus de contact immédiat entre les deux liquides, et alors le couple cesse de fonctionner. On obtient les mêmes effets avec d'autres dissolutions métalliques, telle que le nitrate d'argent. Remarquons encore que les espaces capillaires étant beaucoup moins bons conducteurs de l'électricité à section égale que les fils métalliques dont ils remplissent les fonctions, les effets électro-chimiques doivent être beaucoup moindres.

M. Becquerel admet donc que les liquides enfermés dans des espaces capillaires jouent le rôle de conducteurs solides; il appuie son hypothèse sur ce que, d'après les expériences de M. Ed. Becquerel, la conductibilité des liquides renfermés dans des tubes capillaires est plus grande que ne le comporte la section de la colonne liquide. Ce fait important tendrait à prouver que l'augmentation

de densité de la couche liquide retenue à la surface du verre par l'attraction moléculaire, intervient pour former un circuit voltaïque composé seulement de liquides.

Je ne m'étendrai pas sur divers perfectionnements introduits successivement par M. Becquerel dans la construction de ses appareils, non plus que sur de nombreuses expériences faites en remplaçant le monosulfure de sodium par d'autres dissolutions. Je me bornerai, avant de conclure, à insister encore sur quelques points qui me paraissent plus importants.

Je signalerai d'abord une série de faits qui sembleraient prouver la production de courants électriques dans les fissures des vases de verre fêlés sans l'intervention apparente d'actions chimiques. Dans tous les phénomènes précédemment décrits, les fissures des vases fêlés, quoique très-étroites, permettent néanmoins aux deux liquides qui mouillent les parois de réagir chimiquement l'un sur l'autre dans les espaces capillaires et de donner lieu à des effets électro-chimiques. Mais voici ce qu'on observe en variant la largeur des fissures. Si la largeur est relativement grande, les dissolutions se mélangent plus ou moins rapidement en donnant lieu à des précipités ordinaires résultant d'une double décomposition. Avec une largeur moindre, on arrive aux phénomènes électro-capillaires de réduction des métaux, que nous avons décrits. A un degré inférieur on a un courant électrique sans action chimique apparente, courant qui a la même direction que si la réaction avait lieu. Enfin les fentes peuvent être si étroites qu'il n'y ait ni réduction métallique, ni courant électrique; évidemment dans ce cas les liquides ne communiquent plus entre eux.

Pour obtenir le courant électrique sans action chimique

apparente, on détermine dans un petit bocal en le touchant en un point, après l'avoir chauffé, avec un tube de verre légèrement mouillé, des fissures ayant la forme d'une étoile. On remplit ensuite le bocal fêlé jusqu'au-dessus de l'étoile avec une dissolution de nitrate de baryte, et on le place dans un autre vase contenant de l'acide sulfurique étendu; deux lames de platine plongeant chacune dans un des liquides sont reliées par le fil d'un galvanomètre, et on obtient un courant électrique sans apparence de réaction chimique; c'est-à-dire qu'il n'y a point de dépôt de sulfate de baryte. En associant de même une dissolution de chromate de potasse avec une autre de nitrate de plomb ou bien une dissolution de ferro-cyanure potassique avec une dissolution de protosulfate de fer, on n'obtient non plus aucun précipité, ce qui prouve qu'il n'y a pas de réaction chimique apparente, quoiqu'il y ait production d'un courant électrique. Par contre, en opérant avec des dissolutions de nitrate de cuivre et de monosulfure de potassium et le même vase qui a servi aux précédentes expériences, on a un courant énergique et quelque temps après on obtient un dépôt de cuivre métallique dans la fissure. Il est vrai que la force électromotrice qui a lieu dans le contact des deux dernières dissolutions est beaucoup plus considérable que celle des autres dissolutions qui avaient été soumises à l'expérience. M. Becquerel reconnaît qu'il est possible qu'avec ces dernières dissolutions, les réactions chimiques étant excessivement faibles, il y ait production d'un courant électrique sans qu'on aperçoive de longtemps les effets résultant de l'action chimique qui l'a produit. Cela nous paraît très-probable.

Dans cette partie de ses recherches, M. Becquerel in-

siste sur ce qu'il appelle les propriétés polaires des parois des fissures des vases fêlés, agissant comme électrodes, quand ces fissures laissent passer le courant fourni par une pile ; c'est aussi un point intéressant sur lequel je m'arrêterai un instant, vu qu'il me paraît se rattacher à une loi plus générale découverte par Faraday. Voici d'abord l'expérience de M. Becquerel.

Quand on décompose une dissolution de nitrate ou de sulfate de cuivre contenue partie dans un vase fêlé, partie dans un vase non fêlé, où plonge le premier, et qu'au moyen de deux électrodes de platine placées l'une dans un des vases, l'autre dans l'autre, on fait passer à travers les dissolutions, le courant d'une pile composée de plusieurs couples, on obtient une décomposition dans laquelle l'électrode négative se recouvre de cuivre métallique ; mais le courant a une faible intensité à cause de la mince couche de liquide qui se trouve dans la fissure, laquelle dans ce cas ne joue aucun rôle. Il n'en est plus de même quand le vase fêlé contient une dissolution de potasse caustique et l'électrode négative, tandis que l'autre vase renferme la dissolution métallique et l'électrode positive. Dans ce cas l'eau seule est décomposée, et non la dissolution métallique, tant du moins que les deux dissolutions ne sont pas mélangées. Qu'on prenne maintenant deux vases fêlés contenant de l'eau acidulée et plongeant dans une dissolution de nitrate de cuivre ; les parois des fissures agissent alors comme conducteurs intermédiaires ; la paroi extérieure du vase positif se recouvre de cuivre métallique, tandis que l'acide se rend sur l'électrode négative<sup>1</sup>. Le rôle des fissures étroites est ici d'empêcher

<sup>1</sup> Nous croyons que l'auteur entend par là la paroi de la fissure

le mélange des dissolutions; elles agissent alors comme des conducteurs intermédiaires, les deux lames de platine se trouvent dans des dissolutions conductrices non métalliques qui ne se mélangent pas avec la métallique, quoique elles soient en contact avec elle.

Le phénomène que nous venons de décrire est tout à fait analogue à une expérience de Faraday, dans laquelle le savant physicien anglais fait passer un courant électrique à travers une dissolution concentrée de sulfate de magnésie en contact avec une certaine quantité d'eau pure placée au-dessus et disposée de façon qu'il ne puisse y avoir mélange entre les deux liquides. En mettant l'électrode positive dans le sulfate de magnésie et la négative dans l'eau, on voit la magnésie, au lieu d'aller se déposer contre la surface de l'électrode négative de platine, s'arrêter dans l'eau à la surface de séparation entre l'eau et le sulfate. Ce fait, très-facilement explicable dans la théorie de Grothius sur le mode de propagation du courant électrique dans les liquides électrolytiques, tient à ce que la molécule de magnésie arrivant dans l'eau ne trouve plus une molécule d'acide avec laquelle elle puisse se combiner, ce qui n'aurait pas lieu si l'eau et le sulfate avaient pu se mélanger même en petite proportion. Il est probable que c'est un phénomène du même genre qui a lieu dans l'expérience de M. Becquerel, et que le fait qu'il a observé tient à ce que la dissolution de nitrate de cuivre n'étant en communication avec les deux dissolutions acides que par l'intermédiaire des fissures capillaires, il ne peut non plus y avoir de mélange entre elles. Or, dès qu'il n'y a pas mélange en proportion plus ou moins considérable qui communique avec la dissolution acide où plonge l'électrode négative. (Rév.)

entre deux dissolutions contiguës, il ne peut pas y avoir d'électrolyse ordinaire.

Dans son quatrième Mémoire, M. Becquërel décrit un procédé très-ingénieux de M. E. Becquerel pour mesurer les espaces capillaires, en particulier la largeur des fissures et même les dimensions des pores des membranes d'origine animale ou végétale. Le procédé dont il s'agit consiste à comparer le pouvoir conducteur d'un liquide renfermé dans l'espace capillaire dont on veut mesurer les dimensions, au pouvoir conducteur du même liquide placé dans un tube capillaire dont on connaît exactement le diamètre et la longueur. Cette méthode est extrêmement sensible et permet d'évaluer des intervalles de quelques millièmes de millimètres; elle exige néanmoins dans son application quelques précautions et certaines déterminations préalables.

Les déterminations faites par ce procédé ont montré que lorsque l'intervalle des lames est seulement de quelques centièmes de millimètre, la réduction de la plupart des métaux a lieu, tandis que lorsqu'il n'est que de quelques millièmes de millimètre l'argent et l'or sont réduits facilement, tandis que les autres le sont lentement et avec difficulté.

Quand on prend pour espace capillaire l'intervalle compris entre deux lames de verre bien planes, maintenues l'une contre l'autre par une ligature de manière à ne laisser entre elles qu'un très-petit intervalle capillaire, on obtient des effets beaucoup plus réguliers qu'avec les tubes fêlés dont les fissures n'ont pas partout la même largeur. On introduit le liquide, qui est une dissolution métallique, entre les lames au moyen d'un petit réservoir supérieur et on règle cette introduction de façon que la

sortie du liquide par les bords ne soit pas sensible, ce dont il est facile de s'assurer. Puis on plonge le système des deux lames entre lesquelles est le liquide dans un vase extérieur où se trouve l'autre dissolution, celle de monosulfure par exemple.

Il arrive quelquefois que les dépôts métalliques qui se forment entre les lames de verre dont l'intervalle est seulement de quelques centièmes de millimètres, entre lesquelles se trouve une bande de papier à filtrer et tenues jointives avec des liens, exercent une telle force d'expansion que, lors même que les liens ne sont pas rompus, une des lames, quand elle n'est pas épaisse, est quelquefois brisée. On conçoit, d'après cela, comment des roches donnant passage à des dissolutions diverses par infiltration et dans lesquelles s'opèrent des effets électro-capillaires semblables à ceux que nous décrivons, peuvent éclater ou bien se fendre.

Nous ne suivrons pas M. Becquerel dans les applications qu'il fait de ses nouvelles recherches à l'explication de divers phénomènes naturels, soit dans la nature inorganique, soit dans la nature organique. On conçoit facilement, en effet, que dès qu'il s'agit d'actions où la capillarité joue un rôle important, cette application se présente naturellement. En effet, s'il s'agit de la nature inorganique, les infiltrations qui ont lieu dans les fentes des roches doivent amener des effets du genre de ceux dont nous avons parlé, et en particulier opérer dans des circonstances favorables, la réduction des métaux; s'il s'agit par contre de la nature organique, on conçoit le rôle important que jouent nécessairement dans les phénomènes vitaux, les tissus poreux et les vaisseaux étroits que possèdent les végétaux et les animaux. Mais c'est seulement

des phénomènes de la vie végétale que s'est occupé M. Becquerel dans l'application qu'il a faite de ses travaux sur la force électro-capillaire. Ajoutons que, dans un cinquième et dernier Mémoire, l'infatigable académicien français a cherché à établir d'une manière plus complète les relations qui existent entre l'endosmose, l'exosmose et la dialyse découvertes par Dutrochet et par Graham, et l'électro-capillarité dont, suivant lui, elles ne sont que des cas particuliers.

Nous n'avons pu donner qu'une analyse bien imparfaite des recherches de M. Becquerel sur les phénomènes électro-capillaires; toutefois ce que nous en avons dit suffit pour en faire ressortir l'importance. Cherchons, en terminant, à nous en faire une idée plus exacte en les résumant en peu de mots, et en essayant de les apprécier, soit dans leurs effets, soit dans leurs causes.

Le point fondamental est l'influence qu'exerce sur les phénomènes qui se passent dans le contact de deux liquides, le fait que ce contact n'a lieu qu'à travers un espace très-étroit, autrement dit capillaire. Cette influence est-elle seulement négative, c'est-à-dire tient-elle seulement à ce que les deux liquides séparés par un espace étroit, ne peuvent pas se mélanger tout en étant en contact? Nous croyons que c'est quelquefois le cas, comme, par exemple, lorsqu'on soumet à l'électrolyse deux liquides placés l'un à la suite de l'autre sur la route du courant, de manière à ne communiquer ensemble que par l'intermédiaire des espaces capillaires, et par conséquent sans pouvoir se mélanger. Mais il y a plus: les phénomènes d'exosmose, d'endosmose et de dialyse montrent qu'il peut y avoir une influence positive qui résulte, soit du fait que les liquides sont en contact entre eux que par de très-petites sur-

faces, soit de la nature même de la substance solide, qui sert d'enveloppe aux espaces capillaires.

Les phénomènes observés par M. Becquerel semblent aussi indiquer que la nature relative de la dissolution et de la substance solide poreuse ou percée d'ouvertures capillaires n'est pas sans influence, et il attribue en général les effets qu'il a obtenus à une production d'électricité. Suivant lui, dans le cas où les deux dissolutions en contact ne sont pas réunies par un corps solide conducteur, cas dans lequel il y a évidemment formation d'un couple, la petite couche ou colonne liquide renfermée dans l'espace capillaire joue le rôle de ce corps solide conducteur, ou tout au moins les parois de nature isolante (de verre en général) de l'espace capillaire en font l'office lorsqu'elles sont humectées du liquide qui est lui-même conducteur. C'est ainsi que s'expliquerait la réduction qui s'opère contre ces parois de ceux des métaux dont les dissolutions sont en contact avec elles. M. Becquerel, entre autres preuves à l'appui de cette explication, rappelle que, d'après les recherches de M. E. Becquerel, les colonnes liquides renfermées dans des espaces capillaires sont proportionnellement plus conductrices qu'elles ne devraient l'être d'après la loi des diamètres.

Nous avons quelque hésitation, nous l'avouons, à admettre l'explication qui précède. D'abord nous nous demanderons si dans les cas dont il s'agit, c'est-à-dire lorsqu'il y a réaction chimique entre deux dissolutions séparées l'une de l'autre, soit par des diaphragmes, soit par des espaces capillaires qui permettent leur contact, tout en les empêchant de se mélanger, il y a vraiment intervention de l'électricité. Que cette intervention existe quand les deux dissolutions ainsi disposées sont réunies

par un conducteur métallique extérieur, il n'y a aucun doute, car il y a alors formation d'un couple et les extrémités du conducteur sont de véritables électrodes qui reçoivent les dépôts provenant de la décomposition électrolytique. Mais quand deux dissolutions sont simplement en contact sans se mélanger, étant séparées l'une de l'autre par un diaphragme poreux ou par un espace capillaire, il y a sans doute développement de force électromotrice dans les deux surfaces liquides qui se touchent, développement suivi d'une action chimique et de la production d'un courant électrique, mais ce courant est dans ce cas moléculaire ou local, et il ne peut être perçu qu'autant que les deux liquides sont réunis par un conducteur solide ; il nous paraît être plutôt le résultat que la cause de l'action chimique qui a lieu. Au lieu donc d'admettre que le liquide renfermé dans l'espace capillaire fait l'office du conducteur solide, n'est-il pas plus naturel de supposer que l'effet observé n'est que le résultat de l'action chimique modifiée plus ou moins par le fait que l'espace est capillaire, et en particulier que l'action ne peut avoir lieu que sur un petit nombre de molécules à la fois et successivement, au lieu de s'exercer sur tout l'ensemble des deux dissolutions en même temps. Il y a évidemment là un point important à étudier. Il est très-possible que l'action chimique soit modifiée par l'attraction dite moléculaire à laquelle on attribue la capillarité. Il est possible également que cette attraction dite moléculaire ne soit qu'une forme de l'affinité, ou plutôt que les deux forces n'en soient qu'une, de telle façon que dans l'espace capillaire le liquide ne serait plus dans les mêmes conditions, soit physiques, soit chimiques, qu'il présente quand il est en masse, en sorte que l'action d'un autre liquide sur la

couche capillaire serait toute différente de ce qu'elle est sur le liquide dans son état ordinaire. Ce serait une action du même genre que celle à laquelle appartiennent les effets chimiques de contact, dits catalytiques.

En un mot, il est évident que plus on avance dans l'étude de la chimie, plus on trouve que les explications des phénomènes chimiques fondées uniquement sur l'exercice de la force appelée affinité, telle qu'on l'a longtemps conçue, sont insuffisantes. Comme je l'ai dit au commencement de cet article, une foule de phénomènes nouveaux démontrent cette insuffisance. Et parmi ces phénomènes l'un des plus remarquables est la modification que la présence dans un liquide ou dans un gaz, d'un corps solide en apparence inerte, apporte aux relations chimiques de ce liquide ou de ce gaz avec les autres. Et, en effet, la surface limite d'un liquide ou d'un gaz, telle que celle que détermine sur ses deux faces un diaphragme introduit dans ce liquide ou ce gaz, doit avoir des propriétés toutes différentes du reste de la couche. Or le caractère des liquides placés dans des espaces capillaires, c'est d'être presque exclusivement formés de surfaces limites. Il ne serait donc pas très-étonnant que dans ces conditions leurs propriétés devinssent toutes différentes de ce qu'elles sont quand ils se trouvent dans leur état naturel. Quand on rapproche les idées théoriques de Clausius sur la constitution des liquides et des gaz, des travaux de tant de savants chimistes dont j'ai parlé en commençant, de ceux de Deville sur la dissociation, de ceux de Graham sur la dialyse, de ceux de Bunsen sur la combinaison de certains gaz, sans compter ceux plus anciens de Berzelius sur la catalyse, de Dutochet et de tant d'autres sur l'endosmose et l'exosmose, on arrive à se convaincre qu'il y a là

toute une nouvelle face de la chimie à considérer. Dès lors il me semble prématuré de chercher à donner une explication rationnelle des phénomènes récemment découverts par M. Becquerel en les attribuant à un effet électro-capillaire. Ils ne sont probablement, ainsi que je l'ai déjà dit, qu'une des formes nombreuses sous lesquelles se présentent ces actions chimico-moléculaires dans lesquelles la constitution physique du corps joue un rôle aussi bien que sa constitution chimique. Et lors même que toutes les idées théoriques de M. Becquerel à ce sujet ne seraient pas admises, cet illustre physicien n'en aurait pas moins rendu un grand service à la science en signalant les phénomènes eux-mêmes à l'attention des savants.

A. D. L. R.

# LES RECHERCHES RECENTES SUR LE FŒHN

PAR

M. Ad. HIRSCH<sup>1</sup>.

---

Dès son origine la question du fœhn a été débattue au sein de notre société ; c'est notre collègue M. Desor qui nous l'a rapportée pour ainsi dire de son voyage du Sahara. Il est encore aujourd'hui un des inébranlables défenseurs de la théorie de son ami M. Escher, c'est-à-dire de l'origine africaine de ce vent, et de son rôle prépondérant dans le régime actuel des glaciers des Alpes. Vous vous rappelez peut-être, Messieurs, que dès les premières communications de M. Desor, j'ai regretté de ne pas pouvoir suivre notre collègue dans toutes les conséquences de cette hypothèse séduisante. Tout en admettant la possibilité théorique que les Alpes peuvent être atteintes quelquefois par des bouffées d'air qui s'élèvent sur le Sahara, je vous ai fait remarquer que d'après les observations météorologiques de nos stations suisses, le fœhn est un vent localisé dans certaines parties du versant nord des Alpes, tandis qu'il est presque inconnu sur le versant sud de la chaîne, et relativement rare sur

<sup>1</sup> Cette revue des travaux qui ont été dernièrement publiés sur le fœhn, a été communiqué par l'auteur à la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel. Nous la reproduisons en retranchant seulement l'analyse du mémoire de M. L. Dufour, dont nous avons déjà donné un extrait étendu. (Voyez *Archives*, tome XXXII, page 5.) (Réd.)

les plus hautes stations, ce qui constitue une grave difficulté pour l'hypothèse de son origine saharienne. De même j'ai fait voir que le foehn n'était pas toujours et partout très-sec, et que dans nos Alpes les vents de nord-est amènent en général une sécheresse plus considérable que ces vents du sud ; enfin la fréquence relativement rare et l'étendue restreinte du foehn m'ont fait douter de l'importance capitale que MM. Escher et Desor lui attribuent dans le régime météorologique des Alpes, dont les glaciers, selon ces savants, reprendraient leur ancienne étendue sans l'intervention du foehn.

Vous savez aussi, Messieurs, que l'origine saharienne du foehn a été combattue par une des plus grandes autorités en météorologie, par M. Dove ; car M. Desor nous a communiqué dans le temps la lettre que le savant physicien de Berlin lui avait écrite sur ce sujet. Enfin, je vous ai rendu compte d'un travail remarquable dans lequel M. le professeur Mousson avait réfuté géométriquement l'opinion, d'après laquelle le courant ascendant qui s'élève au-dessus du désert africain, ne pourrait pas atteindre nos Alpes à cause de la déviation qu'il subirait par suite de la rotation de la terre. C'est jusqu'à ce point que les documents de cette intéressante discussion scientifique ont été portés à la connaissance de notre société. Depuis lors la question s'est développée ; le procès entre M. Dove, d'un côté, et les savants suisses de l'autre, a pris des proportions considérables ; les répliques et les dupliques des avocats de l'Afrique et des Antilles se sont suivies avec une animation qu'on trouve rarement dans la procédure scientifique. — J'ai pensé qu'il vous intéresserait, Messieurs, de prendre connaissance des publications principales qui ont paru sur ce sujet, qui a

occupé la société helvétique dans presque toutes ses dernières réunions; je me propose de vous en rendre compte en substance, en m'attachant uniquement au fond de la question, et en laissant de côté la partie dramatique des débats.

Dans l'été de 1867 a paru un mémoire de M. Dove, qui porte le titre : « Sur l'époque glaciaire, le fœhn et le sirocco <sup>1</sup>. » Après avoir rappelé les théories de Fourier et de Poisson sur la chaleur terrestre, ainsi que ses propres recherches sur la périodicité de la température totale du globe et sur les causes terrestres des changements de climat, M. Dove expose la théorie de M. Escher sur l'origine du fœhn et sur le rôle que ce vent a joué dans le retrait des glaciers depuis que le nord de l'Afrique, qui autrefois était une vaste mer, est devenu le désert actuel. — M. Dove qui, déjà en 1848, avait appelé l'Europe « le condensateur de la mer des Antilles, » et qui avait nié « que notre continent soit chauffé à air par un calorifère placé en Afrique, » montre que l'influence du Sahara se fait plutôt sentir dans la sécheresse extraordinaire et les vents chauds qui règnent dans le sud-est de l'Europe, dans l'Asie Mineure et jusqu'à la mer Caspienne. Le célèbre météorologiste développe alors les conséquences qui, selon lui, découleraient de l'existence d'une mer à la place du Sahara; il montre que les Alpes ne seraient plus, comme actuellement, situées à la limite des pluies subtropicales et des pluies d'été, mais qu'elles entreraient alors complètement dans la région de ces dernières; il s'ensuivrait que les condensations en forme de pluie gagneraient sur celles en forme de neige, ce qui

<sup>1</sup> Ueber Eiszeit, Föhn und Sirocco, von H.-W. Dove, Berlin, Verlag von Dietrich Reimer, 1867.

diminuerait nécessairement la masse des glaciers. Par contre, le contraste entre la température des deux hémisphères se trouverait diminué, l'hémisphère boréal serait plus froid, l'hémisphère austral plus chaud, effet qui combattrait le premier. Du reste, M. Dove cite à ce sujet un passage de son mémoire de 1863 : « L'influence des Alpes sur le climat des pays voisins, » dont j'ai rendu compte dans le temps à notre Société. Il y est dit : « Tout changement qui se produirait dans la distribution des continents et des mers de la zone tropicale, doit nécessairement avoir la plus grande influence sur le climat de la zone tempérée. Mais quiconque sait apprécier les difficultés qu'on rencontre dans la résolution des problèmes météorologiques pour l'état actuel de la surface terrestre, reculera devant l'essai de vouloir deviner les phénomènes météorologiques dans l'hypothèse d'une autre configuration de la surface du globe. »

L'auteur rappelle alors les différentes opinions qui se sont fait jour sur la nature du *föhn* ; il combat surtout les objections que M. Desor avait développées dans son livre : « Le Sahara et l'Atlas, » contre l'opinion de M. Dove. Il se défend d'avoir nié la possibilité qu'un vent nous arrive en été du Sahara ; en effet, M. Dove a prétendu seulement que le courant équatorial supérieur qui, en été, provient du Sahara, est ordinairement dévié vers l'Asie Mineure qu'il dessèche, mais qu'exceptionnellement il peut descendre en Europe, sous forme d'un vent chaud et sec.

M. Dove discute alors en détail la question de l'humidité du *föhn*, qui avait été représenté par MM. Escher et Desor comme un vent essentiellement sec. Il rapporte d'abord de nombreux faits qui constatent des chutes co-

pieuses de pluie et de neige sur l'autre versant des Alpes, tandis que le föehn régnait de ce côté ; il donne des détails sur la fameuse tempête du 6 janvier 1863, qui avait été accompagnée de terribles chutes de neige partout dans les Alpes de la Suisse et du Tyrol, et qui avait été précédée de pluies exceptionnelles partout dans l'Europe méridionale. M. Dove montre par les observations des différents pays que ce föehn n'a été que la limite orientale d'un large courant équatorial qui a régné alors sur toute l'Europe occidentale.

Pour le föehn du 17 février 1865, qu'on avait cité comme exemple d'un föehn sec d'hiver, M. Dove montre par nos observations suisses (ainsi que je vous l'ai fait remarquer déjà dans le temps) qu'il a provoqué presque partout en Suisse, à l'exception de quelques stations dans les Grisons, des chutes de neige considérables, que M. Dove explique par l'irruption d'un courant équatorial humide dans l'air extraordinairement froid qui avait couvert pendant la période précédente presque toute l'Europe.

L'auteur passe ensuite au scirocco des Italiens et à son rapport avec le föehn suisse. Par des citations nombreuses depuis Aristote, Pline et Virgile jusqu'à Toaldo, Calandrelli et L. de Buch, ensuite par une description détaillée du scirocco tel qu'il existe sur la côte d'Istrie, il fait voir son caractère humide et son origine océanique ; mais il n'oublie pas qu'à côté de ce scirocco humide et pluvieux, les Italiens connaissent un « scirocco del paese, » qui est chaud et sec. Cependant M. Dove n'admet pas que ce soit un seul et même vent d'origine africaine, qui resterait sec lorsqu'il passe sur la terre ferme d'Italie et qui se chargerait d'humidité lorsqu'il passe sur la Médi-

terranée. Déjà dans sa lettre à M. Desor, le grand météorologiste avait montré que les vents de sud-ouest, qui soufflent en hiver dans l'Europe méridionale, doivent leur humidité à l'Océan et non pas à la Méditerranée; il appuie cette opinion par de nouveaux arguments. — Enfin, M. Dove, qui avait donné déjà il y a longtemps la théorie des tempêtes qui se produisent dans la région du nord de l'Afrique, des West-Indian Hurricanes et des Typhons, y rattache, maintenant que les observations suisses lui fournissent les données, la théorie du sirocco et du fœhn. Pour cela il rappelle la diminution générale de la pression atmosphérique, qui a lieu en été sur le nord de l'Afrique et sur presque toute l'Asie centrale et méridionale. Là se forme un puissant courant ascendant, qui de tous les côtés fait appel d'air à la surface du sol, et se déverse dans la hauteur en sens opposé, d'un côté vers le nord-est sur l'Océan Pacifique boréal, et de l'autre vers l'Amérique par-dessus l'Europe, où le passage de ce courant supérieur cause en plein été une recrudescence de la pression, malgré l'échauffement estival de l'air. Dans la région tropicale on peut facilement montrer que dans les couches supérieures l'air ne se meut pas toujours du sud-ouest vers le nord-est, mais que souvent il y a de puissants courants marchant de l'est à l'ouest. Ce sont ces courants latéraux qui, en déversant dans la hauteur l'air monté au-dessus de l'Afrique et de l'Asie, empêchent le vent alizé supérieur de regagner les tropiques, et le forcent de s'abattre dans le vent alizé inférieur. Or, lorsqu'un vent d'est vient tomber dans un courant qui marche du sud-ouest vers le nord-est, il produira un mouvement tournoyant dans une direction contraire à celle d'une aiguille de montre; c'est là l'origine des West-Indian

Hurricanes dans les Antilles, et des typhons des mers des Indes et de la Chine.

M. Dove entreprend ensuite la classification des tempêtes de l'Europe méridionale; il distingue les quatre formes suivantes:

1° Les tempêtes des équinoxes, qui sont simplement le courant équatorial passé rapidement dans des latitudes septentrionales, qui n'ont rien à faire avec le courant ascendant de l'Afrique, et qui, en frappant la chaîne des Alpes du côté d'Italie, y déposent leur humidité et apparaissent de notre côté et en Allemagne avec un temps plutôt sec et clair; nous sommes alors, en Suisse, derrière le mur des Alpes, comme garantis contre la pluie venant du sud-ouest. M. Dove appelle ce vent *Scirocco* ou *Fœhn*, tout court.

2° Les ondes extrêmes des « West-Indian Hurricanes » ou « cyclones; » comme ces tempêtes prennent naissance par l'irruption d'un courant venant du désert dans le vent alizé supérieur, il y produit le mouvement de tournoiement, qui fait que la girouette peut montrer sud-est, quoique le vent nous vienne du sud-ouest. Dove donne à ces tempêtes le nom de *Scirocco turbinoso*.

3° Lorsque dans ce conflit des deux courants le vent alizé reste le maître, il entraînera avec lui l'air africain vers le nord-est; c'est alors que ce vent équatorial nous apporte les pluies de sang et la neige rouge; dans ce cas — comme s'exprime M. Dove avec une image toute militaire — l'Europe verra d'abord arriver l'armée battue, en fuite (le courant africain), suivi de son vainqueur (le vent alizé); nous avons alors un fœhn qui commence avec une grande sécheresse et qui finit par des pluies très-fortes. M. Dove l'appelle *Leste-Fœhn* ou *Leste-Scirocco*,

parce que à Madère on appelle *Leste* le vent d'est venant d'Afrique.

4° Enfin, si le courant africain a une largeur considérable, il arrive que l'Italie et la Suisse restent plongées dans l'air sec du désert, tandis que, en même temps, la France et l'Angleterre sont envahies par l'air océanique.

Si l'air qui fait irruption depuis l'est vient de plus loin, depuis la mer des Indes, il sera plus humide que celui du courant équatorial qui, dans son passage sur le continent s'est desséché peu à peu; dans ce cas, le commencement de la tempête sera plus humide que la fin.— Cette quatrième forme est nommée par Dove *Fœhn terrestre* ou *Scirocco del paese*.

Le déplacement qu'éprouve avec les saisons la région des vents alizés dans le sens des méridiens, explique pourquoi l'Europe méridionale est exposée aux vents secs plutôt en été qu'en hiver; en été le courant équatorial n'a qu'à vaincre un vent latéral; en hiver, au contraire, où le Sahara est compris dans la région de l'alizé inférieur (nord-est), il rencontre un courant d'une direction complètement opposée, qu'il a moins de chance de refouler.

M. Dove montre ensuite quelle confusion doit se produire lorsque tous ces vents différents sont appelés du même nom, de scirocco en Italie, ou de fœhn en Suisse. Enfin M. Dove mentionne encore parmi nos fœhns d'été des vents qui, humides dans l'origine, condensent leur humidité sur le versant sud-ouest des Alpes, et, en dépassant la chaîne, deviennent secs tout en regagnant de la chaleur, par le fait qu'ils s'abaissent de nouveau de notre côté. Il explique ainsi que très-souvent le fœhn est humide dans la Suisse occidentale et méridionale, et très-sec dans la Suisse orientale; mais apparemment on ne peut pas

faire venir un tel vent du Sahara. Quant à la disparition de la neige devant le föehn dans les Alpes, M. Dove observe que la neige fond ordinairement avec la plus grande rapidité sous l'action d'une pluie chaude; et il voudrait qu'on s'assurât aussi dans les Alpes si ces föehns mangeurs de neige ne sont pas souvent accompagnés de pluies.

Quant aux pluies de sang ou à la poussière rouge qu'on trouve sur la neige, M. Dove distingue trois cas :

1° Si l'analyse microscopique montre exclusivement des formes américaines, ce qui, d'après Ehrenberg, arrive le plus souvent, elle indique un vrai sirocco ou föehn, qui a amené cette poussière organique depuis l'Amérique du sud et spécialement des Llanos de Venezuela.

2° Si on ne trouve que des formes africaines, ce qui est, selon Dove, très-rare, la poussière serait amenée par un scirocco del paese.

3° Enfin, si l'analyse montre un mélange des deux formes, on doit y reconnaître un leste-föehn.

Mais en général M. Dove soutient que toute pluie de sang ou neige rouge suppose un vent humide dans l'origine, et que ces phénomènes appuient par conséquent sa théorie du föehn.

M. Dove étudie encore en détail les tempêtes du 28 février et du 23 septembre 1866. Quant à la première, il montre par les observations météorologiques de l'Allemagne, de France, d'Italie et de la Suisse, que c'était un courant équatorial qui avait déjà depuis quelque temps lutté contre le courant polaire, et qui enfin réussit, le 28 février, à refouler son adversaire; ce courant couvrait l'Allemagne avec son aile droite et son centre était sur la France, où se trouva le minimum barométrique.

La tempête du 23 septembre 1866 est un exemple d'un *scirocco del paese* ou d'un *fœhn terrestre* ; mais encore ici, on voit à côté de vingt-quatre stations plus orientales, où arrive un maximum de sécheresse, des chutes de pluie énormes dans les hauteurs et dans la Suisse occidentale. En même temps, le beau temps régnait en Italie, de sorte que ce fœhn n'est descendu à la surface qu'en Suisse ; de là il gagna l'Allemagne. Mais du côté de l'ouest, en France, il régna un terrible vent équatorial, suivi de grandes inondations.

M. Dove y voit une preuve que la Suisse, comme l'Italie, est située sur la limite orientale du grand courant équatorial, provenant de la mer des Antilles, mais qu'elle est comprise quelquefois dans le bord occidental du courant africain provenant du Sahara qui se déverse ordinairement vers l'Asie ; car les courants atmosphériques ne coulent pas, comme les fleuves, entre des rives fixes, mais comme les courants océaniques entre des bords éminemment variables. Toutefois ces cas de fœhns terrestres sont de rares exceptions. Aussi M. Dove finit en déclarant qu'il ne peut pas appuyer le vœu de M. Desor que le Sahara reste encore longtemps un désert, parce qu'il ne partage pas sa croyance que c'est le vent du Sahara « qui avec son souffle chaud et sec retient les glaciers des Alpes dans leurs limites actuelles. » M. Dove ne verrait aucun danger pour la Suisse, si les Français pouvaient réussir, au moyen de leurs puits artésiens, à transformer le désert en plaine verdoyante.

En septembre 1867, M. Hann, qui avait défendu déjà la théorie de Dove dans l'excellent journal météorologique de l'Autriche, a publié dans le même journal une

petite étude intéressante sur le föhn dans les Alpes autrichiennes. Le föhn y est endémique presque exclusivement à Bludenz (dans le Voralberg), donc tout près de notre région principale du föhn en Suisse; quelquefois on l'observe à un moindre degré à Innsbruck et Salzbourg, jamais de l'autre côté de la chaîne centrale, en Carinthie ou dans la Carniole. A Bludenz, le föhn, qui vient ordinairement du sud-est en suivant la direction de la vallée, a tous les caractères que nous lui connaissons à Glaris ou à Saint-Gall : élévation considérable de la température et diminution de l'humidité relative; M. Hann observe avec raison que l'humidité absolue ne diminue pas toujours sensiblement, qu'elle peut même augmenter dans le commencement et pendant la durée du föhn. Pendant que le föhn soufflait à Bludenz, Dornbirn et Innsbruck, du 14 au 17 février 1867, il n'y en avait pas de trace ni à Meran, ni à Lugano, où l'on observait, au même moment, la hausse considérable du baromètre qui existait alors sur toute l'Italie du nord. De même, au pied nord des Alpes, la température était plutôt élevée, mais sans la sécheresse caractéristique du föhn. Voilà donc de nouveau un exemple d'un föhn bien limité dans quelques vallées du versant nord des Alpes.

Aussi M. Hann explique la sécheresse du föhn de ce côté des Alpes par l'action que la montagne exerce sur un vent chaud et humide qui la traverse. En la franchissant à une hauteur considérable, sa température doit s'abaisser nécessairement, et par suite il laissera tomber, sous forme de pluie ou de neige, toute la vapeur qui dépasse la saturation à cette basse température. En descendant du côté nord dans les vallées et dans les plaines, la pression plus considérable qu'il subit doit rehausser sa

température, et, par suite, diminuer nécessairement son humidité relative. Dans l'exemple du fœhn du 16 février, où il y avait 12,5° de chaleur à Bludenz, si le vent avait passé les Alpes à une hauteur de 9000', il s'y sera refroidi à 0°; à cette température la quantité de vapeur qu'on lui a trouvée à Bludenz et qui correspondait à une pression de 1<sup>m</sup>,32, lui aurait donné une saturation de 65 %, tandis qu'en bas avec 12° elle ne pouvait être que de 28 %.

Enfin, M. Hann est d'avis que d'après le dernier mémoire de Dove on ne peut plus mettre en doute que le fœhn d'hiver soit un vent chaud et humide. Du reste, à cette époque de l'année, d'après les cartes des isothermes, on ne saurait chercher dans le Sahara l'origine des courants ascendants d'air chaud. Et cependant les fœhns d'hiver sont les plus caractéristiques. Toutefois, M. Hann reproche à M. Dove de mettre en doute les observations de sécheresse extraordinaire de certaines stations suisses, malgré le caractère humide que le fœhn montre dans la plupart des autres.

M. Hann, qui constate pour Bludenz, comme nous l'avons fait pour la Suisse, que les vents les plus secs sont les nord et les nord-est, ne peut pas reconnaître au fœhn l'importance géologique qu'on lui prête en l'envisageant comme cause de la cessation de l'époque glaciaire.

Peu de temps après a paru sur le fœhn, dans la même revue météorologique, une notice de M. le Dr Mühry de Göttingen, dans laquelle l'auteur s'attache à rassembler, dans les observations suisses des trois ans de 1864 à 1866, les faits et traits caractéristiques de ce vent. M. Mühry reconnaît tout d'abord que la région du fœhn, en Suisse, est

limitée du côté nord-est de la chaîne centrale, aux massifs du Gotthard et du Tödi, comprenant ordinairement les vallées de la Reuss, de la Linth et du Rhin, mais s'étendant plus loin quelquefois. M. Mühry cite comme stations principales du föhn les quinze suivantes : Andermatt, Engelberg, Altdorf, Auen, Schwytz, Glaris, Marschlins, Coire, Churwalden, Closters, Einsiedeln, Saint-Gall, Trogen, Alstätten, Sargans. Pour caractériser le phénomène, l'auteur donne, pour les deux föhns, du 2 décembre 1863 et du 27 février 1866, les éléments météorologiques observés dans ces quinze stations et dans quinze autres situées au nord et au sud de la région. Il y comprend la température moyenne du jour, le minimum barométrique sous forme de différence avec la moyenne mensuelle; l'humidité relative à une heure: la direction du vent et l'état du ciel. On voit par ces tableaux que le 2 et le 3 décembre 1863 a régné dans toute la Suisse un violent vent équatorial de sud-ouest, avec température élevée (à l'exception des stations au sud des Alpes), avec ciel couvert et pluie, et qu'en même temps on a observé dans la région du föhn une sécheresse considérable, car l'humidité y est descendue de 40% au-dessous de la moyenne du mois. Dans le second cas, du 27 au 28 février 1866, le föhn a été plus étendu, comprenant encore les stations de Brienz, Zug, Stanz et Lohn, tandis que dans le reste de la Suisse régnait un sud-ouest violent ordinaire; la région du föhn montrait de nouveau une sécheresse remarquable; l'élévation de la température était moins accusée et était presque la même partout de ce côté des Alpes, tandis qu'au sud il existait, au contraire, un refroidissement sensible. M. Mühry décrit alors plusieurs cas de föhn d'été, qui ressemble en général au föhn d'hiver et de printemps, sans être aussi accentué.

Quant à l'explication du phénomène, qu'il résume dans une élévation de température avec abaissement considérable d'humidité dans une région restreinte de l'atmosphère, M. Mühry, tout en reconnaissant que ce sujet exige encore bien des études, envisage le *föhn* comme une chute (ou cascade) d'air se produisant dans un violent vent équatorial de ce côté des Alpes, et donnant lieu de ce côté, sous le vent, à une élévation de température, conséquence de la chute et de la compression de l'air, et surtout à une sécheresse extraordinaire. M. Mühry voudrait qu'on s'informât s'il existe dans l'ombre de cette chute d'air une région relativement calme au pied des hauteurs, d'où le *föhn* s'abaisse. Enfin, il envisage comme probable que des phénomènes analogues existent aussi dans d'autres montagnes : il cite, par exemple, un vent chaud et sec qui règne en hiver du côté nord de l'Elborus.

Le dernier numéro du 15 avril 1868, de l'excellent recueil autrichien, contient sur ce sujet une lettre de M. le professeur Reissenberger, de Hermanstadt, signalant en Transylvanie une espèce de *föhn* qui souffle du sud et amène brusquement une haute température sous laquelle la neige disparaît. Le 2 janvier dernier, par exemple, la température était le soir à 10 heures encore — 5°,6, et il y avait quatorze pouces de neige ; à 3 heures du matin commença le vent du Rothenthurm (c'est le nom qu'on lui donne dans ce pays), qui apporta une température de + 6°,4 et fondit la neige en 21 heures ; la saturation était 54 %. Dans ce cas, comme dans plusieurs autres, ce vent était localisé dans la vallée de Hermanstadt, tandis que la neige restait tout autour. Lorsqu'il est très-violent, ce vent est suivi ordinairement de pluie ou de neige. M. Reissen-

berger y voit plutôt le courant équatorial qu'un vent saharien, et il croit que la disparition rapide de la neige devant ce vent est due plus encore à sa violence qu'à sa température élevée.

A la fin de l'année dernière, mon savant collègue, M. le professeur Wild a choisi la question du « föehn et de l'époque glaciaire » pour sujet de son discours académique à l'anniversaire de la fondation de l'université de Berne. M. Wild commence à donner l'historique de la question et à résumer les différentes étapes qu'elle a parcourues jusqu'à la brochure de M. Dove qu'il analyse comme nous venons de le faire. Ensuite M. Wild se livre à une étude inductive du föehn, en cherchant à déterminer, par les observations météorologiques suisses, les caractères de ce vent dans la région où il règne de préférence, en y comparant ensuite les données météorologiques simultanées du reste de la Suisse, et enfin en recherchant l'état général de l'atmosphère pendant l'époque des föehns, pour pouvoir trouver ainsi des indices sur l'origine plus ou moins éloignée de ce vent.

M. Wild a trouvé dans les observations météorologiques suisses de 1864-1866, trente-sept cas de föehn, durant un ou plusieurs jours ; les stations de föehn par excellence sont : Glaris, Auen, Altdorf, Engelberg, Schwytz, Coire et Klosters ; il cite ensuite quatorze autres stations où le föehn est moins fréquent, appartenant toutes, sauf Bex, au nord-est, et enfin quatorze autres stations où il est observé rarement. M. Wild cherche, avec raison, les traits caractéristiques dans les stations par excellence du föehn ; comme tels il trouve : *élévation de la température, diminution de la saturation et de la pression*, toutes d'autant plus ac-

cusées que le fœhn est plus violent. Ordinairement l'abaissement de la saturation de 40 à 50 %, au-dessous de la valeur normale, qui s'observe dans toutes les stations, ne dure pas longtemps et est suivie bientôt d'une saturation complète. Les pâtes des vallées intérieures, ainsi que MM. Escher et Desor, ont donc raison : *le fœhn commence dans cette région par une sécheresse exceptionnelle.*

Mais en même temps que l'air sec remplit ces vallées, on observe que *le ciel en haut se couvre plus ou moins de nuages de la forme des cyrrhus ou cyrrho-cumulus*, qui tantôt finissent par laisser tomber la pluie ou la neige, ou se dissipent au bout de quelque temps.

La vraie direction originale du fœhn est difficile à établir à cause des déviations que les vents subissent dans les vallées ; cependant, en examinant bien toutes les données, on arrive à la conclusion que *le fœhn souffle en réalité depuis le sud-est jusqu'au sud*. La transparence de l'air pendant le fœhn est tantôt très-grande, tantôt il fait apparaître tous les objets éloignés comme sous un voile. Voici la définition, d'après M. Wild, du fœhn : *C'est un vent violent, venant du sud-est ou du sud, qui élève considérablement la température de l'air, en diminue la pression, qui couvre le ciel en partie de nuages, mais qui, dans le fond des vallées, dessèche l'air d'une manière très-forte.*

Avec cette définition, M. Wild trouve le fœhn dans plusieurs endroits où son nom n'est pas connu, comme par exemple à Brienz, tandis que dans d'autres endroits on appelle fœhn aussi d'autres vents, surtout le courant équatorial. *La seule station de l'autre côté des Alpes dont l'observateur note parfois le fœhn, est Castasegna, mais le vent qu'il appelle ainsi n'a rien à faire avec le vrai fœhn, c'est un vent nord-est sec, mais peu chaud et qui fait*

monter le baromètre ; deux cas seulement, parmi les sept où on a noté foehn à Castasegna, coïncident avec le vrai foehn dans sa région spéciale. Cette région comprend : *la partie inférieure de la vallée du Rhin antérieur, le Prättigau, la vallée du Rhin depuis Coire jusqu'à Altstätten, les cantons d'Appenzell, Glaris, Uri, Schwytz, la moitié orientale d'Unterwalden et en partie l'Oberland bernois et la vallée supérieure du Rhône.* Dans des cas rares en font partie : l'Engadine, Saint-Gall, une partie de Thurgovie et de Zurich, Zug, en partie Lucerne, la vallée de l'Aar jusqu'à Berne et celle du Rhône jusqu'à Bex. Plus rarement encore, le foehn s'étend sur la Suisse occidentale.

*Les saisons du foehn sont essentiellement l'automne, l'hiver et le printemps ; en été il est plus rare et en même temps moins violent et moins étendu.* Sa fréquence varie considérablement d'année en année ; en 1866, on a compté dix-sept cas de foehn, et vingt seulement dans les deux années de 1864-65.

Dans le reste de la Suisse, les stations situées au nord et nord-ouest de la région du foehn montrent, pendant que ce vent y règne, également un abaissement du baromètre et une élévation du thermomètre avec un vent humide venant du sud-ouest plutôt que du sud-est. Quelquefois ce vent, qui en été est accompagné d'orages, commence par être sec et reste tel jusqu'au bout ; dans ce cas, c'est le foehn qui s'étend sur presque tout le versant nord de nos Alpes. Enfin, on observe quelquefois à la surface le vent nord-est, tandis que les nuages vont avec le sud-ouest. *Sur le versant sud des Alpes on trouve invariablement, pendant que le foehn souffle dans sa région, un air humide, voire même des chutes abondantes de pluie ou de neige ; dans*

*deux cas seulement on a observé au sud et sur la hauteur des Alpes des indices de sécheresse au commencement des vents sud ou sud-ouest qui amenaient la pluie.* Une seule fois pendant ces trois ans la neige qui tombait sur les passages des Alpes était colorée d'une poussière rouge.

Tous ces faits indiquent déjà la connexité étroite qui doit exister entre le fœhn et le courant équatorial ou vent alizé supérieur descendant dans nos latitudes à la surface. M. Wild démontre à l'évidence cette connexité en examinant au moyen des bulletins météorologiques de l'Observatoire de Paris l'état atmosphérique dans le reste de l'Europe, surtout en Italie et en France ; *car il trouve que nous avons régulièrement le fœhn dans les Alpes, lorsqu'une tempête équatoriale tournoyante arrive depuis l'Irlande ou le golfe de Gascogne ou enfin par l'Espagne dans la Méditerranée, de façon qu'on observe sur les côtes de la Provence et dans l'Italie supérieure des vents de sud-est.* M. Wild a pu ainsi, au moyen des bulletins de Paris, indiquer les jours où, en 1866, le fœhn a dû souffler en Suisse, et sans exception, ces jours se trouvaient désignés dans les observations suisses comme jours de fœhn. Si la tempête équatoriale attaque l'Europe en Irlande, on a dans la Suisse occidentale un vent sud-ouest humide ; si la tempête nous arrive par le golfe de Gascogne, ce courant montre, dans le Jura et la plaine suisse, de la sécheresse au commencement ; si enfin le courant équatorial atteint la Méditerranée par l'Espagne, le fœhn souffle sur presque toute la Suisse au nord des Alpes.

On voit donc que ces résultats que M. Wild a déduits des observations, sans se laisser guider par aucune opinion préconçue, appuient complètement l'idée fondamentale de Dove que le fœhn est d'origine atlantique, un cou-

rant équatorial. Mais M. Wild va encore plus loin que le grand météorologiste allemand qu'il combat ; il conteste que l'air sec que nous amène le föhn provienne du Sahara, dont le courant ascendant, déversé d'abord dans la hauteur vers l'ouest, serait détourné ensuite et amené jusque chez nous par le courant équatorial ; car il montre que tous les föhns qui apparaissent secs de notre côté, ont déposé sur le versant sud et sur les cols des Alpes d'énormes masses de neige et de pluie, et que la poussière rouge est toujours tombée avec un air humide, *de sorte qu'il faut admettre que dans la plupart des cas le courant équatorial humide se transforme en föhn sec, en passant les Alpes.*

M. Wild explique cette transformation comme M. Hann, par cette loi de la physique établissant que l'air, lorsqu'il est comprimé, s'échauffe et qu'il se refroidit lorsqu'il se dilate ; une diminution de volume de  $\frac{1}{7}$ , comporte une élévation de température de  $20^{\circ}$ . M. Wild applique cette théorie au föhn du 23 septembre 1866. Le courant équatorial arrive au sud des Alpes, par exemple à Faïdo, presque saturé à  $14^{\circ}$  de température, par conséquent avec une tension de vapeur de  $12^m$ . En s'élevant jusqu'au col du Saint-Gotthard, la pression que cet air subit diminue de  $700^m$  à  $600^m$  ; nous le retrouvons en haut avec une température de  $5^{\circ}$  ; il y a donc eu un abaissement de  $9^{\circ}$  seulement au lieu de  $20^{\circ}$ , et cela par suite de la chaleur latente devenue libre par suite de la condensation continue de la vapeur, qui résulte de ce que à  $5^{\circ}$  l'air saturé ne peut contenir que de la vapeur d'une tension de  $6\frac{1}{2}^m$ , de sorte que tout le reste doit tomber sous forme de neige ou de pluie. M. Wild rappelle ensuite le fait que lorsqu'on fait passer sur un espace enfermé latéralement

et ouvert en haut, un fort courant d'air, il s'y produit une dilatation de l'air, et chose pareille arrive d'après M. Wild, pour l'air enfermé dans nos vallées, lorsqu'une tempête passe sur les montagnes; il s'y produira une dilatation de l'air, marquée par un abaissement du baromètre, et qui a pour conséquence d'aspirer le courant d'en haut et de faire tomber ainsi le vent dans la vallée. De l'air qui avait au Saint-Gotthard 5°, en descendant jusqu'à Altdorf, devrait s'échauffer de 24°, et en effet on observe dans cette station 26°, trois de moins seulement que n'indique la théorie. Mais à 26° l'air peut contenir de la vapeur jusqu'à 25<sup>mm</sup> de tension, et comme il n'avait plus au Saint-Gotthard que 6  $\frac{1}{2}$  mm, l'air devrait donc arriver à Altdorf avec une humidité relative de 25‰, c'est-à-dire excessivement sec; en réalité on a observé seulement 45‰, de sorte que la théorie suffit et au delà pour rendre compte de la sécheresse du föhn.

Pour corroborer sa théorie, M. Wild explique que si le courant équatorial atteint l'Europe sur les côtes de la Scandinavie et nous arrive par l'Allemagne avec le côté sud ou sud-est du tourbillon, sous forme d'un vent humide du nord-ouest ou ouest, il devrait, en passant les Alpes, produire le même effet que le föhn, en sens opposé, c'est-à-dire on devrait observer de ce côté des Alpes de fortes pluies, et de l'autre côté un vent sec et chaud soufflant du nord. M. Wild a trouvé, en effet, dans les observations des trois ans, six cas de ces *Föhn du nord*, comme il les appelle, surtout en novembre 1866.

Dans le cas seulement où le tourbillon équatorial entre par l'Espagne dans la Méditerranée, il passe assez près de l'Afrique pour emporter et nous amener de l'air du

courant ascendant du Sahara, chargé de poussière; c'était le cas du föhn des 21 et 22 février 1864.

M. Wild résume son étude en ces termes : *Le föhn, tout en étant bien un vent sec, n'est en aucun rapport direct avec le Sahara ; il doit plutôt son origine au passage du courant équatorial humide ordinaire à travers les Alpes.*

Ce résultat donne donc raison à MM. Escher et Desor, lorsqu'ils réclament une sécheresse extraordinaire comme caractéristique du föhn, mais il donne raison aussi à MM. Dove, Hann et Mühry, en le faisant venir non pas du Sahara, mais de l'Atlantique ; selon M. Wild, le föhn n'est qu'une modification du grand courant équatorial, produite par le passage des Alpes.

Bien que M. Wild soit ainsi d'accord avec M. Dove sur le point essentiel de l'origine du föhn, il ne donne point complètement tort à M. Escher quant à l'influence du Sahara sur l'extension des glaciers des Alpes. Car si le föhn se rattache aux tourbillons équatoriaux, qui, d'après Dove lui-même, doivent leur origine à l'irruption, du côté ouest, du courant ascendant du Sahara dans le vent alizé supérieur, la submersion du Sahara pourrait faire cesser les föhn. Il faudrait en tout cas, d'après M. Wild, des recherches ultérieures sur le rôle météorologique du Sahara, avant de pouvoir se décider sur l'hypothèse d'Escher au sujet de la relation entre l'époque glaciaire et le désert. Cette hypothèse n'est, du reste, qu'un cas spécial de la théorie générale émise en 1830 déjà par Lyell, qui explique tous les changements de climat par des modifications qui surviennent dans la distribution des continents et des mers. Puisqu'on voit actuellement sous la même latitude des différences de 10° dans la tem-

pérature moyenne, comme conséquence de la configuration des continents et de la direction des courants océaniques et atmosphériques qui en résultent, on peut très-bien admettre que pour la même raison la température de ces régions ait été autrefois de 15° plus bas que dans l'époque actuelle. M. Wild adopte sous ce rapport le résultat négatif auquel j'étais parvenu dans mes recherches sur les causes cosmiques des changements de climat.

En résumé, M. Wild constate comme un fait la sécheresse du *föhn*; il lui revendique avec Dove une origine atlantique, l'explique avec Hann par l'action de la chaîne des Alpes sur le courant équatorial, et ne reconnaît qu'hypothétiquement une influence secondaire du Sahara sur le *föhn* et l'époque glaciaire, en admettant que c'est le courant ascendant qui s'élève sur le désert, qui, en faisant irruption dans le vent alizé supérieur, produit les tempêtes tournoyantes dans le courant équatorial.

Bien que, comme nous venons de le voir, MM. Wild et Dove soient parfaitement d'accord sur le fond de la question, c'est-à-dire sur l'origine atlantique du *föhn*, M. Dove a fait paraître au commencement de l'année une nouvelle brochure: « *Le Föhn suisse,* » comme complément du mémoire antérieur. Comme cette brochure contient moins une nouvelle discussion du sujet qu'une polémique et une défense contre plusieurs reproches de M. Wild, nous nous bornerons à relever quelques points. Ainsi M. Dove rappelle que déjà dans son ouvrage « sur la distribution de la chaleur à la surface de la terre, » qui a paru en 1852, il avait expliqué comment un vent, qui est humide d'un côté d'une montagne, peut devenir

sec après l'avoir franchie, et que même déjà dans le « *Climat de Berlin*, » qui a paru en 1842, il avait expliqué la descente et la dissolution des nuages vers le soir par le fait que l'air, en descendant, s'échauffe et se dessèche. Les deux savants sont donc d'accord également sur ce point théorique qui est un des plus importants et des plus difficiles du problème. Seulement, M. Dove n'admet pas que cette origine pour ainsi dire locale soit la seule qu'on puisse donner du föhn, mais qu'exceptionnellement, comme dans le cas du 17 juillet 1841, cité par M. Denzler, un vrai vent du désert peut arriver jusqu'aux Alpes; il rappelle sous ce rapport que Heer a démontré pour la poussière brune tombée le 16 février dans les Alpes, qu'elle provenait du Vésuve. On voit donc que les rôles sont parfaitement intervertis et que c'est maintenant M. Dove qui défend l'origine saharienne de certains föhns exceptionnels <sup>1</sup>.

Après avoir ainsi analysé les principaux travaux qui ont paru sur le föhn, nous résumerons en quelques mots les faits essentiels et les opinions principales, dont ils ont enrichi l'étude de cette question.

1° Le föhn est un vent local qui règne sur un terrain restreint au nord de la chaîne des Alpes; dans le sens longitudinal des Alpes, cette région s'étend ordinairement de la vallée du Rhin jusqu'à la vallée supérieure du Rhône, et exceptionnellement depuis Salzbourg à Genève; dans le sens transversal elle est limitée au sud par la chaîne principale des Alpes, car on ne l'a jamais

<sup>1</sup> L'auteur passe ici à l'analyse du mémoire de M. Dufour que nous supprimons pour arriver immédiatement au résumé. (Réd.)

observé sur le versant sud de la chaîne, ni même d'une manière précise sur les hauteurs. Vers le nord le foehn ne s'éloigne des Alpes que jusqu'au Schwarzwald ou à la Rauhe-Alp.

2° Ordinairement, le foehn est précédé et accompagné de chutes copieuses de neige et de pluie qui tombent sur la hauteur et sur le versant méridional des Alpes.

3° Presque toujours, lorsque le foehn souffle dans les vallées septentrionales des Alpes, il règne dans l'Europe occidentale et souvent dans la Méditerranée et en Italie, un vent équatorial sud-ouest très-fort.

4° Jusqu'à présent on n'a constaté qu'en deux cas, le 17 juillet 1841 et le 23 septembre 1866, une coïncidence du foehn en Suisse avec un vent du désert au nord de l'Afrique; dans ce dernier cas, l'absence de toute trace du passage de ce vent en Italie et dans la Méditerranée, ainsi que la simultanéité absolue du minimum barométrique, soulèvent des doutes sur la réalité des rapports entre les deux perturbations atmosphériques.

5° Tous les auteurs sont d'accord pour rattacher le foehn aux tempêtes sud-ouest qui nous viennent de l'Atlantique. Les uns, comme MM. Hann et Wild, l'envisagent comme une forme spéciale du vent équatorial ordinaire, modifié par le passage sur les Alpes; ils expliquent sa température élevée par la compression que l'air subit en tombant depuis la hauteur dans les vallées, et sa sécheresse par le fait que cet air, après avoir condensé dans la basse température des hauteurs la plus grande partie de la vapeur qu'il contenait, en s'échauffant après par la descente, ne peut montrer qu'une humidité relative très-faible. Les autres, comme MM. Dove et Dufour, tout en admettant qu'on peut ainsi expliquer les traits caracté-

ristiques du föehn par les lois ordinaires de la physique et rendre compte de la transformation du vent atlantique humide en föehn sec et chaud par son passage à travers les Alpes, soutiennent cependant la possibilité que, dans certains cas, le föehn nous amène de l'air venu directement du désert; alors le courant ascendant du Sahara, qti se déverse ordinairement sur l'Asie, est dévié exceptionnellement soit par un appel causé par une dépression barométrique au nord-ouest de l'Europe (d'après Dufour), soit par un courant oriental venant de l'Asie, qui force l'air saharien de faire irruption dans le vent alizé supérieur et produit ainsi les Leste-Föehns (d'après Dove).

6° On n'attribue au désert du Sahara, soit pour l'origine du föehn, soit pour le régime des glaciers des Alpes, qu'une importance indirecte et exceptionnelle.

Le dernier mot dans cette question complexe ne pourra être prononcé qu'après avoir étudié encore plus en détail des cas nombreux de föehn par les observations météorologiques non-seulement de la Suisse, mais de toute l'Europe et de l'Afrique, d'après l'exemple donné par M. Dufour.

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

TRÈVES. CHANGEMENT MOLÉCULAIRE PRODUIT PAR LE MAGNÉTISME  
DANS DES BARREAUX D'ACIER. (*Comptes rendus de l'Académie  
des Sciences*, août 1868, p. 321.)

Il y a plus de vingt ans qu'un grand nombre de physiciens et entre autres MM. Beatson, Joule, Wertheim et de la Rive, ont montré sous différentes formes l'influence qu'exerce l'aimantation sur la constitution moléculaire du fer et de l'acier.

Les vibrations que détermine dans des tiges et des fils d'acier ou de fer doux, la succession alternative d'aimantations et de désaimantations, les modifications qu'apporte l'aimantation à l'élasticité et même aux dimensions de ces mêmes métaux, ont conduit à admettre que le développement du magnétisme consiste dans une direction commune imprimée aux particules des métaux magnétiques et, par conséquent, dans un changement qu'éprouve l'arrangement des molécules; conséquence vérifiée directement par un grand nombre de recherches et notamment par celles de M. Wiedemann<sup>1</sup>. Voici un fait nouveau qui vient confirmer d'une manière remarquable cette manière de voir; il est tiré du numéro du 3 août 1868 des *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, page 321.

• M. Trèves a été conduit à rechercher le changement d'état moléculaire qui se produit dans un barreau d'acier, lorsqu'on le soumet à une action magnétique.

<sup>1</sup> Voyez le *Traité d'Électricité*, de M. de la Rive, tome I, p. 297 et suivantes.

« Il a disposé, à ce sujet, l'expérience suivante : il choisit deux diapasons d'acier identiques, à l'unisson par conséquent; il les arme de miroirs d'après la méthode de M. Lissajous, et les place en regard l'un de l'autre dans deux plans perpendiculaires entre eux. L'un d'eux est entouré d'une forte bobine, dans le fil de laquelle peut passer le courant d'une pile à acide azotique de huit éléments.

« Si l'on donne un coup d'archet à chacun d'eux, les vibrations commencent, et, comme les diapasons sont à l'unisson, la figure reflétée dans le second miroir est un cercle lumineux parfaitement fixe. En aimantant subitement le diapason placé au milieu de la bobine, le cercle lumineux s'incline tout à coup, se transforme en ellipse, se balance à droite et à gauche, avec une vitesse qui donne la mesure du mouvement vibratoire nouveau.

« Les diapasons employés donnaient 136 vibrations simples à la seconde, et l'on a constamment remarqué que, dans l'espace de 6 secondes, il se produisait une vibration; ce qui revient à dire que, dans une seconde, le diapason subitement aimanté donnait  $136 \frac{1}{6}$  vibrations. Si l'on ouvre le courant, c'est-à-dire si l'on rend le diapason à son état naturel, la figure cesse de se mouvoir et redevient un cercle fixe.

« Dès 1847<sup>1</sup>, M. Joule, en opérant sur des barres ainsi que sur des fils de fer doux et d'acier tendus ou non tendus, avait déjà observé les changements de longueur et de volume qu'ils subissent lors de l'aimantation; la disposition précédente peut être également utilisée pour cette étude, et M. Trèves se propose de se servir de cette méthode optique, ainsi que du tracé graphique des vibrations, pour observer ces effets dans le fer et l'acier suivant leur composition et leur état physique. »

<sup>1</sup> *Philosophical Magazine.*

**J. STEFAN. APPLICATION DES VIBRATIONS DE BARRES COMPOSÉES A LA DÉTERMINATION DE LA VITESSE DU SON. (*Comptes rendus de l'Académie Impériale de Vienne* du 30 avril 1868.)**

La méthode imaginée par Chladni, pour déterminer la vitesse du son à travers des barres métalliques d'après leurs vibrations longitudinales, n'est pas applicable aux corps qui n'ont pas la forme de barres allongées et qu'on ne peut faire résonner par le frottement. L'auteur propose pour ce dernier cas le procédé suivant.

On donne au corps soumis à l'expérience la forme d'une barre de petite dimension qu'on assujettit à une barre plus longue en bois ou en verre à laquelle il est facile de faire rendre un son. On fait résonner par le frottement cette barre composée, et on détermine ainsi le nombre de vibrations de la note fondamentale ou d'une note plus aiguë. Supposons donc connue la vitesse du son à travers la barre la plus longue, l'auteur en déduit sa vitesse à travers la barre la plus courte par une formule, il faut le reconnaître, un peu compliquée.

En employant la méthode ci-dessus, M. Stefan a fait entre autres les observations suivantes. Il a trouvé la vitesse du son à travers la cire égale à 730 mètres par seconde à la température de 20° C., soit un peu plus du double de sa vitesse à travers l'air. Cette vitesse diminue rapidement à mesure que la température s'élève, à tel point qu'une élévation de température de 1° correspond à une diminution de vitesse de 40 mètres. A la température de 30°, la vitesse du son à travers la cire est la même qu'à travers l'air.

La vitesse du son à travers la graisse à la température de 20° n'est que la moitié de cette même vitesse à travers la cire. Elle diminue un peu plus vite que dans le cas de la cire à mesure que la température de la graisse s'élève. La vitesse du son à travers le caoutchouc a varié de 30 à 60 mètres

suivant la consistance de celui-ci. Plus le caoutchouc est tendre, moins la vitesse du son est considérable.

Ces résultats rappellent ceux de M. Helmholtz sur la vitesse de la propagation de l'irritabilité nerveuse, et sont compris entre les mêmes limites que la vitesse du son à travers le caoutchouc ramolli. Ils ont suggéré à l'auteur la pensée que la vitesse de propagation de l'irritabilité nerveuse coïncide peut-être avec celle du son, et qu'il est possible de propager l'irritabilité nerveuse suivant des ondes longitudinales.

---

### CHIMIE.

**E. FRANKLAND. SUR LA COMBUSTION DE L'HYDROGÈNE ET DE L'OXYDE DE CARBONE DANS L'OXYGÈNE SOUS UNE FORTE PRES-  
SION. (*Proceedings of the Royal Society*, juin 1868.)**

L'auteur, dans une précédente communication relative à l'effet produit par une diminution de pression sur quelques-uns des phénomènes de la combustion, est arrivé à conclure que le décroissement du pouvoir éclairant est directement proportionnel à la diminution de la pression atmosphérique. Des expériences subséquentes ont conduit M. Frankland à révoquer en doute la théorie généralement reçue, que la lumière des flammes, provenant soit de la combustion des gaz, soit de celle d'autres substances, serait due à la présence de particules solides. Le physicien anglais cite, en effet, des exemples nombreux de flammes très-lumineuses, dans lesquelles il est impossible d'admettre la présence de ces particules. C'est ainsi qu'il fait remarquer que la flamme de l'arsenic métallique brûlant dans l'oxygène, émet une lumière blanche excessivement vive, sans qu'on puisse admettre la présence dans cette flamme de particules solides, puisque l'arsenic métallique se volatilise à 180° C., et le produit de sa combustion, l'acide arsénieux anhydre, à 218°. Or, comme on le sait, la température de l'incandescence des so-

lides est de  $500^{\circ}$  au moins. De même, si on fait brûler dans l'oxygène de la vapeur de bisulfure de carbone, la flamme produite est d'un éclat presque insupportable. Cependant, il ne peut exister de la matière fuligineuse dans aucune portion de cette flamme, et le point d'ébullition du soufre ( $440^{\circ}$ ) étant au-dessous de la température de l'incandescence, la présence de particules solides est aussi inadmissible. En substituant dans cette dernière expérience à l'oxygène du gaz oxyde nitrique, le résultat reste le même, à tel point que la flamme excessivement lumineuse produite par la combustion des composés ci-dessus est assez riche en rayons réfrangibles, pour qu'on ait pu s'en servir pour la production de photographies instantanées, et aussi pour montrer le phénomène de la fluorescence.

L'auteur conclut de ces expériences et d'autres de même nature, que la source de la lumière dans la flamme des gaz et des bougies ne dépend pas de la présence de particules incandescentes de carbone, mais est due aux radiations des vapeurs denses, bien que transparentes, d'hydrogène carboné. Il en tire encore la conséquence que les gaz et les vapeurs d'une densité comparativement forte deviennent lumineux à des températures beaucoup plus basses que les fluides aériformes d'une densité relativement moindre, et il montre que ce résultat est indépendant, sinon en entier, au moins en grande partie de la nature des gaz en question; puisque des gaz d'une densité faible, et qui sont très-peu lumineux lorsqu'on les fait brûler sous la pression ordinaire de l'atmosphère, émettent une vive lumière lorsqu'ils sont comprimés. C'est ainsi qu'un mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone qui ne produit qu'une très-faible lumière, lorsqu'on l'enflamme à l'air libre, brûle avec une lumière très-éclatante, lorsqu'on l'enflamme dans un vase clos de manière à l'empêcher de se dilater au moment de la combustion.

L'auteur a appliqué récemment ces données à la combustion dans l'oxygène de jets d'hydrogène et d'oxyde de car-

bone sous une pression graduellement croissante jusqu'à ce qu'elle eût atteint vingt atmosphères. Les expériences ont été faites au moyen d'un fort vase de fer muni d'une plaque épaisse en verre d'un diamètre suffisant pour rendre facile dans chaque cas un examen optique de la flamme. Voici quelques-uns des résultats les plus remarquables auxquels il est arrivé.

Tout le monde connaît la faible lueur que fournit la flamme d'hydrogène brûlant dans de l'oxygène à la pression ordinaire de l'atmosphère. En portant cette pression à deux atmosphères, le faible éclat de la flamme d'hydrogène est déjà notablement accru; en portant la pression à dix atmosphères, la lumière émise par un jet d'hydrogène d'un pouce de long suffit pour permettre de lire sans difficulté à une distance de deux pieds de la flamme, et cela sans l'aide d'un réflecteur. Examiné au spectroscope, le spectre de cette flamme est brillant et parfaitement continu du rouge au violet.

La flamme de l'oxyde de carbone, déjà plus lumineuse qu'une flamme d'hydrogène de même longueur à la pression ordinaire, devient infiniment plus brillante que celle-ci sous la pression de dix atmosphères. On sait que le spectre de l'oxyde de carbone brûlant à l'air libre est un spectre continu. Brûlant dans l'oxygène sous une pression de quatorze atmosphères, la flamme de l'oxyde de carbone fournit un spectre excessivement brillant et parfaitement continu.

S'il est vrai que les gaz denses à l'état d'ignition émettent plus de lumière que les gaz d'une pesanteur spécifique moindre, le passage d'une étincelle électrique à travers des gaz différents devrait produire un degré de lumière proportionné à la densité du gaz soumis à l'expérience. L'auteur a remarqué qu'il en était effectivement ainsi, et qu'une étincelle électrique qu'on fait passer dans les mêmes conditions à travers le gaz hydrogène, l'oxygène, le chlore et l'acide sulfureux anhydre, émet une lumière d'une intensité faible

dans le cas de l'hydrogène, plus vive dans le cas de l'oxygène, et très-considérable dans le cas du chlore et de l'acide sulfureux anhydre. Lorsqu'on renferme ce dernier gaz à l'état liquide dans un fort tube de verre muni de fils de platine, et qu'on élève ensuite sa température jusqu'à ce que la pression intérieure équivaille à trois ou quatre atmosphères, le passage d'étincelles d'induction à travers le gaz ainsi condensé est accompagné de brillants éclats de lumière. Il en est de même si on fait passer un courant d'étincelles d'induction à travers de l'air qu'on condense graduellement à deux ou trois atmosphères dans un tube de verre. On remarque, à mesure que la condensation avance, une intensité toujours croissante dans l'éclat des étincelles, et l'inverse à mesure que l'air reprend sa densité ordinaire.

L'arc électrique, produit par cinquante éléments de la pile de Grove, est incomparablement plus brillant lorsqu'on interpose entre les pointes de charbon de la vapeur de mercure à la place d'air atmosphérique. Ci-joint les densités relatives des gaz et vapeurs sur lesquels ont porté les expériences de M. Frankland.

Hydrogène . . . . .	1.
Air atmosphérique . . . . .	14.5
Oxygène . . . . .	16.0
Acide sulfureux anhydre . . . . .	32.0
Chlore . . . . .	35.5
Mercure . . . . .	100.0

L'auteur termine en faisant remarquer que les résultats ci-dessus sont évidemment liés aux opinions généralement reçues sur la constitution du soleil, des étoiles et des nébuleuses, résultats sur lesquels il se propose de revenir.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR****PENDANT LE MOIS D'AOUT 1868.**

- 
- Le 1<sup>er</sup>, 2, 3, 4, rosée le matin; hâle très-prononcé toute la journée; le 4, éclairs à l'horizon Sud depuis 7 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h.; à 8 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> h. on commence à entendre le tonnerre du côté du Sud, l'orage passe du Sud au Nord, et à 10 h. 10 m. on entend encore le tonnerre au Nord.
- 7 et 8, forte rosée, hâle toute la journée.
- 9, rosée le matin; dans la soirée, de 8 à 10 h., éclairs dans la partie orientale de l'horizon.
- 10, hâle; le soir éclairs depuis 8 h.; éclairs et tonnerres au NE. depuis 8 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 9 <sup>1</sup>/<sub>4</sub> h.
- 12, deux coups de tonnerre à 5 h. 40 m. et 48 m.; l'orage passe du Sud à l'Est au SE. de l'Observatoire.
- 13, à 9 h. faible halo solaire; de 3 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> h. à 4 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. éclairs et tonnerres provenant de deux nuages orageux, dont le premier suit la direction de l'Ouest au NE.; le second, dont les décharges électriques se font entendre seulement depuis 4 h. au SE., rejoint le premier au NE. en passant à l'Est de l'Observatoire; fort coup de vent du SO. à 3 h. 42 m.
- 14, éclairs au NE. depuis 9 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h.; à 10 h. 25 m. un coup de tonnerre. Plus tard dans la nuit, entre 1 h. et 2 h. du matin, quelques coups de tonnerre du côté de l'Est.
- 16, à 11 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> h. du soir, coups de vent du SSO. très-violents qui durent pendant une heure.

- Le 19, de 3 h. à 3 <sup>1</sup>/<sub>4</sub> h. quelques coups de tonnerre au Sud, l'orage passe du Sud au NE.
- 22, halo solaire partiel de 9 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 1 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. ; couronne solaire dans l'après-midi.
- 24, forte rosée le matin; halo solaire partiel de midi à 2 h. ; plus tard couronne solaire.
- 25, halo solaire de 10 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 4 <sup>1</sup>/<sub>4</sub> h., tantôt complet et beau, tantôt partiel.
- 26, de 9 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> h. à 10 h., on voit l'arc tangent supérieur au halo ordinaire ; halo solaire partiel de 11 h. à 1 h.
- 27, 28, 29, 30, 31, hâle très-prononcé pendant presque toute la journée, avec une intensité variable ; forte rosée le 27, 28, 29 et 31. Le 31 couronne lunaire de 6 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> h. à 7 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 à 8 h. matin .....	731,41	Le 4 à 5 h. soir .....	723,66
9 à 8 h. matin .....	732,56	13 à 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> h. soir .....	718,65
15 à 8 h. matin .....	725,86	17 à 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> h. soir .....	720,79
21 à 8 h. soir .....	729,21	22 à 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> h. soir .....	722,35
27 à 10 h. matin .....	733,19	29 à 4 h. soir .....	730,19

GENEVE. — AOUT 1868.

Jours de l'année	Baromètre.			Température C.			Tension de la vap.			Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou orage.			Vent dominant.		Clairé.		Temp. du Rhodan.	
	Hauteur moy. des 24 h.	Ecart avec la normale	Moyenne des 24 heures	Ecart avec la temp. normale.	Minimum.	Maximum.	Moy. des 24 h.	Ecart avec la tension normale.	Minimum.	Maximum.	Ecart avec la fraction norm.	Moy. des 24 h.	Minimum.	Maximum.	Nombre d'h.	N.	S.	0	0	100	100
1	730,33	+ 2,26	+ 19,73	+ 1,08	13,2	+ 24,2	11,48	+ 0,73	500	850	0	500	850	...	N.	2	0,07	20,3	+	1,8	208
2	728,71	+ 0,64	+ 19,49	+ 0,88	15,0	+ 25,0	10,42	- 0,32	420	800	39	420	800	...	N.	1	0,03	—	—	—	207
3	727,13	- 0,94	+ 20,15	+ 1,58	13,0	+ 25,4	11,00	+ 0,26	480	710	53	480	710	...	N.	1	0,03	90,4	+	1,9	206
4	725,70	- 2,37	+ 20,23	+ 1,70	13,2	+ 26,2	11,24	+ 0,51	460	910	29	460	910	4 1/2	N.	1	0,58	20,8	+	2,3	204
5	725,13	- 2,94	+ 17,47	+ 1,02	13,5	+ 20,7	12,61	- 1,80	866	970	179	700	970	2 1/2	variable	1	0,89	20,1	+	1,6	203
6	725,89	- 2,17	+ 18,94	+ 1,02	14,9	+ 24,0	12,61	- 1,90	772	920	81	370	920	0,2	variable	1	0,72	19,3	+	0,8	205
7	727,87	- 0,19	+ 20,88	+ 2,48	13,6	+ 29,8	13,19	- 2,49	731	940	42	430	940	...	variable	1	0,28	19,9	+	1,4	206
8	730,24	+ 2,18	+ 22,57	+ 4,22	15,2	+ 35,2	13,98	- 3,20	698	840	8	490	840	...	N.	1	0,18	20,3	+	1,8	207
9	731,47	+ 3,41	+ 22,62	+ 4,32	16,2	+ 38,7	15,28	+ 4,60	734	920	63	520	920	...	N.	1	0,16	—	—	—	208
10	728,80	+ 0,74	+ 23,90	+ 5,06	17,3	+ 32,6	13,53	+ 2,86	637	860	56	340	860	...	NNE.	1	0,50	21,6	+	3,1	209
11	723,37	- 4,68	+ 22,52	+ 4,34	15,2	+ 31,5	12,42	- 1,76	631	860	61	380	860	1,0	SNO.	2	0,48	22,8	+	4,2	209
12	723,03	- 5,02	+ 21,02	+ 2,90	18,0	+ 25,4	13,95	- 3,30	772	73	73	600	870	...	NNE.	1	0,48	21,8	+	3,2	209
13	720,68	- 7,37	+ 19,46	+ 1,40	15,7	+ 27,0	12,67	- 2,04	778	79	79	470	960	4,8	variable	5	0,78	22,5	+	5,9	210
14	723,88	- 4,16	+ 19,19	+ 1,20	15,6	+ 23,6	12,91	- 2,30	835	84	84	510	910	0,2	N.	1	0,68	21,4	+	2,8	210
15	725,04	- 3,00	+ 20,75	+ 2,83	16,8	+ 25,6	14,95	- 4,33	831	128	128	700	930	0,2	N.	1	0,61	22,0	+	3,4	214
16	723,97	- 4,06	+ 21,96	+ 4,41	16,2	+ 28,4	14,92	+ 4,31	771	65	65	510	910	0,2	N.	1	0,82	—	—	—	214
17	722,66	- 5,35	+ 16,66	- 1,44	13,4	+ 23,7	11,84	+ 1,23	856	149	149	610	980	22,4	variable	7	0,76	20,2	+	2,2	215
18	722,66	- 5,35	+ 18,13	+ 0,47	14,5	+ 22,4	11,32	+ 0,78	743	34	34	600	870	...	SNO.	2	0,90	16,8	+	2,3	219
19	726,23	- 1,77	+ 17,88	+ 0,27	14,5	+ 25,7	10,34	- 0,18	697	14	14	520	800	4,9	SNO.	1	0,70	13,6	+	4,9	223
20	728,21	+ 0,22	+ 15,97	- 1,48	13,6	+ 22,0	10,31	- 0,19	723	10	10	510	910	0,5	SNO.	1	0,84	14,9	+	3,6	233
21	728,82	+ 0,85	+ 15,97	- 1,48	14,3	+ 22,5	10,31	- 0,68	846	131	131	680	950	6,7	SNO.	1	0,97	15,2	+	3,3	222
22	725,38	- 2,57	+ 17,05	- 0,31	13,9	+ 20,1	10,29	- 0,17	731	14	14	540	910	4,8	SNO.	1	0,81	16,2	+	2,3	220
23	725,26	- 2,67	+ 15,82	- 1,45	12,5	+ 20,1	7,51	- 2,93	596	123	123	410	720	...	SNO.	1	0,68	—	—	—	219
24	726,63	- 1,28	+ 16,37	- 0,81	9,7	+ 21,7	8,93	- 1,49	662	59	59	460	890	1,3	SNO.	1	0,63	14,4	+	4,3	217
25	729,05	+ 1,17	+ 15,19	+ 0,88	14,4	+ 22,2	10,01	- 0,39	673	50	50	510	860	...	SNO.	1	0,62	12,8	+	5,6	216
26	732,05	+ 4,20	+ 17,97	+ 1,80	9,8	+ 20,0	8,87	- 1,51	709	16	16	470	910	...	N.	1	0,28	16,1	+	2,3	215
27	732,30	+ 4,48	+ 15,77	- 1,12	8,5	+ 22,3	10,39	+ 0,03	782	54	54	550	970	...	N.	1	0,08	17,8	+	0,6	212
28	732,98	+ 4,49	+ 17,67	- 0,88	10,4	+ 25,2	9,78	- 0,55	671	60	60	450	970	...	N.	1	0,30	19,1	+	0,8	208
29	730,26	+ 3,20	+ 15,08	+ 1,61	9,9	+ 20,5	7,71	- 2,59	634	100	100	440	940	...	N.	1	0,16	19,3	+	1,0	206
30	731,07	+ 3,34	+ 14,04	- 2,55	10,9	+ 18,5	6,80	- 3,47	602	135	135	420	710	...	NNE.	2	0,27	—	—	—	203
31	731,68	+ 3,98	+ 14,52	- 1,96	6,6	+ 21,7	8,15	- 2,09	689	51	51	420	930	...	NNE.	1	0,13	18,8	+	0,5	200

## MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	728,69	728,82	728,63	728,16	727,66	727,27	727,15	727,70	728,20
2 <sup>e</sup> " .	724,18	724,56	724,42	723,96	723,39	723,11	723,34	724,09	724,28
3 <sup>e</sup> " .	729,75	730,00	729,94	729,60	729,19	729,04	729,10	729,64	729,81
Mois	727,61	727,86	727,74	727,32	726,83	726,56	726,61	727,23	727,51

### Température.

	<sup>0</sup>	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}
1 <sup>re</sup> décade	+16,47	+20,02	+21,73	+23,44	+24,67	+25,33	+23,76	+21,75	+19,78
2 <sup>e</sup> " .	+16,51	+18,55	+20,50	+22,09	+23,36	+23,89	+22,16	+19,84	+18,30
3 <sup>e</sup> " .	+11,74	+15,67	+17,87	+19,36	+20,06	+20,01	+18,35	+16,36	+14,84
Mois	+14,80	+18,00	+19,96	+21,55	+22,61	+22,98	+21,32	+19,22	+17,55

### Tension de la vapeur.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	12,06	12,79	12,65	12,80	12,70	12,34	12,82	13,03	12,69
2 <sup>e</sup> " .	12,48	12,66	12,53	12,24	12,94	12,31	12,45	13,37	13,19
3 <sup>e</sup> " .	9,07	9,77	9,36	8,87	9,09	9,03	8,87	9,35	9,16
Mois	11,13	11,68	11,45	11,22	11,50	11,15	11,30	11,83	11,60

### Fraction de saturation en millimètres.

1 <sup>re</sup> décade	865	711	652	603	555	524	588	679	742
2 <sup>e</sup> " .	889	795	700	617	596	557	626	768	832
3 <sup>e</sup> " .	881	734	612	530	520	518	575	667	730
Mois	878	746	653	582	556	533	595	704	767

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	+14,71	+26,48	0,34	20,34	15,0	206,2
2 <sup>e</sup> " .	+15,35	+25,32	0,71	19,56	34,0	214,4
3 <sup>e</sup> " .	+10,99	+21,34	0,45	16,60	12,8	212,5
Mois	+13,60	+24,28	0,50	18,77	61,8	211,1

Dans ce mois, l'air a été calme 8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,30 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 25°, 8 O., et son intensité est égale à 20,0 sur 100.

**TABLEAU**  
DES  
**OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES**  
FAITES AU SAINT-BERNARD  
pendant  
**LE MOIS D'AOUT 1868.**

- Le 4, à 10 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. du soir, éclairs, tonnerres et un fort orage de grêles et de pluie.  
 5, brouillard la plus grande partie de la journée.  
 6, id. tout le jour.  
 8, id. le soir depuis 8 h.  
 10, à 1 h., tonnerre du côté du Nord, plus pluie pendant <sup>3</sup>/<sub>4</sub> d'heure.  
 11, brouillard à plusieurs reprises.  
 12, id. dans la matinée.  
 13, id. une grande partie de la journée.  
 14, id. le matin à 6 h. et le soir depuis 4 h.  
 15, id. toute la journée.  
 16, id. id.  
 17, id. à 6 h. du matin; grand orage de 7 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> h. à 9 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> h. du matin.  
 18, id. jusqu'à 6 h. du soir.  
 19, id. une grande partie de la journée.  
 20, id. depuis 6 h. du soir.  
 21, id. tout le jour.  
 22, id. à 6 h. du matin.  
 23, id. depuis 6 h. du soir.  
 25, id. à 6 h. matin, à 2 h. de l'après-midi et à 8 h. du soir.  
 26, id. à 6 h. du matin et de 6 h. à 8 h. du soir.  
 28, id. depuis 8 h. du soir.  
 29, id. de 4 h. à 8 h. du soir.  
 30, id. à 4 h. et à 10 h. du soir.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

	MAXIMUM	mm		MINIMUM.	mm
Le 1 à 6 h. soir.....		571,30	Le 6 à 8 h. matin.....		565,32
0 à 2 h. soir.....		574,90	13 à 6 h. soir.....		565,15
16 à 4 h. soir.....		571,08	18 à 6 h. matin.....		563,22
21 à 8 h. soir.....		568,09	23 à 6 h. matin.....		562,66
27 à 10 h. soir.....		572,34	30 à midi.....		567,51

SAINT-BERNARD. — AOUT 1868.

Jours du mois	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.			Vent dominant	Garde moy. du vent.	
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec le baromètre moy. de la journée.	Minimum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.	Hauteur de la neige.	Eau tombée des 24 h.			Nombre d'heures.
1	571.09	+ 2.22	570.62	8.32	0	5.5	+11.3	.....	.....	.....	NE.	0.10
2	570.16	+ 1.60	570.18	+10.34	+ 2.11	7.3	+13.1	.....	.....	.....	NE.	0.03
3	569.35	+ 0.49	569.19	+10.77	+ 4.78	8.3	+13.5	.....	.....	.....	NE.	0.06
4	568.39	+ 0.26	568.04	+10.80	+ 4.22	5.1	+13.8	.....	39.1	.....	NE.	0.64
5	568.22	+ 2.62	565.85	+ 5.38	+ 0.78	3.4	+ 9.1	.....	13.1	.....	NE.	0.93
6	566.46	+ 2.37	565.52	+ 3.96	+ 2.19	3.4	+ 5.7	.....	.....	.....	NE.	1.00
7	569.74	+ 0.33	568.74	+ 8.19	+ 2.07	4.1	+11.0	.....	.....	.....	NE.	0.22
8	572.89	+ 4.10	571.81	+10.88	+ 4.79	7.9	+14.5	.....	.....	.....	NE.	0.30
9	571.67	+ 3.90	571.41	+12.78	+ 6.72	8.9	+16.3	.....	.....	.....	NE.	0.13
10	573.08	+ 4.33	572.16	+10.50	+ 4.17	8.1	+13.8	.....	13.1	.....	NE.	0.67
11	568.66	+ 0.07	567.54	+ 9.37	+ 3.37	7.3	+11.9	.....	4.9	.....	SO.	0.79
12	566.30	+ 3.19	565.15	+ 8.38	+ 2.32	6.9	+10.8	.....	16.0	.....	SO.	0.69
13	565.49	+ 2.30	565.72	+ 7.60	+ 1.71	6.9	+ 9.5	.....	4.3	.....	SO.	0.90
14	566.35	+ 0.69	567.46	+ 6.79	+ 1.92	5.3	+ 9.5	.....	.....	.....	SO.	0.84
15	569.31	+ 2.08	567.81	+ 7.42	+ 0.95	6.3	+ 8.2	.....	.....	.....	SO.	0.99
16	570.67	+ 4.27	569.89	+ 5.07	+ 1.83	7.0	+ 8.8	.....	.....	.....	SO.	0.97
17	564.29	+ 1.20	563.22	+ 5.72	+ 0.57	4.8	+ 8.0	.....	76.3	.....	SO.	0.71
18	564.32	+ 2.02	563.72	+ 4.36	+ 0.03	3.9	+ 8.1	.....	.....	.....	NE.	0.91
19	566.46	+ 0.54	567.79	+ 5.27	+ 1.23	3.0	+ 6.8	.....	7.7	.....	NE.	0.52
20	567.89	+ 0.63	567.79	+ 4.09	+ 0.01	4.0	+ 8.8	.....	.....	.....	NE.	0.63
21	567.70	+ 3.12	564.39	+ 4.76	+ 1.43	3.0	+ 7.3	.....	2.6	.....	NE.	0.93
22	565.23	+ 4.30	563.30	+ 2.52	+ 0.70	2.0	+ 8.3	.....	.....	.....	NE.	0.87
23	566.90	+ 1.72	564.92	+ 3.83	+ 0.30	0.9	+ 4.7	.....	1.5	.....	NE.	0.80
24	568.44	+ 0.24	567.46	+ 5.36	+ 0.29	0.1	+10.1	.....	.....	.....	SO.	0.73
25	568.44	+ 2.41	569.44	+ 5.26	+ 0.06	3.5	+ 8.9	.....	.....	.....	variable	0.81
26	570.56	+ 3.82	571.35	+ 7.20	+ 2.07	2.4	+ 7.9	.....	.....	.....	NE.	0.66
27	571.92	+ 3.49	571.88	+ 6.48	+ 1.43	5.2	+10.1	.....	.....	.....	NE.	0.10
28	571.84	+ 1.42	569.80	+ 3.48	+ 0.99	4.7	+ 9.4	.....	.....	.....	NE.	0.34
29	569.11	+ 0.25	567.51	+ 4.90	+ 2.00	0.3	+ 7.1	.....	.....	.....	NE.	0.53
30	567.68	+ 1.97	568.51	+ 3.80	+ 1.01	0.3	+ 6.9	.....	.....	.....	NE.	0.53
31	569.84	.....	571.00	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	NE.	0.06

## MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	570,08	570,14	570,23	570,29	570,32	570,32	570,37	570,43	570,52
2 <sup>e</sup> "	566,76	566,82	567,01	567,01	567,04	567,07	567,03	567,12	567,31
3 <sup>e</sup> "	567,92	568,10	568,48	568,43	568,44	568,50	568,56	568,76	568,85
Mois	568,24	568,35	568,57	568,57	568,59	568,63	568,65	568,77	568,89

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	+ 6,97	+ 9,18	+ 10,75	+ 12,01	+ 11,51	+ 10,80	+ 9,64	+ 8,68	+ 8,12
2 <sup>e</sup> "	+ 5,81	+ 6,81	+ 7,90	+ 8,52	+ 8,89	+ 8,08	+ 7,49	+ 6,79	+ 6,50
3 <sup>e</sup> "	+ 2,51	+ 4,85	+ 5,44	+ 7,35	+ 7,45	+ 6,58	+ 5,31	+ 4,12	+ 3,66
Mois	+ 5,01	+ 6,88	+ 7,94	+ 9,23	+ 9,22	+ 8,43	+ 7,41	+ 6,45	+ 6,02

	Min. observé.	Max. observé.	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	+ 6,29	+ 12,21	0,42	67,3	—
2 <sup>e</sup> "	+ 5,54	+ 9,04	0,82	109,2	—
3 <sup>e</sup> "	+ 2,05	+ 7,87	0,58	4,1	—
Mois	+ 4,54	+ 9,65	0,61	180,6	—

Dans ce mois, l'air a été calme 22,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,18 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 32,6 sur 100.

\* Voir la note du tableau



# RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1867

POUR GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

**M. E. PLANTAMOUR**

Professeur

---

C'est sous la même forme que pour les années antérieures, que je résumerai les principaux phénomènes météorologiques de l'année 1867 dans ces deux stations, aucun changement n'ayant été introduit, ni dans les instruments, ni dans le système suivant lequel les observations sont faites et réduites. Je m'en réfère à cet égard aux détails qui sont donnés dans les résumés précédents.

GENÈVE 1867.

Époque	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Tempé- rature moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
Déc. 1866.	+ 5,39	+ 5,66	+ 4,80	+ 3,41	+ 2,84	+ 2,36	+ 1,95	+ 1,76	+ 1,53	+ 1,31	+ 1,28	+ 3,41	+ 2,97	- 0,23	+ 7,01
Janv. 1867	+ 2,37	+ 2,81	+ 2,20	+ 1,58	+ 1,16	+ 0,87	+ 0,46	+ 0,11	- 0,15	- 0,35	- 0,25	+ 0,94	+ 0,98	- 2,08	+ 4,41
Février . .	+ 8,37	+ 9,31	+ 9,06	+ 7,53	+ 6,11	+ 5,16	+ 4,42	+ 3,80	+ 3,13	+ 3,05	+ 3,67	+ 6,28	+ 5,82	+ 1,81	+ 11,16
Mars . . .	+ 7,39	+ 7,80	+ 7,48	+ 6,54	+ 5,63	+ 4,93	+ 4,39	+ 3,85	+ 3,44	+ 4,38	+ 4,38	+ 5,98	+ 5,45	+ 2,73	+ 9,32
Avril . . .	+ 12,56	+ 13,21	+ 12,90	+ 11,17	+ 9,63	+ 8,71	+ 8,00	+ 6,96	+ 6,21	+ 6,81	+ 9,07	+ 11,05	+ 9,69	+ 5,36	+ 14,69
Mai . . . .	+ 16,20	+ 17,22	+ 17,06	+ 15,87	+ 13,54	+ 11,99	+ 10,84	+ 9,75	+ 9,18	+ 10,18	+ 12,65	+ 14,68	+ 13,26	+ 8,13	+ 19,46
Juin. . . .	+ 19,35	+ 20,20	+ 20,51	+ 19,48	+ 17,19	+ 15,79	+ 14,76	+ 13,71	+ 13,11	+ 14,22	+ 16,32	+ 18,14	+ 16,89	+ 11,75	+ 22,22
Juillet. . .	+ 21,01	+ 22,24	+ 22,21	+ 20,83	+ 18,39	+ 16,47	+ 15,05	+ 13,41	+ 12,78	+ 14,33	+ 17,65	+ 19,45	+ 17,82	+ 11,92	+ 24,05
Août . . . .	+ 22,48	+ 23,29	+ 23,34	+ 21,99	+ 19,72	+ 17,78	+ 16,61	+ 15,06	+ 13,77	+ 14,45	+ 16,57	+ 20,82	+ 19,00	+ 13,46	+ 25,17
Septembre	+ 19,36	+ 20,05	+ 19,98	+ 18,30	+ 16,22	+ 14,61	+ 13,62	+ 12,62	+ 11,89	+ 12,52	+ 13,41	+ 17,56	+ 15,99	+ 11,54	+ 21,74
Octobre . .	+ 10,73	+ 11,23	+ 10,92	+ 9,22	+ 8,35	+ 7,65	+ 7,03	+ 6,20	+ 5,68	+ 6,19	+ 7,32	+ 9,33	+ 8,30	+ 5,11	+ 12,80
Novembre	+ 5,46	+ 6,12	+ 5,49	+ 4,06	+ 3,07	+ 2,25	+ 1,75	+ 1,40	+ 1,19	+ 1,48	+ 1,91	+ 4,05	+ 3,18	+ 0,00	+ 7,23
Hiver . . .	+ 5,28	+ 5,82	+ 5,23	+ 4,06	+ 3,28	+ 2,72	+ 2,21	+ 1,83	+ 1,45	+ 1,28	+ 1,50	+ 3,45	+ 3,17	- 0,23	+ 7,41
Printemps	+ 12,05	+ 12,74	+ 12,47	+ 11,19	+ 9,60	+ 8,54	+ 7,74	+ 6,85	+ 6,29	+ 6,87	+ 8,70	+ 10,57	+ 9,46	+ 5,41	+ 14,49
Été . . . .	+ 20,96	+ 21,93	+ 22,04	+ 20,78	+ 18,45	+ 16,69	+ 15,48	+ 14,06	+ 13,22	+ 14,34	+ 17,53	+ 19,48	+ 17,91	+ 12,39	+ 23,83
Automne .	+ 11,84	+ 12,45	+ 12,05	+ 10,51	+ 9,20	+ 8,16	+ 7,46	+ 6,73	+ 6,25	+ 6,73	+ 8,10	+ 10,30	+ 9,15	+ 5,55	+ 13,91
Année . .	+ 12,57	+ 13,28	+ 12,99	+ 11,68	+ 10,17	+ 9,06	+ 8,26	+ 7,40	+ 6,83	+ 7,34	+ 9,00	+ 10,99	+ 9,96	+ 5,81	+ 14,95

Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1867.

Décembre 1866	$t = + 2,97$	$+ 1,93$	$\sin$	$(\mu$	$+47,7)$	$+ 0,87$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 51,4)$	$+ 0,30$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+ 64,8)$
Janvier 1867	$t = + 0,98$	$+ 1,35$	$\sin$	$(\mu$	$+36,1)$	$+ 0,52$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 53,1)$	$+ 0,19$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+ 50,8)$
Février	$t = + 5,82$	$+ 3,01$	$\sin$	$(\mu$	$+39,3)$	$+ 0,82$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 45,0)$	$+ 0,07$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+ 98,1)$
Mars	$t = + 5,45$	$+ 2,09$	$\sin$	$(\mu$	$+44,1)$	$+ 0,47$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 61,0)$	$+ 0,03$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+ 90,0)$
Avril	$t = + 9,69$	$+ 3,27$	$\sin$	$(\mu$	$+50,3)$	$+ 0,60$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 77,6)$	$+ 0,25$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+251,2)$
Mai	$t = +13,26$	$+ 3,94$	$\sin$	$(\mu$	$+48,5)$	$+ 0,28$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 76,5)$	$+ 0,32$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+235,3)$
Juin	$t = +16,89$	$+ 3,55$	$\sin$	$(\mu$	$+46,9)$	$+ 0,13$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 85,7)$	$+ 0,39$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+238,8)$
Juillet	$t = +17,82$	$+ 4,57$	$\sin$	$(\mu$	$+48,4)$	$+ 0,27$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+132,0)$	$+ 0,47$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+254,5)$
Août	$t = +19,00$	$+ 4,60$	$\sin$	$(\mu$	$+45,9)$	$+ 0,57$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+107,8)$	$+ 0,55$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+223,2)$
Septembre	$t = +15,99$	$+ 4,03$	$\sin$	$(\mu$	$+48,9)$	$+ 0,51$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 71,6)$	$+ 0,28$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+221,4)$
Octobre	$t = + 8,30$	$+ 2,55$	$\sin$	$(\mu$	$+49,0)$	$+ 0,60$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 83,5)$	$+ 0,07$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+303,7)$
Novembre	$t = + 3,18$	$+ 2,35$	$\sin$	$(\mu$	$+51,1)$	$+ 0,62$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 48,9)$	$+ 0,10$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+ 53,5)$
Hiver	$t = + 3,17$	$+ 2,05$	$\sin$	$(\mu$	$+41,5)$	$+ 0,74$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 48,7)$	$+ 0,20$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+ 65,8)$
Printemps	$t = + 9,46$	$+ 3,09$	$\sin$	$(\mu$	$+48,1)$	$+ 0,45$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 72,3)$	$+ 0,18$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+244,6)$
Été	$t = +17,91$	$+ 4,25$	$\sin$	$(\mu$	$+47,0)$	$+ 0,32$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+113,6)$	$+ 0,46$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+240,7)$
Automne	$t = + 9,15$	$+ 2,96$	$\sin$	$(\mu$	$+49,5)$	$+ 0,57$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 64,2)$	$+ 0,06$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+238,0)$
Année	$t = + 9,96$	$+ 3,09$	$\sin$	$(\mu$	$+47,0)$	$+ 0,48$	$\sin$	$(2$	$\mu$	$+ 67,5)$	$+ 0,13$	$\sin$	$(3$	$\mu$	$+240,2)$

SAINT-BERNARD 1867.

ÉPOQUE.	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minute)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne
Decembre 1866	- 1,79	- 2,32	- 3,82	- 4,07	- 4,08	- 4,16	- 4,43	- 4,33	- 4,05	- 4,12	- 4,17	- 3,13	- 3,70
Janvier 1867	- 6,34	- 6,28	- 7,36	- 7,47	- 7,69	- 7,49	- 7,56	- 7,87	- 8,26	- 8,48	- 8,10	- 7,11	- 7,50
Février	- 3,23	- 3,39	- 4,36	- 5,46	- 5,46	- 5,42	- 5,52	- 5,83	- 6,03	- 5,89	- 5,54	- 4,25	- 5,03
Mars	- 3,16	- 2,79	- 3,75	- 5,54	- 6,16	- 6,53	- 6,74	- 7,15	- 7,32	- 6,92	- 5,78	- 4,20	- 5,50
Avril	+ 0,15	+ 0,57	+ 0,09	- 1,63	- 2,84	- 3,17	- 3,40	- 4,09	- 4,56	- 4,15	- 2,19	- 1,19	- 2,21
Mai	+ 3,85	+ 4,25	+ 3,85	+ 2,59	+ 0,89	+ 0,53	+ 0,28	- 0,30	- 0,79	- 0,29	+ 2,11	+ 3,02	+ 1,67
Juin	+ 7,16	+ 7,13	+ 5,45	+ 4,75	+ 3,78	+ 3,42	+ 2,93	+ 2,27	+ 2,07	+ 2,77	+ 4,83	+ 6,18	+ 4,40
Juillet	+ 8,18	+ 8,71	+ 8,19	+ 6,86	+ 5,45	+ 4,97	+ 4,38	+ 3,22	+ 2,59	+ 3,57	+ 5,57	+ 6,98	+ 5,72
Août	+ 9,84	+ 8,69	+ 8,87	+ 7,84	+ 6,87	+ 6,96	+ 5,69	+ 4,94	+ 4,85	+ 5,31	+ 7,15	+ 8,80	+ 7,15
Septembre	+ 8,14	+ 8,19	+ 7,35	+ 6,47	+ 5,68	+ 5,10	+ 4,64	+ 3,93	+ 3,67	+ 4,28	+ 5,97	+ 6,89	+ 5,86
Octobre	+ 0,63	- 1,49	- 4,90	- 2,75	- 2,92	- 3,07	- 3,21	- 3,55	- 3,63	- 3,39	- 2,69	- 1,73	- 2,46
Novembre	- 3,46	- 3,81	- 5,44	- 5,60	- 5,81	- 5,92	- 5,99	- 5,99	- 5,95	- 5,85	- 5,41	- 4,63	- 5,23
Hiver	- 3,80	- 4,02	- 5,20	- 5,67	- 5,75	- 5,70	- 5,85	- 6,02	- 6,12	- 6,16	- 5,93	- 4,85	- 5,42
Printemps	+ 0,28	+ 0,68	+ 0,00	- 1,53	- 2,70	- 3,05	- 3,28	- 3,84	- 4,22	- 3,78	- 1,93	- 0,78	- 2,01
Été	+ 8,40	+ 8,52	+ 7,53	+ 6,50	+ 5,38	+ 4,90	+ 4,35	+ 3,49	+ 3,08	+ 3,90	+ 5,86	+ 7,33	+ 5,77
Automne	+ 1,39	+ 1,28	+ 0,30	- 0,60	- 0,97	- 1,28	- 1,52	- 1,89	- 1,99	- 1,67	+ 0,73	+ 0,16	- 0,63
Année	+ 1,58	+ 1,65	+ 0,69	- 0,29	- 0,98	- 1,26	- 1,55	- 2,04	- 2,29	- 1,94	+ 0,67	+ 0,49	- 0,55

Formules de la variation diurne de la température au Saint-Bernard,  
pendant l'année 1867.

Décembre 1866	$t = -3,70$	$+ 0,88 \sin$	$+ 0,50 \sin$	$+ 76,8$	$+ 0,38 \sin$	$+ 66,8$
Janvier 1867	$t = -7,50$	$+ 0,70 \sin$	$+ 0,57 \sin$	$+ 81,9$	$+ 0,42 \sin$	$+ 67,8$
Février	$t = -5,03$	$+ 1,12 \sin$	$+ 0,67 \sin$	$+ 77,1$	$+ 0,17 \sin$	$+ 36,9$
Mars	$t = -5,50$	$+ 2,07 \sin$	$+ 0,66 \sin$	$+ 68,5$	$+ 0,14 \sin$	$+ 338,2$
Avril	$t = -2,21$	$+ 2,31 \sin$	$+ 0,59 \sin$	$+ 70,2$	$+ 0,24 \sin$	$+ 274,9$
Mai	$t = + 1,67$	$+ 2,39 \sin$	$+ 0,40 \sin$	$+ 76,1$	$+ 0,36 \sin$	$+ 247,0$
Juin	$t = + 4,40$	$+ 2,32 \sin$	$+ 0,69 \sin$	$+ 405,0$	$+ 0,03 \sin$	$+ 296,6$
Juillet	$t = + 5,72$	$+ 2,73 \sin$	$+ 0,53 \sin$	$+ 94,3$	$+ 0,33 \sin$	$+ 273,5$
Août	$t = + 7,15$	$+ 2,44 \sin$	$+ 0,61 \sin$	$+ 104,3$	$+ 0,10 \sin$	$+ 233,1$
Septembre	$t = + 5,86$	$+ 2,07 \sin$	$+ 0,48 \sin$	$+ 98,5$	$+ 0,09 \sin$	$+ 288,4$
Octobre	$t = -2,46$	$+ 1,36 \sin$	$+ 0,58 \sin$	$+ 71,2$	$+ 0,18 \sin$	$+ 11,5$
Novembre	$t = -5,23$	$+ 1,03 \sin$	$+ 0,49 \sin$	$+ 77,4$	$+ 0,20 \sin$	$+ 62,8$
Hiver	$t = -5,42$	$+ 0,88 \sin$	$+ 0,58 \sin$	$+ 77,2$	$+ 0,25 \sin$	$+ 63,6$
Printemps	$t = -2,01$	$+ 2,25 \sin$	$+ 0,56 \sin$	$+ 73,7$	$+ 0,23 \sin$	$+ 270,0$
Été	$t = + 5,77$	$+ 2,48 \sin$	$+ 0,57 \sin$	$+ 102,3$	$+ 0,15 \sin$	$+ 270,0$
Automne	$t = -0,63$	$+ 1,49 \sin$	$+ 0,50 \sin$	$+ 81,4$	$+ 0,18 \sin$	$+ 52,5$
Année	$t = -0,35$	$+ 1,78 \sin$	$+ 0,55 \sin$	$+ 83,5$	$+ 0,06 \sin$	$+ 133,4$

Si l'on compare la température moyenne de chaque mois, des saisons et de l'année entière avec les valeurs moyennes déduites pour Genève des 40 années 1826-65 et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-67, on trouve les écarts suivants:

ÉCARTS.			
	Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Décroissement entre les deux stations.
Décembre 1866.	+2,13	+3,89	-1,76
Janvier 1867 . .	+1,27	+1,54	-0,27
Février . . . . .	+4,50	+3,58	+0,92
Mars . . . . .	+0,92	+1,82	-0,90
Avril . . . . .	+0,86	+1,06	-0,20
Mai . . . . .	+0,16	+1,16	-1,00
Juin . . . . .	+0,11	+0,31	-0,20
Juillet. . . . .	-0,79	-0,44	-0,35
Août . . . . .	+1,11	+1,17	-0,06
Septembre. . . .	+1,62	+2,54	-0,92
Octobre. . . . .	-1,63	-1,98	+0,35
Novembre. . . .	-1,41	+0,07	-1,48
Hiver . . . . .	+2,57	+2,98	-0,41
Printemps. . . .	+0,64	+1,35	-0,71
Été . . . . .	+0,14	+0,35	-0,21
Automne . . . .	-0,49	+0,19	-0,68
Année. . . . .	+0,71	+1,21	-0,50

Pour Genève, les écarts positifs de décembre, février, août et septembre et les écarts négatifs d'octobre et novembre dépassent les limites de l'écart probable dans ces différents mois; l'écart le plus fort est celui de février, et ce qui est assez remarquable, c'est que l'année précédente 1866 avait donné pour le même mois un écart encore un peu supérieur  $+4^{\circ},55$ ; en sorte que c'est sur deux années consécutives que tombent les deux mois de février les plus chauds de beaucoup, pendant toute la série des 42 années. Comme l'année dernière également,

l'hiver entier a été exceptionnellement doux, et l'on ne rencontre qu'en 1828 et en 1834 une température plus élevée dans cette saison. Les autres saisons n'ont pas présenté des écarts considérables, en dehors des limites de l'écart probable, mais la température anormale de l'hiver a eu pour effet d'élever la température de l'année entière au delà des limites de l'écart probable; depuis 42 ans, il ne s'en trouve que huit, dont la température moyenne ait été plus élevée.

Les résultats principaux que l'on peut déduire de la température moyenne des 24 heures pour chaque jour de l'année, au point de vue des anomalies et de la variabilité de la température, sont donnés dans les tableaux suivants sous la même forme que dans les résumés antérieurs. J'ai relevé également la température de cinq en cinq jours, du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 1867, en inscrivant dans la colonne suivante l'écart, soit la différence avec le chiffre calculé par la formule déduite des 43 années 1826-65; lorsque cet écart dépasse les limites de l'écart probable, et constitue ainsi une anomalie, il est mis entre parenthèses. Sur les 73 périodes de l'année, il s'en trouve 43 pour lesquelles l'écart est positif, et 30 pour lesquelles il est négatif; sur les 43 écarts positifs, 23 dépassent les limites de l'écart probable, l'écart maximum positif  $+5^{\circ},99$  tombe sur la période du 5 au 9 février. Sur les 30 écarts négatifs, 18 dépassent les limites de l'écart probable, le maximum négatif  $-5^{\circ},83$  tombe sur la période du 21 au 25 mai.

La période des cinq jours consécutifs les plus chauds de l'année est comprise du 19 au 23 août avec une température moyenne de  $+21^{\circ},57$ , et celle des cinq jours consécutifs les plus froids est comprise du 16 au 20 janvier avec une température moyenne de  $-5^{\circ},55$ .



GENÈVE 1867.

ÉPOQUE	Écart négatifs	Écart positifs	Nombre de chan- gements de signe	Écart moyens	Écart extrêmes		Écart moy. entre 2 jours consécut.	Écart extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. . . 1866	9	22	5	4,09	0	+ 7,22 le 7	2,63	0	+ 6,87 le 26
Janvier 1867	12	19	4	4,99	- 8,34 le 18	+ 10,02 le 10	3,19	- 4,11 le 8	+ 6,43 le 6
Février . . .	1	27	1	4,94	- 0,78 le 28	+ 9,00 le 6	2,46	- 6,48 le 6	+ 4,11 le 8
Mars . . . .	11	20	4	3,76	- 5,70 le 2	+ 6,88 le 11	2,19	- 4,97 le 16	+ 6,03 le 8
Avril . . . .	11	19	9	2,25	- 2,58 le 1	+ 5,34 le 14	2,51	- 5,11 le 14	+ 4,28 le 16
Mai . . . . .	17	14	7	4,31	- 9,24 le 24	+ 6,96 le 11	2,94	- 8,00 le 22	+ 8,11 le 25
Juin . . . . .	15	15	11	3,45	- 6,78 le 16	+ 7,09 le 13	3,00	- 6,95 le 3	+ 5,18 le 30
Juillet . . . .	21	10	11	2,30	- 4,31 le 9	+ 5,43 le 23	2,07	- 6,68 le 23	+ 4,23 le 21
Août . . . . .	9	22	3	2,89	- 3,22 le 1	+ 6,85 le 20	1,64	- 3,96 le 27	+ 3,03 le 19
Septembre . .	9	21	3	3,60	- 5,27 le 27	+ 6,90 le 14	2,23	- 5,49 le 16	+ 3,67 le 6
Octobre * . . .	20	10	8	3,38	- 7,53 le 6	+ 3,13 le 18	2,51	- 7,52 le 3	+ 6,73 le 13
Novembre . . .	24	6	6	3,14	- 6,44 le 26	+ 4,70 le 16	2,59	- 3,57 le 18	+ 9,02 le 30
Année . . . .	159	205	72	± 3,63	- 9,24 le 24 mai	+ 10,02 le 10 janvier	± 2,49	- 8,00 le 22 mai	+ 9,02 le 30 novembre

\* L'écart était nul un jour de ce mois.

SAINT-BERNARD 1867

ÉPOQUE	Nombre de jours dont la température est comprise entre										Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-30° et -25	-25° et -20	-20° et -15	-15° et -10-	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20		
Décembre 1866	—	—	—	—	13	12	6	—	—	—	-9,98 le 17	+2,53 le 6
Janvier 1867	—	—	5	4	13	7	2	—	—	—	-18,38 le 17	+1,94 le 24
Février	—	—	—	1	11	15	1	—	—	—	-11,70 le 7	+0,79 le 10
Mars	—	—	1	—	5	20	—	—	—	—	-16,30 le 2	+0,99 le 17
Avril	—	—	—	—	7	15	7	—	—	—	-10,98 le 1	+4,53 le 18
Mai	—	—	—	1	4	6	—	—	—	—	-9,44 le 24	+7,20 le 11
Juin	—	—	—	—	—	4	11	—	—	—	-4,82 le 16	+10,02 le 12
Juillet	—	—	—	—	—	—	12	—	—	—	+0,82 le 8	+11,74 le 22
Août	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	+0,56 le 28	+12,77 le 14
Septembre	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	-2,66 le 25	+11,24 le 3
Octobre	—	—	—	—	9	11	11	—	—	—	-11,09 le 6	+3,26 le 30
Novembre	—	—	1	3	11	13	10	—	—	—	-15,15 le 22	+5,66 le 1
Année	—	—	7	15	73	104	77	77	12	—	-18,38 le 17 janvier	+12,77 le 14 août

SANT-BERNARD 1867

ÉPOQUE	Écart négatifs	Écart positifs	Nombre de chan- gements de signe	Écart moyens	Écart extrêmes		Écart moy. entre 2 jours consecut.	Écart extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1866.	4	27	5	± 5,87	- 2,37 le 1	+ 10,02 le 6	± 3,17	- 8,46 le 7	+ 7,22 le 17
Janvier 1867	10	21	5	5,85	- 8,91 le 17	+ 11,44 le 24	4,55	- 10,51 le 15	+ 6,78 le 6
Février . . .	1	27	2	4,87	- 2,36 le 7	+ 10,05 le 10	3,63	- 9,10 le 6	+ 8,42 le 7
Mars . . . .	8	23	4	4,26	- 7,91 le 2	+ 6,28 le 17	2,45	- 4,31 le 5	+ 5,85 le 2
Avril . . . .	7	23	11	3,49	- 5,22 le 1	+ 8,16 le 18	3,58	- 6,93 le 14	+ 6,28 le 22
Mai . . . . .	12	19	9	4,94	- 10,86 le 24	+ 7,70 le 9	3,21	- 7,80 le 22	+ 8,28 le 24
Juin . . . . .	13	17	12	3,66	- 8,33 le 16	+ 6,48 le 1	3,08	- 7,49 le 7	+ 4,99 le 17
Juillet* . . .	14	16	10	2,70	- 5,25 le 28	+ 5,55 le 22	2,72	- 5,19 le 27	+ 6,85 le 20
Août . . . . .	9	22	6	3,45	- 4,49 le 28	+ 6,89 le 14	2,55	- 5,75 le 27	+ 6,59 le 28
Septembre . .	5	25	8	3,85	- 4,73 le 25	+ 6,69 le 3	2,40	- 4,59 le 24	+ 4,82 le 25
Octobre. . . .	14	17	6	5,40	- 11,64 le 6	+ 6,33 le 31	4,23	- 10,50 le 3	+ 11,21 le 6
Novembre . . .	14	16	8	3,78	- 9,08 le 22	+ 8,97 le 1	2,85	- 9,16 le 1	+ 4,04 le 22
Année . . . .	111	253	86	± 4,39	- 11,64 le 6 octobre	+ 11,44 le 24 janvier	± 3,22	- 10,51 le 15 janvier	+ 11,21 le 6 octobre

\* L'écart était nul un jour de ce mois.

## 1867. Température de 5 en 5 jours.

Date	Température moy.	Différence avec la formule	Date	Température	Différence avec la formule
1- 5 Janvier	- 0,84	-0,42	30- 4 Juillet	+18,62	+0,39
6-10 id.	+ 5,45	(+5,97)	5- 9 id.	+16,02	(-2,46)
11-15 id.	- 0,45	+0,07	10-14 id.	+17,67	-1,00
16-20 id.	- 5,55	(-5,11)	15-19 id.	+18,65	-0,13
21-25 id.	+ 1,66	+1,94	20-24 id.	+19,65	+0,84
26-30 id.	+ 4,44	(+4,48)	25-29 id.	+17,22	-1,55
31- 4 Février	+ 4,62	(+4,35)	30- 3 Août	+15,69	(-2,96)
5- 9 id.	+ 6,62	(+5,99)	4- 8 id.	+16,77	(-1,68)
10-14 id.	+ 5,46	(+4,40)	9-13 id.	+20,48	(+2,30)
15-19 id.	+ 6,96	(+5,43)	14-18 id.	+20,76	(+2,91)
20-24 id.	+ 5,90	(+3,85)	19-23 id.	+21,57	(+4,12)
25- 1 Mars	+ 4,25	+1,65	24-28 id.	+17,79	+0,80
2- 6 id.	- 1,43	(-4,61)	29- 2 Septemb.	+19,03	(+2,55)
7-11 id.	+ 5,33	+1,55	3- 7 id.	+19,81	(+3,89)
12-16 id.	+ 8,73	(+4,33)	8-12 id.	+18,63	(+3,33)
17-21 id.	+ 5,67	+0,63	13-17 id.	+17,06	(+2,45)
22-26 id.	+ 8,90	(+3,21)	18-22 id.	+15,14	+1,19
27-31 id.	+ 6,70	+0,34	23-27 id.	+11,00	(-2,21)
1- 5 Avril	+ 6,89	-0,14	28- 2 Octobre	+10,64	(-1,81)
6-10 id.	+ 8,89	+1,18	3- 7 id.	+ 7,49	(-4,16)
11-15 id.	+10,16	+1,75	8-12 id.	+ 5,90	(-4,93)
16-20 id.	+11,72	(+2,62)	13-17 id.	+11,05	+1,07
21-25 id.	+10,79	+0,98	18-22 id.	+ 9,54	+0,41
26-30 id.	+ 9,69	-0,83	23-27 id.	+ 8,50	+0,23
1- 5 Mai	+ 9,88	-1,36	28- 1 Novemb.	+ 5,59	(-1,81)
6-10 id.	+16,94	(+4,99)	2- 6 id.	+ 4,64	(-1,90)
11-15 id.	+15,20	(+2,54)	7-11 id.	+ 3,72	(-1,97)
16-20 id.	+11,87	-1,50	12-16 id.	+ 6,36	+1,50
21-25 id.	+ 8,22	(-5,83)	17-21 id.	+ 4,39	+0,33
26-30 id.	+16,47	(+1,75)	22-26 id.	- 0,73	(-4,04)
31- 4 Juin	+18,83	(+3,47)	27- 1 Décemb.	+ 0,80	-1,79
5- 9 id.	+16,71	+0,75	2- 6 id.	- 1,30	(-3,24)
10-14 id.	+19,19	(+2,66)	7-11 id.	- 2,48	(-3,83)
15-19 id.	+12,08	(-4,96)	12-16 id.	+ 3,17	(+2,34)
20-24 id.	+17,47	-0,03	17-21 id.	+ 2,20	+1,81
25-29 id.	+17,41	-0,49	22-26 id.	- 0,98	-1,01
			27-31 id.	- 3,71	(-3,47)

GENÈVE 1867. — INDICATIONS DES THERMOMÉTROGRAPHES.

	Minimum absolu	Date.	Maximum absolu.	Date	Nombre de jours	
					Minimum au-dessous de 0°.	Maximum au-dessous de 0°.
Décemb. 1866	— 5,9	le 1	+14,0	le 5 et le 7	18	5
Janvier 1867.	—16,0	le 18	+13,2	le 10	21	9
Février. . . .	— 1,0	le 24	+15,0	le 15 et le 22	6	0
Mars. . . . .	— 4,1	le 3	+16,5	le 26	8	2
Avril. . . . .	— 0,1	le 13	+21,2	le 24	1	0
Mai. . . . .	— 0,3	le 25	+27,0	le 12	1	0
Juin . . . . .	+ 3,8	le 18	+30,0	le 13	0	0
Juillet . . . .	+ 7,0	les 9, 30 et 31	+31,4	le 23	0	0
Août . . . . .	+ 8,5	le 6	+32,1	le 20	0	0
Septembre . .	+ 1,4	le 28	+29,1	le 2	0	0
Octobre . . .	— 1,9	le 6	+20,4	le 14	2	0
Novembre . .	— 7,5	le 27	+16,8	le 16	16	0
Année . . . .	—16,0	le 18 janvier.	+32,1	le 20 août.	73	16

Le minimum est descendu à —0,3 le 25 mai, date postérieure de 10 jours à celle des gelées les plus tardives observées à Genève depuis 42 ans; un abaissement aussi exceptionnel de la température dans cette saison a eu les conséquences les plus fâcheuses pour la végétation, non-seulement dans notre canton, mais dans la plus grande partie de la Suisse et dans les pays voisins, car il s'est fait sentir sur une étendue considérable. On a même observé à Genève une faible gelée blanche près d'un mois plus tard, le 18 juin, bien que ce jour-là le minimum ne soit pas descendu au-dessous de +3°,8. La première gelée a eu lieu le 6 octobre, plus de trois semaines plus tôt que de coutume, l'année 1867 présente ainsi cette anomalie remarquable que malgré sa température moyenne

notablement plus chaude que celle des 42 années antérieures, la partie froide, pendant laquelle le thermomètre s'abaisse au-dessous de 0 a été beaucoup plus étendue, et la partie de l'année pendant laquelle il ne gèle pas a été de 56 jours, près de deux mois, plus courte.

L'absence de thermomètres au Saint-Bernard ne permet pas de donner pour cette station les maxima et les minima absolus, mais seulement les températures les plus élevées et les plus basses, notées dans le cours du mois à l'une des heures d'observation, entre 6 heures du matin et 6 heures du soir. Ce relevé montre que dans tous les mois de l'année des températures au-dessous de 0 ont été observées, et de même aussi des températures au-dessus de 0; le minimum de  $-20^{\circ},0$  est un froid relativement très-modéré pour cette station. La glace a disparu du lac près de l'hospice le 20 juillet, à peu près à l'époque moyenne, mais la congélation a eu lieu plus tôt que de coutume, le 8 octobre.

## SAINT-BERNARD 1867.

	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.
Déc. 1866	$-11,7^{\circ}$	le 17 à 6 h. soir.	$+6,9^{\circ}$	le 6 à midi.
Janv. 1867	$-20,0$	le 17 à 6 h. soir.	$+6,3$	le 24 à midi.
Février . .	$-13,0$	le 7 à 10 h. soir.	$+4,0$	le 10 à 2 h. soir.
Mars . . .	$-17,5$	le 2 à 8 h. mat.	$+5,1$	le 22 à 2 h. soir.
Avril . . .	$-13,2$	le 1 à 6 h. mat.	$+9,9$	le 18 à 2 h. soir.
Mai . . . .	$-13,2$	le 24 à 6 h. mat.	$+12,2$	le 9 à 8 h. mat.
Juin . . . .	$-5,1$	le 17 à 6 h. mat.	$+14,9$	le 12 à 2 h. soir.
Juillet . .	$-2,6$	le 30 à 6 h. mat.	$+16,2$	le 22 à 4 h. soir.
Août . . . .	$0,3$	le 8 à 6 h. mat.	$+17,1$	le 14 à 2 h. soir.
Septembre	$-4,8$	le 25 à 8 h. mat.	$+15,1$	le 3 à 2 h. soir.
Octobre . .	$-13,6$	le 6 à 6 h. mat.	$+7,1$	le 30 à 2 h. soir.
Novembre	$-17,8$	le 22 à 8 h. mat.	$+8,3$	le 1 à 4 h. soir.
Année . .	$-20,0$	le 17 à 6 h. soir. janvier	$+17,1$	le 14 à 2 h. soir. août

TEMPÉRATURE DU RHONE 1867.

	Moyenne.	Excédant, sur la moyenne 1853-1867.	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air
Déc. 1866	+7,75	+0,95	+6,9 le 24, le 26, le 27 et le 28.	+8,7 le 7	+4,78
Janv. 1867	5,85	+0,78	4,9 le 15	6,8 le 2, le 3 et le 11	+4,87
Février . .	6,41	+1,49	5,8 le 1, le 2, le 7, le 8 et le 9.	7,5 le 27	+0,59
Mars . . .	6,53	+0,46	4,7 le 2	7,8 le 25	+1,08
Avril . . .	7,60	-1,18	6,7 le 1	9,8 le 27	-2,09
Mai . . . .	10,72	-0,61	7,5 le 1	14,2 le 34	-2,54
Juin . . . .	15,81	+0,79	11,8 le 4	17,8 le 7	-1,08
Juillet . .	16,06	-1,50	9,6 le 3	19,5 le 26	-1,76
Août . . . .	19,56	+0,97	17,7 le 8	21,8 le 15 et le 23	+0,56
Septemb..	18,92	+1,92	15,7 le 26	20,8 le 2 et le 13	+2,93
Octobre. .	12,12	-2,13	8,2 le 10	15,7 le 1	+3,82
Novembre.	9,40	-0,40	7,6 le 22	11,6 le 1	+6,22
Année.. .	+11,45	+0,15	+4,7 le 2 mars.	+21,8 le 15 et le 23 août.	+1,49

## Température du Rhône en 1867.

Époque	Écart moyens d'un jour	Écart extrêmes		Écart moy. entre 2 jours consécutifs	Écart extrêmes entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
Décembre 1866	$\pm 1,34$	-0,9 le 1	+2,0 le 29	$\pm 0,28$	-0,4 le 11	+0,7 le 1
Janvier 1867 .	1,30	+0,3 le 15*	+2,1 le 11	0,28	-0,7 le 3	+0,6 le 8
Février . . . .	1,74	+1,2 le 9 *	+2,3 le 27	0,30	-1,3 le 28	+0,5 le 14
Mars . . . . .	0,62	-0,6 le 2	+1,2 le 25	0,37	-1,1 le 1	+0,5 les 19, 22, 29
Avril . . . . .	0,72	-1,5 le 30	+0,8 le 27	0,48	-1,1 le 28	+1,2 le 26
Mai . . . . .	1,62	-2,6 le 23	+3,6 le 10	0,93	-2,0 le 11	+1,8 le 9
Juin . . . . .	2,01	-1,2 le 4	+4,5 le 7	1,33	-4,3 le 7	+3,0 le 4
Juillet . . . .	2,97	-6,8 le 3	+1,6 le 1	2,41	-7,1 le 2	+6,6 le 3
Août . . . . .	1,79	-1,0 le 8	+3,2 le 23	0,73	-1,9 le 27	+1,1 les 11 et 14
Septembre . .	2,28	-0,4 le 26	+3,5 le 13	0,56	-2,5 le 24	+0,7 le 12,
Octobre . . . .	2,44	-6,3 le 10	+0,2 le 1	0,80	-2,9 le 7	+2,1 le 11
Novembre . . .	0,59	-1,4 le 22	+0,5 le 18	0,45	-1,7 le 21	+1,2 le 22

\* La température du Rhône a été pendant tout le mois au-dessus de sa valeur normale.

GENÈVE 1867. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minnit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1866	731,19	+0,18	-0,40	-0,38	-0,25	-0,14	-0,08	-0,12	-0,16	-0,18	+0,19	+0,50	+0,87
Janvier 1867	721,91	+0,16	-0,27	-0,20	-0,04	+0,19	+0,23	+0,11	-0,16	-0,44	-0,29	+0,17	+0,55
Février	732,58	+0,28	-0,43	-0,59	-0,35	-0,01	+0,08	-0,04	-0,18	-0,16	+0,19	+0,56	+0,68
Mars	720,69	+0,20	-0,21	-0,42	-0,20	+0,15	+0,26	+0,11	-0,19	-0,32	+0,28	+0,26	+0,47
Avril	726,46	+0,12	-0,20	-0,39	-0,35	+0,12	+0,21	+0,13	-0,12	-0,22	-0,04	+0,29	+0,45
Mai	725,50	+0,03	-0,31	-0,66	-0,61	-0,16	+0,22	+0,28	+0,08	+0,06	+0,28	+0,42	+0,37
Juin	727,85	+0,14	-0,24	-0,60	-0,60	-0,15	+0,21	+0,23	+0,02	-0,03	+0,18	+0,44	+0,41
Juillet	727,52	+0,19	-0,20	-0,70	-0,88	-0,56	+0,04	+0,23	+0,11	+0,17	+0,47	+0,63	+0,49
Août	727,91	+0,01	-0,42	-0,75	-0,68	-0,11	+0,29	+0,30	+0,10	+0,09	+0,30	+0,46	+0,40
Septembre	729,55	+0,12	-0,33	-0,63	-0,49	+0,07	+0,19	+0,04	-0,21	-0,14	+0,22	+0,59	+0,57
Octobre	727,67	+0,12	-0,19	-0,35	-0,08	+0,18	+0,32	+0,13	-0,28	-0,47	-0,19	+0,35	+0,46
Novembre	731,30	+0,08	-0,41	-0,38	+0,03	+0,16	+0,24	+0,07	-0,24	-0,42	-0,09	+0,39	+0,58
Hiver	728,43	+0,20	-0,37	-0,39	-0,21	+0,01	+0,07	-0,02	-0,17	-0,27	+0,02	+0,40	+0,70
Printemps	724,19	+0,11	-0,24	-0,49	-0,59	+0,04	+0,23	+0,18	-0,07	-0,16	+0,04	+0,33	+0,43
Été	727,76	+0,11	-0,29	-0,68	-0,72	-0,28	+0,18	+0,25	+0,19	+0,08	+0,31	+0,51	+0,43
Automne	729,49	+0,10	-0,31	-0,45	-0,19	+0,13	+0,25	+0,08	-0,25	-0,35	-0,02	+0,44	+0,53
Année	727,46	+0,13	-0,31	-0,51	-0,38	-0,03	+0,18	+0,12	-0,08	-0,18	+0,09	+0,42	+0,52

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1867.

Décembre 1866.	B = 734,49	mm	+0,35	sin	( $\mu$ )	+146,5 <sup>0</sup>	+0,34	sin	(2 $\mu$ )	+170,6 <sup>0</sup>	+0,12	sin	(3 $\mu$ )	+191,8 <sup>0</sup>
Janvier 1867 . . .	B = 724,91	mm	+0,07	sin	( $\mu$ )	+56,3	+0,35	sin	(2 $\mu$ )	+154,9	+0,11	sin	(3 $\mu$ )	+190,3
Février . . . . .	B = 732,58	mm	+0,33	sin	( $\mu$ )	+159,0	+0,40	sin	(2 $\mu$ )	+165,5	+0,06	sin	(3 $\mu$ )	+154,3
Mars . . . . .	B = 720,69	mm	+0,08	sin	( $\mu$ )	+148,4	+0,37	sin	(2 $\mu$ )	+154,3	+0,03	sin	(3 $\mu$ )	+158,2
Avril . . . . .	B = 726,46	mm	+0,13	sin	( $\mu$ )	+169,1	+0,33	sin	(2 $\mu$ )	+150,7	+0,01	sin	(3 $\mu$ )	+144,5
Mai . . . . .	B = 725,50	mm	+0,39	sin	( $\mu$ )	+183,3	+0,29	sin	(2 $\mu$ )	+144,7	+0,07	sin	(3 $\mu$ )	+342,9
Juin . . . . .	B = 727,85	mm	+0,35	sin	( $\mu$ )	+183,3	+0,32	sin	(2 $\mu$ )	+142,1	+0,05	sin	(3 $\mu$ )	+338,2
Juillet . . . . .	B = 727,52	mm	+0,59	sin	( $\mu$ )	+176,1	+0,28	sin	(2 $\mu$ )	+130,6	+0,12	sin	(3 $\mu$ )	+329,0
Août . . . . .	B = 727,91	mm	+0,44	sin	( $\mu$ )	+197,2	+0,34	sin	(2 $\mu$ )	+149,6	+0,06	sin	(3 $\mu$ )	+ 0,0
Septembre . . . .	B = 729,55	mm	+0,31	sin	( $\mu$ )	+170,7	+0,40	sin	(2 $\mu$ )	+165,6	+0,03	sin	(3 $\mu$ )	+ 18,4
Octobre . . . . .	B = 727,67	mm	+0,06	sin	( $\mu$ )	+84,8	+0,40	sin	(2 $\mu$ )	+160,2	+0,06	sin	(3 $\mu$ )	+239,0
Novembre . . . . .	B = 731,30	mm	+0,07	sin	( $\mu$ )	+315,0	+0,42	sin	(2 $\mu$ )	+170,3	+0,10	sin	(3 $\mu$ )	+205,3
Hiver . . . . .	B = 728,43	mm	+0,22	sin	( $\mu$ )	+146,0	+0,36	sin	(2 $\mu$ )	+163,5	+0,11	sin	(3 $\mu$ )	+204,2
Printemps . . . . .	B = 724,19	mm	+0,19	sin	( $\mu$ )	+183,2	+0,35	sin	(2 $\mu$ )	+153,3	+0,01	sin	(3 $\mu$ )	+333,4
Été . . . . .	B = 727,76	mm	+0,46	sin	( $\mu$ )	+186,8	+0,30	sin	(2 $\mu$ )	+137,8	+0,06	sin	(3 $\mu$ )	+350,5
Automne . . . . .	B = 729,49	mm	+0,13	sin	( $\mu$ )	+155,6	+0,41	sin	(2 $\mu$ )	+163,1	+0,04	sin	(3 $\mu$ )	+228,2
Année . . . . .	B = 727,46	mm	+0,24	sin	( $\mu$ )	+173,4	+0,34	sin	(2 $\mu$ )	+155,8	+0,02	sin	(3 $\mu$ )	+312,3

SAINT-BERNARD 1867

EPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1866.	565,98	+0,12	-0,03	+0,01	+0,01	+0,09	+0,02	-0,10	-0,13	-0,17	-0,06	-0,15	+0,40
Janvier 1867 . . .	556,79	-0,08	-0,14	+0,02	+0,14	+0,36	+0,42	+0,31	-0,02	-0,38	-0,39	-0,32	+0,10
Février . . . . .	567,18	+0,15	-0,26	-0,22	-0,05	+0,09	+0,16	+0,05	-0,25	-0,25	+0,14	+0,14	+0,39
Mars . . . . .	557,59	+0,04	-0,05	-0,12	0,00	+0,26	+0,31	+0,22	-0,17	-0,49	-0,37	+0,08	+0,26
Avril . . . . .	563,04	+0,16	+0,21	+0,15	+0,18	+0,42	+0,40	+0,13	-0,30	-0,54	-0,50	-0,27	0,00
Mai . . . . .	564,88	+0,05	+0,41	+0,11	+0,12	+0,35	+0,47	+0,20	-0,29	-0,55	-0,40	-0,23	+0,05
Juin . . . . .	567,91	+0,07	+0,03	+0,04	+0,03	+0,21	+0,35	+0,25	-0,14	-0,41	-0,30	-0,12	+0,06
Juillet . . . . .	568,02	+0,14	+0,15	+0,13	+0,06	+0,20	+0,25	+0,09	-0,24	-0,40	-0,28	-0,10	+0,02
Août . . . . .	569,50	+0,03	-0,04	-0,05	-0,02	+0,32	+0,45	+0,30	-0,18	-0,48	-0,32	-0,05	+0,07
Septembre . . . .	569,79	+0,17	+0,01	-0,04	0,00	+0,27	+0,31	+0,11	-0,28	-0,47	-0,29	+0,02	+0,20
Octobre . . . . .	564,44	+0,09	+0,04	-0,03	+0,11	+0,25	+0,26	+0,11	-0,14	-0,33	-0,28	-0,19	+0,10
Novembre . . . .	565,48	+0,03	-0,17	-0,09	+0,15	+0,32	+0,29	+0,10	-0,28	-0,44	-0,19	+0,21	+0,16
Hiver . . . . .	563,19	+0,06	-0,14	-0,06	+0,03	+0,18	+0,20	+0,09	-0,09	-0,27	-0,19	-0,12	+0,30
Printemps . . . .	561,82	+0,09	+0,09	+0,05	+0,10	+0,35	+0,39	+0,19	-0,25	-0,52	-0,42	-0,13	+0,11
Été . . . . .	568,48	+0,08	+0,05	+0,02	+0,03	+0,25	+0,36	+0,22	-0,18	-0,43	-0,30	-0,09	+0,05
Automne . . . . .	566,55	+0,09	-0,04	-0,06	+0,08	+0,24	+0,28	+0,10	-0,24	-0,41	-0,25	+0,01	+0,15
Année . . . . .	565,02	+0,08	-0,01	-0,02	+0,06	+0,25	+0,30	+0,14	-0,19	-0,41	-0,29	-0,09	+0,15

Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations :													
Hiver . . . . .	165,24	+0,14	-0,23	-0,33	-0,24	-0,17	-0,13	-0,11	-0,08	0,00	+0,21	+0,52	+0,40
Printemps . . . .	162,37	+0,02	-0,33	-0,54	-0,49	-0,31	-0,16	-0,01	+0,18	+0,36	+0,46	+0,46	+0,32
Été . . . . .	159,28	+0,03	-0,34	-0,70	-0,75	-0,53	-0,18	+0,03	+0,37	+0,51	+0,61	+0,60	+0,38
Automne . . . . .	162,94	+0,01	-0,27	-0,39	-0,27	-0,11	-0,03	-0,02	-0,01	+0,06	+0,23	+0,43	+0,38
Année . . . . .	162,44	+0,05	-0,30	-0,49	-0,44	-0,28	-0,12	-0,02	+0,11	+0,23	+0,38	+0,51	+0,37

## Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1867

Décembre 1866.	B = 565,98	+0,11	sin	( $\mu$ )	+66,3	+0,11	sin	(2 $\mu$ )	+152,1	+0,07	sin	(3 $\mu$ )	+135,0
Janvier 1867.	B = 556,79	+0,30	sin	( $\mu$ )	+330,0	+0,21	sin	(2 $\mu$ )	+138,8	+0,05	sin	(3 $\mu$ )	+201,8
Février . . . . .	B = 567,18	+0,05	sin	( $\mu$ )	+126,9	+0,26	sin	(2 $\mu$ )	+159,4	+0,06	sin	(3 $\mu$ )	+180,0
Mars . . . . .	B = 557,59	+0,16	sin	( $\mu$ )	+358,3	+0,29	sin	(2 $\mu$ )	+147,9	+0,07	sin	(3 $\mu$ )	+236,3
Avril . . . . .	B = 563,04	+0,40	sin	( $\mu$ )	+3,3	+0,20	sin	(2 $\mu$ )	+130,9	+0,04	sin	(3 $\mu$ )	+335,7
Mai . . . . .	B = 564,88	+0,34	sin	( $\mu$ )	+356,6	+0,23	sin	(2 $\mu$ )	+142,9	+0,07	sin	(3 $\mu$ )	+324,0
Juin . . . . .	B = 567,91	+0,21	sin	( $\mu$ )	+346,0	+0,20	sin	(2 $\mu$ )	+135,0	+0,04	sin	(3 $\mu$ )	+296,6
Juillet . . . . .	B = 568,02	+0,24	sin	( $\mu$ )	+12,3	+0,15	sin	(2 $\mu$ )	+134,7	+0,05	sin	(3 $\mu$ )	+323,1
Août . . . . .	B = 569,50	+0,23	sin	( $\mu$ )	+339,6	+0,27	sin	(2 $\mu$ )	+143,5	+0,07	sin	(3 $\mu$ )	+300,3
Septembre . . . . .	B = 569,79	+0,19	sin	( $\mu$ )	+15,5	+0,27	sin	(2 $\mu$ )	+149,4	+0,08	sin	(3 $\mu$ )	+315,0
Octobre . . . . .	B = 564,44	+0,20	sin	( $\mu$ )	+355,8	+0,17	sin	(2 $\mu$ )	+139,0	+0,01	sin	(3 $\mu$ )	+118,3
Novembre . . . . .	B = 565,48	+0,13	sin	( $\mu$ )	+4,4	+0,27	sin	(2 $\mu$ )	+171,6	+0,07	sin	(3 $\mu$ )	+261,9
Hiver . . . . .	B = 563,19	+0,10	sin	( $\mu$ )	+356,9	+0,19	sin	(2 $\mu$ )	+149,1	+0,06	sin	(3 $\mu$ )	+170,8
Printemps . . . . .	B = 561,82	+0,29	sin	( $\mu$ )	+359,9	+0,25	sin	(2 $\mu$ )	+142,7	+0,04	sin	(3 $\mu$ )	+297,8
Été . . . . .	B = 568,48	+0,22	sin	( $\mu$ )	+353,2	+0,21	sin	(2 $\mu$ )	+138,7	+0,05	sin	(3 $\mu$ )	+310,0
Automne . . . . .	B = 566,55	+0,17	sin	( $\mu$ )	+2,9	+0,23	sin	(2 $\mu$ )	+156,2	+0,02	sin	(3 $\mu$ )	+180,0
Année . . . . .	B = 565,02	+0,19	sin	( $\mu$ )	+359,6	+0,21	sin	(2 $\mu$ )	+148,0	+0,02	sin	(3 $\mu$ )	+259,7

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes que j'ai déduites pour Genève des 32 années 1836-67, et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-67, on trouve les écarts suivants :

	Genève.	Saint-Bernard.	Genève-St-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1866	+2,76	+3,66	-0,90
Janvier 1867. .	-5,32	-3,70	-1,62
Février. . . . .	+6,12	+6,94	-0,82
Mars . . . . .	-4,24	-2,12	-2,12
Avril. . . . .	+1,92	+1,41	+0,51
Mai . . . . .	+0,42	+1,04	-0,62
Juin . . . . .	+0,72	+0,80	-0,08
Juillet . . . . .	-0,24	-0,47	+0,23
Août . . . . .	+0,26	+1,10	-0,84
Septembre . . .	+1,99	+2,34	-0,35
Octobre . . . .	+1,15	-0,16	+1,31
Novembre . . .	+5,32	+3,45	+1,87
Année . . . . .	+0,85	+1,14	-0,29

Dans les deux stations, et surtout au Saint-Bernard, le baromètre a été en moyenne dans l'année plus élevé que de coutume; à Genève, l'écart positif des mois de février, avril, septembre et novembre, et l'écart négatif de janvier et de mars dépasse les limites de l'écart probable. Les plus fortes différences entre l'écart observé à Genève et au Saint-Bernard ont eu lieu en janvier, mars, septembre et octobre; dans les deux premiers mois, le baromètre était relativement plus élevé au Saint-Bernard qu'à Genève, et l'inverse a eu lieu pour les deux derniers mois.

Avec les données suivantes pour l'année 1867: 727<sup>mm</sup>,46 et 565<sup>mm</sup>,02 pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations, + 9°,96 et - 0°,55 pour la température moyenne, 0,77 et 0,81 pour la fraction moyenne de saturation, je trouve d'après mes tables hypsométriques, 2066<sup>m</sup>,8 pour la différence d'altitude des deux stations, le nivellement direct a donné 2070<sup>m</sup>,3.

Les tableaux suivants renferment les données qui permettent d'apprécier la variabilité du baromètre dans les deux stations, soit que l'on considère l'écart entre la hauteur moyenne du baromètre pour chaque jour et la hauteur normale, ou la variation entre deux jours consécutifs, soit que l'on considère enfin les maxima et minima absolus observés dans chaque mois.

GENÈVE 1867

Époque	Écart négatif	Écart positif	Nombre de changements de signe	Écart moyen	Écart extrême		Écart moy. entre 2 jours consécutifs	Écart extrême entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1866.	6	25	6	± 7,14	mm -12,89 le 31	mm +11,64 le 9	mm ± 3,90	mm - 7,63 le 29	mm + 7,66 le 7
Janv. 1867.	23	8	5	9,13	mm -15,61 le 1	mm + 6,46 le 27	mm 4,13	mm - 6,60 le 7	mm +10,84 le 25
Février.	3	25	2	8,43	mm -10,37 le 6	mm +13,53 le 22	mm 3,86	mm - 7,75 le 3	mm + 8,28 le 7
Mars.	22	9	4	7,16	mm -12,13 le 6	mm + 7,15 le 3	mm 3,90	mm - 9,46 le 5	mm + 7,89 le 29
Avril.	8	22	6	4,52	mm - 6,93 le 28	mm + 9,09 le 2	mm 3,20	mm - 6,11 le 19	mm + 5,47 le 28
Mai.	14	17	6	3,94	mm - 8,86 le 12	mm + 6,71 le 7	mm 2,42	mm - 6,05 le 11	mm + 4,54 le 27
Juin.	10	20	10	3,43	mm - 5,03 le 24	mm + 6,46 le 11	mm 2,79	mm - 5,54 le 13	mm + 5,74 le 25
Juillet.	18	17	8	2,57	mm - 5,33 le 25	mm + 3,90 le 6	mm 2,92	mm - 4,01 le 28	mm + 4,12 le 26
Août.	14	13	8	2,60	mm - 8,51 le 2	mm + 3,58 le 29	mm 2,08	mm - 4,77 le 14	mm + 5,09 le 2
Septembre.	3	27	4	3,47	mm - 0,48 le 4	mm + 3,09 le 29	mm 1,84	mm - 3,81 le 23	mm + 2,76 le 26
Octobre.	12	19	8	4,45	mm - 8,64 le 10	mm + 7,95 le 26	mm 4,61	mm - 8,89 le 7	mm + 8,29 le 10
Novembre.	4	26	2	7,53	mm - 9,77 le 17	mm +13,38 le 8	mm 3,82	mm - 9,16 le 30	mm + 7,94 le 17
Année . . .	137	228	73	± 5,68	mm -15,61 le 1 janvier	mm +13,53 le 22 février	mm ± 3,30	mm - 9,46 le 5 mars	mm +10,84 le 25 janvier

SAINT-BERNARD 1867

ÉPOQUE	Écart négatif	Écart positif	Nombre de changements de signe	Écart moyen	Écart extrême		Écart moy. entre 2 jours consécutifs	Écart extrême entre 2 jours consécutifs	
					négatif	positif		négatif	positif
Déc. 1866.	6	25	4	±7,32	-9,44 le 31	+11,61 le 24	±2,98	-8,67 le 13	+5,82 le 16
Janv. 1867.	21	10	5	8,17	-14,80 le 16	+7,08 le 30	3,31	-6,33 le 24	+7,37 le 21
Février. . .	4	24	3	8,99	-5,21 le 7	+12,61 le 21	3,32	-7,22 le 4	+9,80 le 7
Mars. . . .	23	8	4	4,69	-12,84 le 6	+4,89 le 25	3,33	-8,34 le 5	+4,91 le 31
Avril. . . .	8	22	8	3,41	-3,99 le 28	+7,34 le 13	2,68	-6,68 le 14	+4,52 le 22
Mai . . . .	13	18	5	4,45	-7,72 le 23	+9,33 le 7	2,26	-3,27 le 11	+4,42 le 24
Juin . . . .	11	19	4	3,69	-6,36 le 15	+7,44 le 12	2,50	-7,51 le 13	+5,47 le 25
Juillet . . .	17	14	9	1,91	-3,48 le 29	+2,79 le 4	1,57	-3,06 le 18	+2,73 le 20
Août . . . .	11	20	5	3,33	-7,51 le 2	+6,22 le 19	4,95	-4,53 le 14	+3,34 le 3
Septembre.	3	37	4	3,73	-2,17 le 25	+6,37 le 29	1,92	-5,85 le 23	+2,93 le 25
Octobre . .	14	17	6	5,66	-10,66 le 8	+7,66 le 26	4,22	-9,39 le 7	+8,62 le 28
Novembre .	5	25	6	4,64	-5,16 le 17	+10,85 le 8	3,11	-6,26 le 15	+5,60 le 6
Année . . .	136	229	63	±5,30	-14,80 le 16 janvier	+12,61 le 21 février	±2,81	-9,39 le 7 octobre	+9,80 le 7 février

## GENÈVE 1867.

	Maximum.	Date	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1866.	139,51	le 9	711,68	le 31	27,83
Janv. 1867.	137,16	le 31	709,18	le 11	27,98
Février . .	741,12	le 22	714,82	le 6	26,30
Mars . . .	733,81	le 3	710,31	le 19	23,50
Avril . . .	734,74	le 2	715,25	le 28	19,49
Mai . . . .	732,43	le 7	712,89	le 12	19,54
Juin. . . .	733,55	le 11	719,28	le 15	14,27
Juillet. . .	732,13	le 28	720,31	le 23	11,82
Août . . . .	732,36	le 19	718,75	le 2	13,61
Septembre.	736,43	le 29	723,67	le 17	12,76
Octobre. . .	735,13	le 26	715,86	le 10	19,27
Novembre.	740,46	le 8	714,18	le 16	26,28
Année . . .	741,12	le 22 février.	709,18	le 11 janvier.	31,94

## SAINT-BERNARD 1867.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1866.	573,20	le 24	550,08	le 31	23,12
Janv. 1867.	568,83	le 28	544,70	le 16	24,13
Février . .	573,16	le 21	552,31	le 7	20,85
Mars . . .	565,73	le 25	546,37	le 7	19,36
Avril . . .	569,06	le 13	556,83	le 28	12,23
Mai . . . .	572,71	le 7	556,35	le 23	16,36
Juin. . . .	574,10	le 12	559,10	le 15	15,00
Juillet. . .	571,61	le 22	564,51	le 30	7,10
Août . . . .	575,13	le 19	561,13	le 2	14,00
Septembre.	573,59	le 7	561,74	le 25	11,85
Octobre. . .	572,01	le 25	552,99	le 10	19,02
Novembre.	574,04	le 8	555,14	le 17	18,90
Année. . .	575,13	le 19 août.	544,70	le 16 janvier.	30,43

GENÈVE 1867. — Tension de la vapeur.

ÉPOQUE	Midi	TENSION																					
		moyenne de 24 h.		Minimum absolu		Maximum absolu		22 h.		20 h.		18 h.		10 h.		8 h.		6 h.		4 h.		2 h.	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1866.	5,13	4,88	2,87	8,10	4,87	4,57	4,35	4,82	4,98	4,57	4,35	4,82	4,98	5,10	5,10	5,06	4,98	4,82	4,57	4,35	4,82	4,98	5,10
Janvier 1867 . . .	4,50	4,34	1,32	7,25	4,37	4,20	4,17	4,33	4,35	4,20	4,17	4,33	4,35	4,54	4,45	4,41	4,35	4,33	4,20	4,17	4,33	4,35	4,54
Février . . . . .	5,64	5,73	2,79	8,06	5,67	5,02	5,11	5,29	5,47	5,02	5,11	5,29	5,47	5,73	5,57	5,60	5,47	5,29	5,02	5,11	5,29	5,47	5,73
Mars . . . . .	5,95	5,93	2,32	9,08	5,93	5,49	5,72	5,85	5,80	5,49	5,72	5,85	5,80	5,93	5,93	5,83	5,80	5,85	5,49	5,72	5,85	5,93	5,93
Avril . . . . .	6,69	6,44	3,12	10,86	6,65	6,36	6,68	6,53	6,52	6,36	6,68	6,53	6,52	6,69	6,55	6,60	6,52	6,53	6,36	6,68	6,55	6,69	6,69
Mai . . . . .	8,46	8,62	3,76	13,05	8,52	8,27	8,68	8,64	8,61	8,27	8,68	8,64	8,61	8,46	8,43	8,39	8,61	8,64	8,27	8,68	8,43	8,62	8,62
Juin . . . . .	10,31	10,26	5,54	16,10	10,32	10,42	10,72	10,30	10,67	10,42	10,72	10,30	10,67	10,31	10,26	10,39	10,67	10,30	10,42	10,72	10,30	10,26	10,26
Juillet . . . . .	9,27	9,33	5,35	14,41	9,47	9,39	9,40	9,66	9,90	9,39	9,40	9,66	9,90	9,27	9,39	9,64	9,90	9,66	9,39	9,40	9,66	9,33	9,33
Août . . . . .	10,85	10,87	6,76	16,05	11,51	10,83	11,62	11,51	11,70	10,83	11,62	11,51	11,70	10,85	10,87	11,36	11,70	11,51	10,83	11,62	11,36	10,87	10,87
Septembre . . . .	10,54	10,63	5,04	15,90	10,65	9,92	10,72	10,66	11,14	9,92	10,72	10,66	11,14	10,54	10,35	10,84	11,14	10,66	9,92	10,72	10,35	10,63	10,63
Octobre . . . . .	7,06	7,13	3,27	11,21	7,00	6,57	6,85	6,96	7,00	6,57	6,85	6,96	7,00	7,06	7,13	7,18	7,00	6,96	6,57	6,85	7,13	7,13	7,13
Novembre . . . .	5,06	4,99	2,60	8,45	5,04	4,62	4,71	4,70	4,69	4,62	4,71	4,70	4,69	4,99	4,87	4,88	4,69	4,70	4,62	4,71	4,87	4,99	4,99
Hiver . . . . .	5,07	5,10	1,32	8,10	4,95	4,59	4,60	4,80	4,92	4,59	4,60	4,80	4,92	5,07	5,02	5,00	4,92	4,80	4,59	4,60	4,80	5,07	5,07
Printemps . . . .	7,04	7,00	2,32	13,05	7,04	6,71	7,03	7,01	6,98	6,71	7,03	7,01	6,98	7,04	6,98	6,94	6,98	7,01	6,71	7,03	6,98	7,04	7,04
Été . . . . .	10,14	10,15	5,35	16,10	10,43	10,21	10,38	10,52	10,76	10,21	10,38	10,52	10,76	10,14	10,19	10,46	10,76	10,52	10,21	10,38	10,19	10,15	10,15
Automne . . . . .	7,55	7,58	2,60	15,90	7,56	7,03	7,42	7,43	7,61	7,03	7,42	7,43	7,61	7,55	7,47	7,63	7,61	7,43	7,03	7,42	7,47	7,58	7,58
Année . . . . .	7,46	7,47	1,32	16,10	7,51	7,45	7,42	7,46	7,58	7,45	7,42	7,46	7,58	7,46	7,43	7,52	7,58	7,46	7,45	7,42	7,47	7,47	7,47

GENÈVE 1867. — Fraction de saturation en millièmes.

EPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minute)	(14h.)	(16h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu
Déc. 1866 .	773	751	794	859	883	885	889	889	891	896	898	826	853	400	1000,
Janvier 1867	808	791	809	837	846	861	871	884	892	900	883	857	853	420	1000,
Février . . .	686	650	647	719	774	800	828	861	884	881	856	796	782	400	1000,
Mars . . . .	749	732	751	784	827	867	884	890	895	890	874	816	830	410	1000,
Avril . . . .	612	572	598	670	723	773	821	873	892	850	766	671	735	270	1000,
Mai . . . . .	621	593	593	646	743	818	863	884	899	874	783	681	750	180	1000,
Jun . . . . .	612	580	567	607	724	762	803	848	891	835	772	661	724	390	1000,
Juillet . . .	497	466	473	524	624	691	754	832	854	778	625	567	640	310	980
Août . . . .	342	526	532	590	687	765	819	876	915	882	733	633	708	250	980
Septembre .	636	610	598	684	788	839	874	893	912	888	816	698	769	340	1000,
Octobre . .	729	716	738	807	837	874	891	907	916	905	874	787	831	450	1000,
Novembre .	728	687	703	779	803	852	872	891	896	886	875	795	814	450	1000,
Hiver . . . .	758	734	754	808	836	850	864	879	889	893	879	828	831	400	1000,
Printemps .	661	633	648	700	765	820	856	882	895	871	808	724	772	180	1000,
Été . . . . .	551	523	523	573	678	739	792	852	887	838	709	620	690	250	1000,
Automne . .	695	668	680	757	810	855	879	897	908	893	855	761	805	340	1000,
Année . . .	665	639	656	709	772	816	848	878	895	873	813	732	774	180	1000,
														140 fois	

Formules de la variation diurne de la fraction de saturation. — GENEVE 1867

Décembre 1866	H = 853	+ 062 sin	( $\mu$ )	+ 241,8)	+ 034 sin	(2 $\mu$ )	+ 226,0)	+ 009 sin	(3 $\mu$ )	+ 215,5)
Janvier 1867	H = 853	+ 045 sin	( $\mu$ )	+ 218,7)	+ 016 sin	(2 $\mu$ )	+ 232,4)	+ 005 sin	(3 $\mu$ )	+ 216,9)
Février	H = 782	+ 113 sin	( $\mu$ )	+ 216,8)	+ 032 sin	(2 $\mu$ )	+ 216,2)	+ 008 sin	(3 $\mu$ )	+ 160,7)
Mars	H = 830	+ 082 sin	( $\mu$ )	+ 227,7)	+ 020 sin	(2 $\mu$ )	+ 215,7)	+ 005 sin	(3 $\mu$ )	+ 270,0)
Avril	H = 735	+ 148 sin	( $\mu$ )	+ 230,2)	+ 022 sin	(2 $\mu$ )	+ 270,0)	+ 007 sin	(3 $\mu$ )	+ 114,8)
Mai	H = 750	+ 160 sin	( $\mu$ )	+ 231,2)	+ 012 sin	(2 $\mu$ )	+ 225,0)	+ 013 sin	(3 $\mu$ )	+ 13,5)
Juin	H = 724	+ 154 sin	( $\mu$ )	+ 224,9)	+ 017 sin	(2 $\mu$ )	+ 252,6)	+ 019 sin	(3 $\mu$ )	+ 48,2)
Juillet	H = 640	+ 186 sin	( $\mu$ )	+ 231,0)	+ 020 sin	(2 $\mu$ )	+ 329,5)	+ 021 sin	(3 $\mu$ )	+ 85,8)
Août	H = 708	+ 192 sin	( $\mu$ )	+ 228,3)	+ 024 sin	(2 $\mu$ )	+ 279,7)	+ 015 sin	(3 $\mu$ )	+ 36,2)
Septembre	H = 769	+ 159 sin	( $\mu$ )	+ 233,2)	+ 025 sin	(2 $\mu$ )	+ 222,6)	+ 010 sin	(3 $\mu$ )	+ 20,1)
Octobre	H = 831	+ 098 sin	( $\mu$ )	+ 234,5)	+ 027 sin	(2 $\mu$ )	+ 236,9)	+ 004 sin	(3 $\mu$ )	+ 225,0)
Novembre	H = 814	+ 099 sin	( $\mu$ )	+ 226,1)	+ 026 sin	(2 $\mu$ )	+ 217,3)	+ 007 sin	(3 $\mu$ )	+ 204,8)
Hiver	H = 831	+ 070 sin	( $\mu$ )	+ 224,6)	+ 027 sin	(2 $\mu$ )	+ 223,5)	+ 007 sin	(3 $\mu$ )	+ 200,2)
Printemps	H = 772	+ 129 sin	( $\mu$ )	+ 230,1)	+ 016 sin	(2 $\mu$ )	+ 238,2)	+ 003 sin	(3 $\mu$ )	+ 26,6)
Été	H = 690	+ 178 sin	( $\mu$ )	+ 228,2)	+ 018 sin	(2 $\mu$ )	+ 288,7)	+ 018 sin	(3 $\mu$ )	+ 59,3)
Automne	H = 805	+ 148 sin	( $\mu$ )	+ 231,6)	+ 026 sin	(2 $\mu$ )	+ 225,3)	+ 000 sin	(3 $\mu$ )	+ 315,0)
Année	H = 774	+ 124 sin	( $\mu$ )	+ 229,3)	+ 020 sin	(2 $\mu$ )	+ 241,7)	+ 003 sin	(3 $\mu$ )	+ 59,0)

Si l'on compare l'année 1867 avec la moyenne des 20 années 1848-67, on trouve les écarts suivants pour la tension moyenne de la vapeur, pour la fraction moyenne de saturation en millièmes et pour le nombre de cas de saturation.

	ÉCARTS.		
	tension moyenne. mm	fraction de saturation.	cas de saturation.
Décembre 1866 .	+0,66	-019	0
Janvier 1867 . .	+0,22	-009	-12
Février . . . . .	+1,08	-039	- 9
Mars . . . . .	+1,07	+069	+15
Avril . . . . .	+0,44	+027	+ 1
Mai . . . . .	+0,64	+036	- 1
Juin . . . . .	+0,42	+017	0
Juillet . . . . .	-1,15	-038	- 2
Août . . . . .	+0,54	0	- 2
Septembre. . . .	+0,94	-010	+ 5
Octobre . . . . .	-0,92	-006	-12
Novembre. . . . .	-0,52	-022	- 6
Hiver . . . . .	+0,64	-022	-21
Printemps . . . .	+0,72	+044	+15
Été . . . . .	-0,07	-007	- 4
Automne . . . . .	-0,17	-013	-13
Année. . . . .	+0,28	+001	-23

L'hiver et le printemps présentent un excédant considérable dans la tension de la vapeur, malgré cet excédant l'hiver a été en raison de sa chaleur exceptionnelle relativement plus sec que de coutume et les cas de saturation moins fréquents. Le printemps au contraire, dont la température dépasse peu la moyenne a été aussi relativement plus humide, et les cas de saturation plus fréquents que de coutume, cette saison a été également pluvieuse. Les deux autres saisons s'écartent peu de la moyenne. En somme, dans l'année, la tension de la vapeur dépasse la moyenne, tandis que l'humidité relative n'en diffère que d'une quantité insensible, les cas de saturation ont été d'un septième moins fréquents que de coutume.

Vents observés à Genève, dans l'année 1867.

	Décemb. 1866.	Janvier 1867.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Année.
Calme	5	7	2	6	5	10	9	6	12	19	12	5	98
N. . .	24	57	71	110	64	87	140	77	96	98	71	107	1002
NNE. .	10	42	24	73	44	22	32	29	31	62	39	129	537
NE. . .	7	15	3	3	5	6	5	2	10	5	9	15	85
ENE. .	0	1	0	2	1	4	0	0	1	1	2	4	16
E. . .	16	6	6	8	4	11	3	2	3	6	6	7	78
ESE. .	6	2	0	1	0	1	0	1	2	0	4	0	17
SE. . .	15	5	4	4	2	4	1	2	1	3	12	3	56
SSE..	14	6	5	4	3	4	1	5	6	6	10	10	74
S. . .	59	38	22	18	20	22	13	23	29	28	44	32	348
SSO..	97	85	87	45	123	46	48	106	50	38	48	25	798
SO. . .	39	46	50	32	57	37	13	26	19	31	30	19	399
OSO..	3	7	14	10	13	11	8	7	10	4	6	5	98
O. . .	14	15	9	16	16	12	14	12	5	7	12	1	133
ONO. .	6	3	4	3	3	5	6	5	1	1	3	1	41
NO. . .	6	4	5	11	6	3	9	3	6	3	8	2	66
NNO. .	3	8	5	7	10	20	15	9	18	10	10	6	121

RAPPORT.

Vents  
NE. à SO.

RÉSULTANTE.

Direction. Intensité sur 100.

Calme  
sur 100.

Décembre 1866. . . . .	0,27	S 71,4 0	17,5	2
Janvier 1867. . . . .	0,63	S 51,2 0	24,8	3
Février . . . . .	0,57	S 59,6 0	35,7	1
Mars . . . . .	1,62	N 17,9 0	38,7	2
Avril . . . . .	0,52	S 58,7 0	42,7	2
Mai . . . . .	1,02	N 54,6 0	21,0	4
Juin. . . . .	1,87	N 20,6 0	49,2	3
Juillet. . . . .	0,63	S 65,7 0	27,1	2
Août . . . . .	1,25	N 30,0 0	22,3	4
Septembre . . . . .	1,59	N 11,4 0	29,0	7
Octobre . . . . .	0,91	S 87,9 0	8,7	4
Novembre. . . . .	3,20	N 14,8 E	62,8	2
Année . . . . .	0,97	N 66,3 0	16,6	3

La comparaison de ces chiffres avec ceux déduits d'une longue série d'années 1847-61 montre une prédominance des vents du midi, surtout dans les mois de décembre, janvier, février, avril et juillet. Si l'on compare la fréquence relative des vents du N., NNE. et NE. avec ceux du S., SSO. et SO., en réduisant les chiffres du tableau précédent se rapportant à 3285 observations au chiffre proportionnel de 1000, on trouve :

1867. Moyenne. 1867-Moy.			1867. Moyenne. 1867-Moy.		
N. 305	273	+32	S. 106	116	-10
NNE. 163	216	-53	SSO. 243	194	+49
NE. 26	38	-12	SO. 121	125	-4

Pour les 3 directions N à NE - 33

Pour les 3 directions S à SO + 35

Malgré cette prédominance des vents soufflant de la région S. à SO. le nombre de jours, où un fort vent du midi a régné pendant toute la journée, a été moindre que de coutume, puisque le chiffre moyen est de 54, tandis que d'après le tableau suivant on n'en compte que 40 en 1867. Le nombre de jours de forte bise a été également au-dessous de la moyenne, 39 au lieu de 45.

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent du Midi.
Décembre 1866 . . .	0	5
Janvier 1867 . . . .	3	4
Février . . . . .	2	5
Mars . . . . .	7	1
Avril . . . . .	3	9
Mai . . . . .	0	5
Juin . . . . .	3	2
Juillet . . . . .	2	4
Août . . . . .	4	1
Septembre . . . . .	3	1
Octobre . . . . .	3	3
Novembre . . . . .	9	0
Année . . . . .	39	40

Les vents observés au Saint-Bernard pendant l'année 1867 sont :

	VENTS.			RÉSULTANTE.		
	NE.	SO.	Rapport.	Direction	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1866.	237	43	5,51	N 45° E	69,5	19
Janv. 1867.	194	87	2,23	N 45 E	38,4	11
Février . .	219	59	3,71	N 45 E	63,5	11
Mars. . . .	166	92	1,80	N 45 E	26,5	14
Avril . . .	239	63	3,79	N 45 E	65,2	16
Mai . . . .	112	132	0,85	S 45 O	7,2	25
Juin. . . .	201	35	5,74	N 45 E	61,5	21
Juillet . . .	169	129	1,31	N 45 E	14,3	8
Août . . . .	139	100	1,39	N 45 E	14,0	20
Septembre.	109	123	0,89	S 45 O	5,2	26
Octobre . .	235	126	1,87	N 45 E	39,1	9
Novembre.	250	70	3,57	N 45 E	66,7	9
Année. . .	2270	1059	2,14	N 45 E	36,9	15,8

Ces chiffres montrent que la prédominance des vents du SO. ne s'est pas manifestée dans la station élevée, dans laquelle les vents du NE. ont soufflé au contraire plus fréquemment que de coutume ; en particulier dans les mois de décembre, janvier, février, avril, juillet et octobre, le vent du NE. régnait au Saint-Bernard et le vent du SO. à Genève, le phénomène inverse a eu lieu dans les mois de mai et de septembre, mais avec une intensité beaucoup moins prononcée.

## Pluie ou neige, dans l'année 1867.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.
Décemb. 1866.	11	66,9	70	5	35,2	49
Janvier 1867 .	19	105,3	141	16	107,4	177
Février . . . .	9	40,2	50	9	89,8	75
Mars . . . . .	20	156,9	140	16	155,0	173
Avril . . . . .	16	137,1	123	5	159,6	50
Mai . . . . .	10	118,0	66	8	69,7	54
Juin. . . . .	14	63,4	48	14	102,9	70
Juillet. . . . .	9	27,5	31	4	53,7	19
Août . . . . .	8	60,0	34	8	66,5	35
Septembre. . .	7	91,2	50	8	95,4	56
Octobre. . . .	17	91,2	83	9	113,9	68
Novembre. . .	4	5,9	13	3	45,3	20
Hiver . . . . .	39	212,4	261	30	232,4	301
Printemps. . .	46	412,0	329	29	384,3	277
Été . . . . .	31	150,9	113	26	223,1	124
Automne . . .	28	188,3	146	20	254,6	144
Année. . . . .	144	963,6	849	105	1094,4	846

Il est tombé une assez grande quantité de neige, à Genève, pendant le mois de janvier, et le sol a été recouvert de neige pendant plus de quinze jours, tandis que les cinq hivers précédents, elle n'avait pour ainsi dire pas pris pied, fondant en tombant, ou au bout de quelques heures. Dès les premiers jours de ce mois, il en était tombé une petite quantité qui avait rapidement disparu, mais du 13 au 21 il a neigé presque tous les jours, et la hauteur de la couche de neige s'est élevée en somme à 463<sup>mm</sup>; elle n'a disparu dans la plaine que le 29 de ce mois, à la suite d'une pluie chaude et abondante.

La quantité de neige tombée dans les autres mois est insignifiante, et elle n'est pas restée sur le sol.

La comparaison de l'année 1867 avec la moyenne des 42 années 1826-67 donne les différences suivantes à Genève pour le nombre de jours de pluie, et pour la quantité d'eau tombée.

	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée. mm
Décembre 1866. . . . .	+ 2	+ 17,0
Janvier 1867 . . . . .	+ 9	+ 56,4
Février . . . . .	+ 1	+ 2,6
Mars . . . . .	+10	+108,4
Avril . . . . .	+ 5	+ 78,7
Mai . . . . .	- 2	+ 36,1
Juin . . . . .	+ 3	- 14,2
Juillet. . . . .	0	- 40,0
Août . . . . .	- 2	- 21,1
Septembre . . . . .	- 4	- 9,5
Octobre . . . . .	+ 6	- 6,7
Novembre. . . . .	- 6	- 67,9
<hr/>		
Hiver . . . . .	+12	+ 76,0
Printemps. . . . .	+13	+223,2
Été . . . . .	+ 1	- 75,3
Automne . . . . .	- 4	- 84,1
<hr/>		
Année. . . . .	+22	+139,8

La première moitié de l'année est ainsi caractérisée par la fréquence et l'abondance de la pluie ; c'est surtout au printemps que ce caractère est prononcé, dans toute la série des 42 années il ne s'en trouve qu'une seule en 1856, où la quantité de pluie tombée dans cette saison ait été supérieure à celle de l'année 1867, le nombre de jours de pluie est le même dans les deux années. Un fait assez remarquable est que le printemps de l'année précédente déjà, avait été exceptionnellement pluvieux ; le mois

de mars en particulier est presque identique dans ces deux années consécutives, quant au nombre de jours de pluie et de la quantité de pluie tombée et l'excédant dépasse très-considérablement celui qui a été observé dans aucune autre année pendant tout ce laps de temps. C'est un exemple frappant d'une anomalie très-prononcée se produisant dans le même sens, deux, ou quelquefois un plus grand nombre d'années consécutives, et pouvant altérer d'une manière très-sensible la moyenne, à moins que l'on ne puisse disposer d'une longue série d'observations. Il est tombé moins d'eau que de coutume dans l'été et dans l'automne de l'année 1867, le nombre de jours de pluie s'écartant peu de la moyenne, mais en somme l'année a été pluvieuse.

J'ai relevé dans le tableau suivant, pour chaque mois, les périodes principales de sécheresse, ou de jours consécutifs sans pluie, et les périodes pluvieuses, ou de jours de pluie consécutifs; je donne également le nombre de jours où la quantité d'eau tombée dans les 24 heures a été faible, au-dessous d'un millimètre, ou très-faible, au-dessous d'un quart de millimètre; enfin la quantité maximum d'eau tombée dans 24 heures, et le nombre de jours où cette quantité a dépassé trois centimètres.

	Périodes		Périodes pluvieuses.	Pluie dans 24 heures au-dessous de		Pluie dans 24 heures maximum. dépassant 3 <sup>cm</sup>	
	de sécheresse.			1 <sup>mm</sup> , 0.	0 <sup>mm</sup> , 25.	mm	
Décembre 1866	10 jours (17-26)		5 jours (12-16)	2	-	19,4 le 3	-
Janvier 1867..	3 »		6 » (6-11)	1	-	13,5 le 11	-
Février.....	8 » (20-27)		3 »	3	2	11,6 le 6	-
Mars.....	6 » (1-6)		8 » (7-14)	5	1	30,1 le 27	1
Avril.....	5 » (10-14)		7 » (25-1 mai)	2	-	21,6 le 26	-
Mai.....	11 » (2-12)		4 » (13-16)	1	-	22,9 le 14	-
Juin.....	6 » (8-13)		5 » (23-27)	6	2	17,5 le 23	-
Juillet.....	7 » (5-11 et 16-22)		2 »	2	1	8,4 le 12	-
Août.....	18 » (5-22)		3 »	-	-	29,8 le 23	-
Septembre....	12 » (29 août-9)		3 »	1	-	35,8 le 15	1
Octobre.....	3 »		6 » (15-20)	5	3	16,0 le 8	-
Novembre....	10 » (3-12)		2 »	2	-	2,7 le 13	-
Année.....	18 jours		8 jours	30	9	35,8 le 15 sept.	2

Il n'y a pas eu ainsi de longues périodes de sécheresse, le plus grand intervalle sans pluie ayant été de 18 jours au mois d'août, on trouve par contre d'assez longues périodes de jours consécutifs de pluie, la plus longue de 8 jours au mois de mars. Sur les 144 jours de pluie de l'année il s'en trouve 30, où il n'est tombé qu'une faible quantité d'eau, au-dessous d'un millimètre, et 9 où la quantité était insignifiante, au-dessous d'un quart de millimètre. Malgré le caractère pluvieux de l'année, la quantité maximum d'eau tombée dans 24 heures n'a atteint dans aucun mois un chiffre bien élevé; le chiffre le plus élevé noté au mois de septembre étant fort au-dessous du maximum moyen, il n'y a eu que deux jours dans l'année où la quantité de pluie tombée dans 24 heures ait dépassé trois centimètres.

J'ai formé, comme pour les années précédentes, le tableau suivant qui fait ressortir d'une manière plus claire, à quelques égards, la distribution de la pluie. Ce tableau fait connaître, pour les deux stations, la durée relative de la pluie, obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie, par mois, par saison, et pour l'année, par le nombre total d'heures contenues dans chaque période; le nombre moyen d'heures pendant lequel il a plu un jour de pluie, enfin la quantité moyenne d'eau tombée dans une heure.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure. mm	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure. mm
Déc. 1866.	0,095	6,36	0,96	0,066	9,80	0,72
Janv. 1867.	0,190	7,42	0,75	0,238	11,06	0,61
Février. . .	0,074	5,56	0,80	0,112	8,33	1,20
Mars. . . .	0,188	7,00	1,12	0,233	10,62	0,90
Avril. . . .	0,171	7,69	1,11	0,069	10,00	3,19
Mai . . . .	0,089	6,60	1,79	0,073	6,75	1,29
Juin . . . .	0,067	3,43	1,32	0,097	5,00	1,47
Juillet . . .	0,042	3,44	0,89	0,026	4,75	2,83
Août. . . .	0,046	4,25	1,76	0,047	4,37	1,90
Septembre.	0,069	7,14	1,82	0,078	7,00	1,70
Octobre . .	0,112	4,88	1,10	0,091	7,56	1,67
Novembre .	0,018	3,25	0,45	0,028	6,67	2,26
Hiver. . . .	0,121	6,69	0,81	0,139	10,03	0,77
Printemps .	0,149	7,15	1,25	0,125	9,55	1,39
Été . . . .	0,051	3,65	1,34	0,056	4,77	1,80
Automne. .	0,067	5,21	1,29	0,066	7,20	1,77
Année . . .	0,097	5,90	1,13	0,097	8,06	1,29

La quantité d'eau tombée au Saint-Bernard en 1867 est restée notablement au-dessous de la moyenne, surtout en hiver et en automne, et la hauteur de la neige tombée a été également bien plus faible que de coutume.

Hauteur de la neige tombée au Saint-Bernard dans les différents mois de 1867.

	millimètres.
Décembre 1866. . . .	470
Janvier 1867. . . . .	1450
Février. . . . .	860
Mars . . . . .	1690
Avril . . . . .	380
Mai. . . . .	110
Juin . . . . .	20
Juillet. . . . .	0
Août . . . . .	0
Septembre . . . . .	0
Octobre. . . . .	530
Novembre . . . . .	240
Année . . . . .	5750

Le nombre de jours où l'on a entendu le tonnerre à Genève dans l'année 1867 s'élève à 25, répartis comme suit; les détails sur les orages se trouvent dans les tableaux mensuels.

	Jours de tonnerre à Genève.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1866. . . . .	0	0
Janvier 1867. . . . .	1	2
Février . . . . .	0	0
Mars . . . . .	0	0
Avril . . . . .	2	2
Mai . . . . .	5	0
Juin . . . . .	5	1
Juillet . . . . .	3	2
Août. . . . .	7	1
Septembre . . . . .	2	3
Octobre. . . . .	0	0
Novembre. . . . .	0	0
Année. . . . .	25	11

Voici, enfin, le nombre des jours, où l'on a observé des halos, ou des couronnes, autour du soleil ou autour de la lune; les détails sur ces phénomènes se trouvent également dans les tableaux mensuels.

	Halo solaire.	Couronne solaire.	Halo lunaire.	Couronne lunaire.
Décembre 1866. . . . .	1	0	1	1
Janvier 1867 . . . . .	1	0	0	2
Février . . . . .	2	0	2	7
Mars . . . . .	3	0	1	5
Avril . . . . .	9	0	1	4
Mai . . . . .	4	0	1	5
Juin. . . . .	0	0	0	2
Juillet. . . . .	3	0	0	1
Août . . . . .	0	1	0	1
Septembre. . . . .	1	0	1	2
Octobre . . . . .	1	0	1	4
Novembre . . . . .	1	0	0	5
Année. . . . .	26	1	8	39

*État du ciel.*

D'après la notation adoptée, la portion du ciel couverte par des nuages est exprimée en dixièmes, 0,0 représentant un ciel parfaitement clair, et 1,0 un ciel entièrement couvert. Un jour est rangé dans la catégorie des jours clairs, peu nuageux, très-nuageux ou couverts, selon que la clarté moyenne déduite des neuf observations diurnes est comprise entre les limites respectives de 0,0 et 0,25; 0,25 et 0,50; 0,50 et 0,75; 0,75 et 1,00.

On trouve, pour l'année 1867, les nombres suivants pour ces différentes catégories et pour la clarté moyenne du ciel, soit à Genève, soit au Saint-Bernard :

	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours couverts.	Clarté moyenne.	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours couverts.	Clarté moyenne.
Déc. 1866.	3	6	3	19	0,72	14	2	7	8	0,44
Janv. 1867.	1	0	6	24	0,85	3	4	7	17	0,70
Février. . .	4	5	7	12	0,63	8	1	4	15	0,65
Mars . . . .	0	4	4	23	0,81	4	3	4	20	0,74
Avril . . . .	2	6	7	15	0,68	5	5	6	14	0,64
Mai . . . . .	9	5	6	11	0,51	8	6	7	10	0,54
Juin . . . . .	9	4	7	10	0,52	6	3	4	17	0,65
Juillet . . .	7	11	6	7	0,47	5	9	8	9	0,53
Août . . . .	10	4	8	9	0,47	8	2	5	16	0,63
Septembre.	11	5	8	6	0,43	11	4	4	11	0,52
Octobre . .	4	2	5	20	0,74	6	2	2	21	0,70
Novembre .	10	5	8	7	0,48	17	3	2	8	0,36
Hiver. . . .	8	11	16	55	0,735	25	7	18	40	0,595
Printemps .	11	15	17	49	0,664	17	14	17	44	0,639
Été . . . . .	26	19	21	26	0,488	19	14	17	42	0,604
Automne. .	25	12	21	33	0,555	34	9	8	40	0,528
Année . . .	70	57	75	163	0,610	95	44	60	166	0,592

A Genève, l'hiver a été un peu plus clair que de coutume, et la contradiction avec le caractère pluvieux de cette saison, d'où l'on aurait pu inférer un résultat contraire, s'explique par la beaucoup moins grande fréquence du brouillard. Le printemps par contre a été beaucoup plus nuageux que de coutume, l'été s'écarte peu de la moyenne, mais en automne le ciel a été notablement plus clair que d'après la moyenne.

	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1866. . . . .	6	3	9
Janvier 1867. . . . .	1	3	4
Février. . . . .	0	5	5
Mars. . . . .	0	3	3
Avril. . . . .	0	0	0
Mai . . . . .	0	0	0
Juin . . . . .	0	0	0
Juillet . . . . .	0	0	0
Août . . . . .	0	0	0
Septembre . . . . .	0	1	1
Octobre . . . . .	0	4	4
Novembre . . . . .	0	1	1
Année . . . . .	7	20	27

SUR LA  
CORRESPONDANCE ENTRE LES VARIATIONS MAGNÉTIQUES  
ET  
CELLES DES COURANTS ÉLECTRIQUES TERRESTRES<sup>1</sup>

(Extrait d'une lettre de M. Airy à M. le prof. A. de la Rive.)

---

Il est impossible, dit M. Airy, de voir les courbes qui sont engendrées par les deux genres d'appareils enregistreurs sans être frappé de leur concordance générale; cela est surtout vrai pour celles qui montrent les irrégularités qu'éprouve la force magnétique nord. Il est cependant quelques points moins importants dans lesquels il y a désaccord; ces points sont aussi bien généraux que spéciaux; ils méritent qu'on les examine avec attention.

L'observation qui a le plus de portée est que les irrégularités observées dans les courbes auxquelles donnent naissance les courants électriques sont plus nombreuses que celles qu'engendrent les appareils magnétiques. L'au-

<sup>1</sup> La lettre que j'ai reçue de M. Airy renferme, accompagnées de quelques détails explicatifs, les conclusions du mémoire du savant astronome royal qui va paraître dans le volume des *Transactions Philosophiques* actuellement sous presse. Ce mémoire a pour titre : *Comparaison des perturbations magnétiques accusées par les magnétomètres enregistreurs et les perturbations magnétiques déduites des observations correspondantes des courants électriques terrestres accusés par les galvanomètres enregistreurs*. Ce sont ces conclusions qui font l'objet de cet article; j'y ai joint seulement quelques notes explicatives.

(A. D. L. R.)

teur ignore si cette différence provient de la nature ou de l'origine même des courants, ou si elle doit être attribuée à ce que les appareils magnétiques sont moins sensibles que les électriques.

Une seconde remarque, c'est que les irrégularités dans la courbe des courants électriques précèdent presque toujours celles qu'accuse la courbe tracée par les magnétomètres. Ces intervalles de temps sont parfaitement certains. Il y a cependant quelques exemples du cas contraire, c'est-à-dire dans lesquels les mouvements irréguliers du galvanomètre ont suivi les mouvements correspondants des magnétomètres, et un plus grand nombre, particulièrement s'il s'agit de la force nord, dans lesquels la coïncidence des mouvements est parfaite. Mais le cas de beaucoup le plus fréquent est celui dans lequel les irrégularités galvanométriques précèdent celles des magnétomètres. Il est arrivé quelquefois (en particulier pour la force ouest, le 4 octobre 1866, à 9 heures 40 minutes) que l'avance du galvanomètre sur le magnétomètre est d'une demi-heure.

On observe dans quelques cas que les proportions des élévations et des dépressions ne sont pas les mêmes dans les deux systèmes de courbes; cette différence est plus sensible pour la force ouest que pour la force nord. Le 7 juin 1867, on remarque une saillie considérable de la courbe galvanométrique pour la force ouest. M. Glaisher a donné de ce fait une explication que M. Airy regarde comme juste, c'est que les circuits ayant été interrompus momentanément, les fils conducteurs avaient probablement pris une charge provenant de l'accumulation de l'électricité; ce qui avait produit un mouvement plus considérable au moment où les circuits avaient été rétablis.

Quelques autres discordances accidentelles sont faciles à expliquer en tenant compte soit de l'avance ordinaire des mouvements galvanométriques sur les mouvements magnétométriques, soit de l'inégalité dans les saillies et les dépressions des deux courbes.

Après un examen attentif de tous les points que nous venons de signaler, il n'en est pas moins impossible, quand on voit les coïncidences des deux systèmes de courbes, de se refuser à admettre la conclusion que les perturbations magnétiques sont produites par des courants électriques terrestres, qui circulent au-dessous des aimants. Il reste cependant encore quelques points à éclaircir avant de pouvoir établir que les courants électriques, tels que nous les observons, peuvent rendre compte de tous les mouvements que présentent les magnétomètres, autres que ceux qui proviennent des perturbations irrégulières.

Un point d'une assez grande importance est la relation des nouvelles courbes à leurs zéros. Il semblerait résulter de l'inspection générale de ces courbes que dans les jours d'orage magnétique la force nord, telle qu'elle est accusée par les courants électriques, éprouve une augmentation totale, tandis que les résultats donnés par le magnétomètre (du moins dans l'Observatoire de Greenwich) indiquent dans les mêmes circonstances une diminution. M. Airy dit qu'il ne peut pour le moment expliquer cette différence<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Pour bien comprendre ce point, il est, je crois, nécessaire de recourir aux explications que M. Airy a bien voulu me fournir sur ma demande, et que j'ai rapportées plus loin en les accompagnant de quelques observations sur le fond même de la question.

(A. D. L. R.)

Les autres discordances, en ce qui concerne le temps et les mesures, tiennent probablement, suivant M. Airy, à ce que le fil dirigé sur Croydon est entièrement au sud-ouest de l'Observatoire de Greenwich, tandis que celui de Dartford est entièrement au sud-est. Il est probable que les courants électriques qui partent par ces fils sont une dérivation de ceux qui circulent plutôt aux lieux situés près du milieu de chacune des lignes droites qui unissent l'Observatoire respectivement avec Croydon et Dartford, que dans l'endroit même où est placé l'Observatoire. C'est une question de savoir si, pour la continuation des observations, il ne vaudrait pas mieux réduire considérablement la longueur des fils, et faire arriver leurs extrémités à des points tels que les appareils enregistreurs se trouvassent situés au milieu même de leur longueur.

Pour le moment on ne peut encore se prononcer sur la question de savoir si l'observation des courants électriques terrestres peut jeter du jour sur l'origine des variations diurnes régulières des éléments magnétiques. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'elle ne peut expliquer la cause même du magnétisme terrestre, et qu'en particulier l'étude des courants électriques terrestres ne confirme nullement l'hypothèse d'Ampère soutenue par Barlow, qui attribuait le magnétisme à des courants électriques circulant autour de la terre de l'est à l'ouest.

*Observations sur la notice qui précède.*

Comme je l'ai dit plus haut, M. Airy a bien voulu me donner quelques détails explicatifs en addition aux conclusions de son travail que je viens de transcrire.

La force nord dont il est question dans ces conclusions

est la composante dans la direction du méridien magnétique d'une force étrangère à celle qui maintient l'aiguille dans ce méridien ; force dont l'autre composante perpendiculaire à ce méridien, est la force ouest dont il est aussi question. L'amplitude variable de cette force ou composante nord est accusée par la courbe que donne le magnétomètre bifilaire muni d'un appareil enregistreur. Les variations de la force ou de la composante ouest sont indiquées par la courbe que trace photographiquement aussi le magnétomètre libre ou de déclinaison ; car ces variations se manifestent par des déviations plus ou moins considérables du pôle nord de l'aimant à l'ouest.

Les indications des appareils galvanométriques sont tout autres. Nous pouvons mesurer les intensités des courants électriques terrestres dans deux directions, et nous pouvons, par la formule de la décomposition des forces, regarder ces directions comme étant : une celle de l'est à l'ouest et l'autre celle du nord au sud, et déterminer même les intensités respectives de ces deux courants composants. D'après les lois de l'électrodynamique, nous savons que le courant électrique dirigé de l'est à l'ouest produit une force magnétique nord, et celui dirigé du nord au sud une force magnétique ouest. On peut ainsi comparer ces forces avec les forces correspondantes accusées par les magnétomètres, et c'est cette comparaison qui est l'objet même du travail de M. Airy.

Ceci dit, M. Airy entre dans quelques détails sur le rapport des courbes de la force nord, telles que les donnent les appareils galvanométriques avec leurs zéros, et sur la discordance apparente qui en résulte dans les orages magnétiques. Dans un mémoire précédent, inséré dans les Transactions philosophiques de 1863, le savant astro-

nome royal avait conclu de cent soixante-dix-sept observations d'orages magnétiques que la force magnétique nord éprouve une diminution pendant ces orages. Dans son dernier travail il a pu déterminer le changement que devait produire dans cette force magnétique nord les courants électriques terrestres ; il s'attendait à trouver qu'ils devaient la diminuer en totalité ; mais il a trouvé qu'en réalité elle est augmentée. Il lui est facile de savoir ce que doit être la force magnétique nord quand il n'y aurait pas de courant terrestre, puisqu'en interrompant le circuit du galvanomètre, il obtient le zéro absolu qui est le point de départ de la mesure du courant terrestre, et qu'il peut ainsi calculer l'effet de ce courant. Il a donc trouvé que cette force magnétique nord telle qu'elle est quand il n'y a pas de courants électriques qui la modifient, doit être augmentée et non diminuée par l'effet de ces courants pendant les orages magnétiques, tandis que l'observation directe lui avait montré qu'elle était diminuée.

Il y a sans doute quelque élément qui a échappé à M. Airy dans l'interprétation de ses résultats pour qu'il ait été conduit à admettre une augmentation au lieu d'une diminution dans la force magnétique nord pendant les orages magnétiques. Il me semble, en effet, que l'observation directe qui lui donne une diminution est bien plus d'accord avec le fait que c'est un courant électrique terrestre dirigé du nord au sud, et par conséquent portant le pôle nord de l'aiguille à l'ouest, qui donne lieu aux grandes perturbations. Ne serait-il point possible que dans ces perturbations il y eût d'autres courants terrestres accidentels qui, accusés par le galvanomètre, conduiraient à des conclusions qui ne seraient pas exactes. C'est un point que M. Airy se propose d'éclaircir.

Quoi qu'il en soit, M. Airy a établi un point très-important, c'est l'accord qui existe pendant les perturbations magnétiques entre les mouvements des magnétomètres et ceux des galvanomètres qui servent à percevoir les courants électriques terrestres; accord qui le conduit à la conclusion forcée que les premiers sont dus à l'action de ces courants terrestres. Il m'est permis de rappeler que j'étais déjà arrivé à cette même conclusion<sup>1</sup> que viennent renforcer les observations nouvelles et aussi exactes que nombreuses, de M. Airy.

A. D. L. R.

<sup>1</sup> Voyez *Traité d'Électricité*, par M. A. de la Rive, tome III, p. 279 et 280.

## CHRISTIAN-FRÉDÉRIC SCHOENBEIN

---

Là mort de C.-F. Schoenbein a eu un triste retentissement dans le monde savant et particulièrement en Suisse. Nous ne saurions mieux remplir le douloureux devoir de retracer dans ce recueil la vie de cet homme éminent, qu'en empruntant les pages suivantes à une notice publiée dans les *Basler Nachrichten* <sup>1</sup>, et due, si nous ne nous trompons pas, à la plume du professeur E. Hagenbach.

---

La dépouille mortelle de Christian-Frédéric Schoenbein vient d'être portée à sa dernière demeure. Il a été si rapidement arraché à une vie pleine d'activité, si brusquement emporté, que nous pouvons à peine nous figurer qu'il ait cessé d'être au milieu de nous. Aussi les lignes que nous lui consacrons ici ne peuvent être que l'expression de quelques-uns des sentiments réveillés en nous par la perte de cet homme si aimé : l'appréciation complète de sa carrière scientifique ne peut être donnée en quelques traits rapides.

Schoenbein naquit le 18 octobre 1799 à Metzingen en Souabe. Ses parents lui donnèrent une éducation simple et pieuse. Il quitta la maison paternelle déjà à l'âge de quatorze ans pour entrer dans une fabrique de produits chimiques ; mais cette carrière pratique ne pouvait pas lui suffire, elle ne devait qu'éveiller en lui une soif

<sup>1</sup> Numéros des 3, 4 et 5 septembre 1868.

ardente pour les études plus élevées de la chimie. Il put suivre l'école de latin et alla ensuite aux universités de Tubingen et d'Erlangen. Lorsqu'il eut terminé ses études universitaires il enseigna quelque temps la chimie et la physique dans une école de Keilhau, près de Rudolstadt : puis il poursuivit son développement scientifique en Angleterre et en France, et enfin se rendit à Bâle, comme professeur de physique et de chimie, en 1828. Cet enseignement était précédemment confié à M. le Conseiller Peter Merian, qui poursuit encore aujourd'hui son active carrière parmi nous ; une maladie l'avait forcé d'interrompre ses cours par lesquels il avait réussi à ramener la faveur sur ces sciences, jadis si brillamment représentées à Bâle par des hommes tels que Jacob et Daniel Bernoulli.

Ce fut en 1835 que Schoenbein fut nommé professeur ordinaire de physique et de chimie à Bâle, et il remplit ces fonctions sans interruption jusqu'à sa mort, avec la seule différence que, depuis 1852, la chaire de physique et de chimie fut divisée en deux chaires distinctes, et qu'il garda celle de chimie. Ainsi Schoenbein a professé dans notre université près de quarante années, et pendant ce temps il n'a quitté Bâle que momentanément ; ses deux plus grands voyages, l'un en Angleterre, l'autre en Allemagne, sont bien connus par les descriptions qu'il en a publiées, et auxquelles le mélange de sérieux, de humour, de considérations scientifiques et d'aventures donnent un charme tout particulier.

Schoenbein s'était marié dans l'année 1835 ; le bonheur qu'il trouva dans la vie de famille fut malheureusement troublé par la mort subite de sa fille aînée en 1859, événement qui ébranla cruellement lui et les siens.

L'activité de Schoenbein était tout entière consacrée à

la science, et il resta toujours fidèle aux conseils de son maître à Erlangen, le célèbre philosophe Schelling, qui lui avait appris à « regarder la science comme sa fiancée ! » Aussi toutes ses facultés, tous ses efforts ont tendu constamment à se rapprocher chaque jour plus de la vérité scientifique, et à pénétrer toujours plus profondément dans le jeu mystérieux des forces qui régissent les changements de la nature matérielle des corps. Schœnbein travaillait toute la journée avec une ardeur et un entrain infatigables, et quand on s'étonnait de le voir, dans un âge déjà avancé, employer tout son temps à ses expériences et se rendre, même en hiver, de grand matin à son laboratoire, il avait coutume de répondre avec sa figure riante, qu'il savait bien qu'il ne lui restait que peu de temps pour travailler, et qu'il avait encore beaucoup de filasse sur sa quenouille (*Werch an der Kunkel*).

Schœnbein conserva jusqu'à la fin toute la fraîcheur de ses facultés ainsi que l'enthousiasme juvénile avec lequel il faisait part de ses découvertes à ses collègues et au monde scientifique.

Parmi les travaux de Schœnbein, nous mentionnerons d'abord ceux qui se rapportent à des sujets qui ne sont tout à fait, ni du ressort de la physique, ni de celui de la chimie, ou plutôt qui appartiennent à toutes deux. Citons ses recherches sur la passivité du fer et de quelques autres métaux; puis les changements de couleurs des corps sous l'influence de la température; l'action chimique des rayons lumineux, et enfin, la théorie de l'électricité voltaïque. Dans ce dernier domaine, Schœnbein a apporté beaucoup de clarté dans le débat bien connu de la théorie du contact et de la théorie chimique, en étudiant avec impartialité les deux opinions opposées et dé-

montrant en quoi elles étaient fautives. Il attribuait l'origine de l'électricité voltaïque à l'affinité chimique, mais cependant il établissait une différence positive entre le développement de l'électricité dans la pile ouverte, et la production du courant et la décomposition chimique qui se manifeste lorsque le circuit est fermé.

Ses travaux sur le courant voltaïque datent surtout de 1836 à 1840; depuis cette époque ses vues sur l'origine du courant voltaïque ont été de plus en plus admises par les physiciens. Schoenbein fit en 1839 en Angleterre, à la réunion des sciences naturelles, la connaissance du célèbre avocat et savant anglais Grove. Celui-ci avait présenté à la séance un petit appareil voltaïque qui avait été construit à l'aide de têtes de pipes d'argile; ce fut là la première annonce de la célèbre pile constante qui porte le nom de son inventeur. Comme Schoenbein s'était occupé de sujets semblables, on vit bientôt les deux savants se réunir pour poursuivre ces recherches en commun. Ils firent construire une de ces piles sur une grande échelle, et obtinrent ainsi un appareil qui, relativement à ses petites dimensions, produisait une force extraordinaire pour cette époque. C'est le cabinet de physique de Bâle qui possède cette première grande pile constante à acide nitrique, souvenir à la fois de Schoenbein et de Henri Heussler, un ami des sciences qui nous a aussi été enlevé, et qui l'avait fait construire et donnée à notre académie. La possession de cet appareil fut pour Schoenbein l'occasion de reprendre avec une énergie nouvelle ses recherches sur les rapports de l'électricité et de la force chimique. Grâce à cette pile, il devint possible de décomposer l'eau en ses éléments en plus grande quantité qu'on n'avait pu le faire encore; c'est pendant une expé-

rience de ce genre que Schönbein aperçut dans l'automne de 1839 une odeur particulière que présentait l'oxygène obtenu par la décomposition voltaïque de l'eau, odeur identique à celle qui se produit lorsqu'une grande machine électrique est mise en activité, ou quand la foudre tombe. Cette odeur fut d'abord attribuée à une nouvelle substance qui aurait été mêlée à l'oxygène en petite quantité. Ce corps particulier devait recevoir un nom et après avoir consulté son collègue M. W. Vischer, Schönbein lui donna celui d'ozone<sup>1</sup>.

Sa première publication de la découverte de l'ozone préoccupa peu le monde savant. Mais Schoenbein ne se laissa pas rebuter : il continua ses expériences sur ce sujet avec une persistance qui se rencontre seulement chez ceux que possède complètement une idée. Il a poursuivi pendant ce qu'on peut bien appeler une vie d'homme (29 ans) le même but, l'étude des propriétés chimiques de l'oxygène, l'élément le plus important de notre globe.

A la suite, soit de ses propres recherches, soit de celles d'autres savants, Schoenbein avait bientôt renoncé à admettre que l'ozone fût une substance élémentaire. Il reconnut dans cette substance un état particulier de l'oxygène, doué de certaines propriétés toutes spéciales. Nous ne pouvons énumérer ici les nombreuses découvertes se rattachant à ce sujet, et encore moins retracer les pas importants qu'elles ont fait faire dans le domaine de la chimie et de la physiologie ; nous nous bornerons à faire remarquer que Schoenbein a beaucoup contribué à élargir le champ de la science dans cette direc-

<sup>1</sup> D'après la prononciation grecque, c'est la première syllabe de ce mot qui doit être accentuée, mais Schoenbein accentuait toujours la seconde, et cette prononciation s'est répandue dans toute l'Allemagne.

tion, et de même que l'on n'effaçera jamais de l'histoire de la chimie les noms de Priestley, Scheele, Lavoisier qui ont découvert l'oxygène ou étudié les premiers ses propriétés, de même le nom de Schœnbein sera toujours cité lorsqu'on parlera des formes diverses que revêt cet élément et de l'action variée qu'il exerce sur les corps organiques ou inorganiques.

Parmi les découvertes qui ont fait connaître Schœnbein, même en dehors du monde scientifique, il faut citer celle du coton-poudre. Cette substance n'était pas destinée à servir aux haines des hommes et à jouer le rôle guerrier que semble indiquer son nom. La découverte de Schœnbein a rendu des services plus pacifiques : la dissolution du coton-poudre dans l'éther, le collodium, sert comme pansement pour les blessures, et forme un ingrédient précieux pour la photographie. Les premières expériences de l'emploi du collodium dans un but médical, furent faites à l'instigation de Schœnbein, par son ami le Dr Yung, à l'hôpital de Bâle <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Nous citerons ici quelques-unes des paroles que M. Dumas a prononcées à l'Académie de Paris, en annonçant la mort de Schœnbein. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 21 septembre 1868.)

« Le coton-poudre, l'ozone, sont des découvertes qui ont rendu populaire le nom de M. Schœnbein ; chacun a pu en apprécier le caractère original.

« Mais la formation presque universelle de l'eau oxygénée dans toutes les oxydations lentes, opérées en présence de l'eau, soit dans les expériences de laboratoire, soit dans les phénomènes naturels les plus communs, a excité la plus profonde surprise parmi les chimistes. En effet, ce composé dont personne n'avait soupçonné l'existence, que Thenard avait eu tant de peine à caractériser, qu'il n'avait pu isoler qu'au moyen des précautions les plus exceptionnelles, qui à peine formé se détruit ; ce corps, M. Schœnbein l'a prouvé, prend sans cesse naissance autour de nous, en quantités infiniment petites, il est vrai, mais incontestablement mises en évidence par des réac-

Les difficultés que Schœnbein avait trouvé à faire accepter ses idées au début, furent compensées plus tard par l'assentiment qu'elles finirent par rencontrer de toute part. Les savants les plus distingués d'Allemagne, de France et d'Angleterre ont accepté ses vues essentielles, et plusieurs sociétés savantes, entre autres les Académies de Paris et celle de Munich, l'ont nommé membre correspondant.

La manière de travailler de Schœnbein mérite d'être signalée ici. Quelque grands que soient les résultats auxquels il est parvenu, les moyens qu'il a employés pour les obtenir sont extrêmement simples. Il n'y a pas de doute que les grands progrès faits par la science moderne pour la construction d'appareils et d'instruments, n'ait eu une influence considérable sur ses progrès; mais les recherches de Schœnbein nous ont montré ce qu'on peut faire même sans ces moyens perfectionnés.

Schœnbein était constamment pénétré et absorbé par

tions aussi élégantes qu'exactes. Partout où un métal s'oxyde, où une matière organique éprouve la combustion lente, l'eau oxygénée se produit.

« Parmi les derniers travaux de M. Schœnbein, il suffira de citer l'expérience si digne de méditation à l'aide de laquelle il montre que le ruthénium en éponge, détermine comme la lumière, mais plus rapidement, la décomposition de l'eau par le chlore, le dégagement de l'oxygène et la formation de l'acide chlorhydrique. Le ruthénium en éponge agit de la même manière que la chaleur rouge. Il n'absorbe ni ne cède rien, et l'action est si rapide, qu'un tube contenant du ruthénium en éponge qui serait traversé par une solution de chlore rendrait à son extrémité, de l'oxygène et une solution d'acide chlorhydrique. Les amis de M. Schœnbein avaient le droit et avaient pris l'habitude de lui demander, lorsque l'occasion de le rencontrer se présentait, non pas : « Qu'avez-vous fait de nouveau ? » mais : « Qu'avez-vous d'étonnant à nous dire ? » car il semblait fait pour donner un corps aux rêves de la science. » (Réq.)

ses idées, et consacrait tout son temps à ses propres recherches. Ce travail incessant d'invention rendait impossible qu'il eût au même degré les qualités d'un érudit. Sans doute il suivait les progrès de la chimie dans les parties dont il ne s'occupait pas spécialement, mais il ne lui était pas toujours possible d'y apporter une attention complète. Il n'était pas d'accord avec les vues et les méthodes de plusieurs chimistes actuels; il comparait souvent la production de combinaisons toujours variées avec la rotation d'un caleïdoscope, donnant constamment de nouvelles images, amusantes sans doute, mais ne nous apportant pas grande lumière. Il comparait souvent aussi les phénomènes chimiques avec une pièce de théâtre, dans laquelle beaucoup de chimistes, disait-il, ne voient que le dénouement du dernier acte, tandis que souvent c'est le développement du drame qui est le plus intéressant.

Dans le jugement qu'il portait sur les idées des autres savants, Schœnbein peut avoir été parfois un peu aveuglé. La vivacité de son esprit lui faisait souvent trop fortement apercevoir les inconvénients et les défauts, et la préoccupation de ses propres idées ne lui laissait pas le temps de réfléchir avec calme et impartialité aux conceptions des autres.

Son activité, comme professeur, restera comme un précieux souvenir pour beaucoup de personnes. Il ressort clairement de ce que nous avons dit sur sa manière de travailler, que sa spécialité n'était pas d'exposer l'état actuel de la science et d'en faire ressortir les divers points de vues sous une forme également travaillée. Ce qui était le plus remarquable dans ses cours, c'était la conviction pleine de chaleur et de clarté avec laquelle il

parlait, aussitôt qu'il traitait de l'un de ses sujets favoris ; c'était non-seulement l'instruction, mais encore l'amour de la science qu'il donnait ainsi à ses élèves ; bon nombre d'entre eux lui en seront toujours reconnaissants.

Schoenbein ne borna pas son enseignement aux cours de l'Université : il sut faire participer les autres à ses connaissances de bien d'autres manières.

Avant tout nous devons parler de l'activité qu'il apportait dans la Société des Sciences naturelles de Bâle, dont il a été un membre actif pendant quarante ans ; il la considérait comme « son meilleur ami, » auquel il faisait toujours immédiatement part de ses meilleures découvertes ; les comptes rendus de cette société donnent la série entière de ses travaux scientifiques.—La Société helvétique des Sciences naturelles perd en lui un de ses membres les plus zélés et les plus réguliers ; il a presque toujours animé les séances de la section de physique par d'intéressantes communications ; et cette année à la session d'Einsiedeln, son absence fut déjà vivement ressentie ; la société se sentit pressée du besoin de lui transmettre par le télégraphe un salut amical, qui le trouva couché sur son lit de maladie, bientôt devenu son lit de mort. — Tous les Bâlois qui s'intéressent aux sciences, ont entendu les conférences remarquables que Schoenbein adressait au grand public ; déjà anciennement il avait fait des cours entiers, et dans ces dernières années il ne se refusa pas à partager les efforts de jeunes gens, pour l'organisation de cours populaires publics. Mais son activité d'enseignement s'étendait aussi au dehors des salles des cours : qu'on le rencontrât en société, dans la rue, à la brasserie même ; partout il savait donner à la conversation un tour scientifique,

sans toutefois jamais prendre le ton pédant d'un maître d'école<sup>1</sup>.

Schoenbein savait gagner tous les cœurs par ses qualités aimables, et il comptait un grand nombre d'amis. Mais ses nombreuses relations ne l'empêchaient pas de contracter des amitiés étroites auxquelles il resta fidèle pendant toute sa vie; il était intimement lié avec quelques collègues, dont plusieurs l'ont précédé dans la tombe; les plus jeunes de ses confrères sentaient que ce n'était pas seulement de la bienveillance, mais une vraie amitié qui l'attachait à eux. Parmi les savants étrangers avec lesquels il était le plus lié et entretenait une correspondance régulière, nous citerons Faraday, Grove, Liebig, Wöhler, Eisenlohr, Pettenkofer, Sainte-Claire Deville, Scoutetten de Metz, auteur d'un ouvrage sur l'ozone très-répandu en France.

Les réunions de la Société helvétique lui fournissaient l'occasion d'entretenir des rapports avec les savants de la Suisse. Il était particulièrement en relation avec MM. Escher, Studer, de la Rive, Pictet, Heer, Desor, Lang et beaucoup de jeunes savants qui jouissaient aussi de son amitié.

Si nous devons résumer en un mot le caractère de Schoenbein, nous verrions qu'à tous les points de vue, il représentait une personnalité particulièrement développée; c'était un *original* dans le meilleur sens du mot, et de tels hommes méritent d'autant plus d'être appréciés, qu'ils deviennent toujours plus rares dans notre époque de nivel-

<sup>1</sup> Nous retranchons de la fin de cette notice plusieurs passages relatifs au rôle que Schoenbein a joué à Bâle dans les affaires publiques, à son goût pour les arts, à ses convictions religieuses et politiques, etc.

(Réd.)

lement universel. Schoenbein était un homme complet, non-seulement parce qu'une idée principale, l'amour de la science, dominait toute sa vie, mais encore parce que toutes ses autres facultés avaient reçu un entier et vigoureux développement.

La santé de Schoenbein était en général bonne et robuste ; il était endurci contre les influences extérieures ; il y a peu de temps encore, il travaillait au milieu de l'hiver dans un laboratoire non chauffé. Depuis quelques années il souffrait de temps en temps d'attaques de goutte ; cependant il s'en remettait toujours complètement. Il avait fait pour ce motif, pendant les vacances de cet été, une cure à Wildbad qui devait le fortifier pour l'hiver prochain. En revenant, il s'était arrêté à Sauersberg, près de Baden-Baden, chez un ami ; là il eut un abcès au cou qui dégénéra rapidement en un anthrax dangereux ; son retour chez lui devint impossible. Les plus grands soins et les secours médicaux ne purent arrêter la marche de ce terrible mal ; et le 29 août, il mourut doucement dans la maison de son hôte.

Ses obsèques eurent lieu à Bâle, le 2 septembre. Le deuil était conduit par quelques-uns de ses amis, entre autres par son cher Eisenlohr, qui l'avait visité à son lit de mort. Un long cortège de collègues, d'élèves, de relations, d'admirateurs, l'accompagna avec émotion à sa dernière demeure.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

G. MAGNUS. UEBER DIE DIATHERMANSIE... SUR LA DIATHERMANSIE DE LA SYLVINE. (*Poggendorff's Annalen*, 1868, n° 6.)

On sait que le sel gemme présente plus que tous les autres corps la propriété de se laisser traverser par la chaleur. Melloni, qui le premier a observé ce fait, a trouvé qu'une plaque de sel gemme parfaitement pure de 2<sup>mm</sup>,7 d'épaisseur, transmet 92,3 pour cent de la chaleur incidente. Une autre particularité, également remarquable de cette substance, consiste en ce qu'elle laisse passer la même proportion de chaleur provenant de sources différentes, telles qu'une flamme ou un vase rempli d'eau bouillante, tandis que toutes les autres substances présentent à cet égard des différences considérables; ainsi par exemple, d'après les données de Melloni<sup>1</sup>, le verre transmet 39 pour cent de la chaleur émanant d'une lampe, tandis qu'il arrête complètement celle provenant d'un vase rempli d'eau bouillante. La cause de cette propriété particulière du sel gemme est d'autant plus mystérieuse que jusqu'ici on ne connaît pas d'autre substance qui se comporte de la même manière.

Le chlorure de potassium présente dans sa composition chimique une grande analogie avec le sel gemme; mais jusqu'ici on n'avait trouvé aucun échantillon de cette substance qui fût assez pure pour se prêter à des recherches. Depuis plusieurs années, on avait trouvé à Stassfurt du chlorure de potassium pur, auquel on avait donné le nom de Sylvine, mais il n'était pas assez limpide pour les recherches. Tout à

<sup>1</sup> *Thermochrose*, page 164.

fait récemment, cependant, on a trouvé des cristaux de cette substance, dont quelques-uns sont très-transparents. Grâce à l'obligeance de M. Krug von Nidda, j'en ai eu à ma disposition deux échantillons dont les dimensions permettent la détermination de leur diathermansie.

Pour endommager le moins possible ces beaux cristaux, on s'est borné à cliver et polir deux de leurs surfaces naturelles opposées, dont l'une était précédemment un peu courbe : on a obtenu ainsi une plaque de 26<sup>mm</sup> d'épaisseur, que l'on a comparé avec deux plaques de sel gemme amenées par le clivage à une épaisseur parfaitement la même. L'une de ces plaques de sel gemme, incolore et transparente, provenait de Stassfurt, l'autre d'une autre localité. La plaque de Sylvine était très-claire et très-transparente, cependant elle avait une légère teinte rouge<sup>1</sup>. Elle transmettait 76 pour cent de la chaleur provenant d'un vase rempli d'eau bouillante; avec une Lampe de Locatelli, elle transmettait une proportion un peu moindre, 71,8 pour cent, ce qui provient peut-être de ce que dans l'intervalle des deux expériences, elle était restée exposée à l'air pendant quelques jours.

La plaque de sel gemme parfaitement claire, de Stassfurt, et dont l'épaisseur était aussi de 26<sup>mm</sup>, laissait passer 72 pour cent de la chaleur provenant d'une source à 100 degrés, et 79 pour cent de la lampe de Locatelli.

L'autre plaque de sel gemme qui était absolument limpide, et qui avait aussi 26<sup>mm</sup> d'épaisseur, était aussi diathermane que la plaque de Melloni, dont l'épaisseur était dix fois moindre, soit 2<sup>mm</sup>,6. En effet, il passait 92,6 pour cent de la chaleur provenant du vase d'eau bouillante, et 92,5 de la lampe. La Sylvine se comporte donc précisément comme le sel gemme, et même les échantillons de ces deux substances

<sup>1</sup> On a trouvé plus récemment à Stassfurt des cristaux de cette substance, qui sont complètement rouges comme de la carnalite, et qui contiennent du fer oligiste.

provenant de la même localité, c'est-à-dire de Stassfurt, possède exactement la même diathermansie.

Melloni a aussi observé un échantillon de sel gemme qu'il appelle *louche* ; il ne laissait passer que 62 pour cent ; ainsi le sel gemme et la sylvine de Stassfurt présentent une diathermansie intermédiaire entre celle des échantillons de sel gemme étudiés par Melloni, qui cependant n'avaient que 2<sup>mm</sup>,6 d'épaisseur, c'est-à-dire une dimension dix fois moindre. Du sel gemme, dont une plaque de 26<sup>mm</sup> d'épaisseur laisse passer 92 pour cent de chaleur, est rare et ne se rencontre pas dans beaucoup de localités. Quant à l'autre propriété de transmettre également la chaleur provenant de sources diverses, la Sylvine la présente au même degré que le sel gemme, et se place par conséquent à côté de lui, sous ce rapport.

---

P. DESAINS. RECHERCHES SUR LES SPECTRES CALORIFIQUES OBSCURS.

(*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 3 octobre 1868.)

L'ensemble des recherches relatives au spectre calorifique a depuis longtemps établi que la chaleur de la partie lumineuse de ce spectre est plus transmissible à travers l'eau que ne le sont les rayons obscurs moyens. Melloni est allé plus loin, et, dans un Mémoire présenté en 1831 à l'Académie des Sciences, il énonce que les parties les moins réfrangibles du spectre solaire obscur sont complètement dépourvues de la propriété de traverser une couche d'eau de quelques millimètres. Ces portions seraient, à ce point de vue, assimilables aux radiations émanées des corps noircis portés à des températures inférieures à 300 degrés.

Quels qu'aient été, depuis le travail de Melloni, les résultats acquis à la science sur les propriétés des radiations calorifiques solaires, j'ai cru devoir chercher de nouveau si, dans les spectres formés de ces radiations, il existe réellement

encore des rayons analogues à ceux des sources à très-basse température.

Les notions récemment acquises sur l'action absorbante des vapeurs rendaient la chose peu probable, et, en effet, je n'ai jamais pu trouver dans les spectres solaires que j'ai étudiés de rayons complètement dépourvus de transmissibilité à travers l'eau. Ces spectres étaient assez purs pour qu'on y distinguât facilement à l'œil les raies principales, leur partie lumineuse avait environ 25 millimètres d'étendue, et leur partie obscure une étendue à peu près égale : j'en explorais les différentes parties à l'aide d'une pile linéaire dont la largeur était à peine la vingt-cinquième partie de la largeur totale du spectre ; dans le maximum j'avais souvent jusqu'à 30 degrés de déviation, et même quelquefois beaucoup plus ; or, en écartant ma pile jusqu'aux limites de l'obscur, là où je n'obtenais plus qu'une déviation de une ou deux divisions, je trouvais encore que la chaleur capable de produire ces déviations se transmettait en proportion très-notable à travers une couche d'eau de 2 millimètres : il n'est pas inutile de remarquer que ces derniers faisceaux de chaleur obscure extrême ne formaient pas, dans mes expériences, la deux-centième partie de la chaleur totale répandue dans toute l'étendue du spectre.

On arrive à des résultats complètement différents lorsqu'on analyse des spectres de sources lumineuses terrestres, telles que la flamme d'une lampe sans verre ou encore un fil de platine incandescent.

Dans une série d'expériences, un fil de cette espèce était maintenu au cerise clair dans une mince flamme de gaz ; son rayonnement limité par un diaphragme convenable venait, à 28 centimètres environ, tomber sur une lentille de sel gemme de 15 centimètres de foyer, laquelle en formait une image nette à une distance un peu supérieure à 30 centimètres : en plaçant contre la lentille un beau prisme de sel gemme on déviait les rayons en les dispersant. La portion

lumineuse du spectre était peu visible et les effets calorifiques qu'elle produisait peu intenses : le spectre obscur était au moins aussi dilaté que dans le cas des rayons solaires et il présentait un maximum très-nettement accusé ; dans la position relative à ce maximum la pile recevait assez de chaleur pour que la déviation obtenue s'élevât souvent jusqu'à 20 degrés ; puis du côté de l'obscur le spectre se prolongeait à une distance au moins égale à celle qui séparait le maximum de la région lumineuse : toute cette seconde partie du spectre obscure était complètement absorbable par une couche d'eau de 2 millimètres d'épaisseur et quant aux rayons formant le maximum, ils l'étaient eux-mêmes presque complètement : à peine la trentième partie de ces rayons échappait-elle à l'absorption, et il fallait se rapprocher notablement de la région lumineuse pour retrouver des transmissions fortement accusées. Ainsi, dans un spectre formé par des rayons qui n'ont pas eu à traverser de couche absorbante, d'épaisseur appréciable, on retrouve des rayons analogues à ceux que l'on emprunte d'ordinaire aux parois des cuves chauffées.

L'appareil que j'employais dans ces études spectrales me permettait de mesurer à  $\frac{1}{4}$  de degré près la déviation imprimée aux faisceaux étudiés par le prisme de sel gemme toujours placé dans la position où la déviation du rouge était minimum. Or, en faisant ces mesures, je reconnus bientôt que des faisceaux de même largeur et de même réfrangibilité moyenne étaient très-différemment absorbables par 2 millimètres d'eau suivant que je les prenais dans le spectre solaire ou dans le spectre formé par des rayons émanés du platine ; dans ce dernier cas, l'absorption est plus forte que dans l'autre.

Les différences sont très-nettes, et ne peuvent être attribuées à la présence de rayons tout à fait absorbables venant des régions extrêmes du spectre et qui se trouveraient mélangés, par suite d'une mauvaise disposition de l'expérience, avec les rayons mêmes sur lesquels on veut opérer. Si, en

effet, il se faisait un pareil afflux de rayons absorbables, il devrait s'en faire un autre de rayons beaucoup plus transmisibles et venant de la portion plus réfractée du spectre, et les effets se balanceraient ou à peu près. D'ailleurs, une nouvelle expérience que nous allons citer ne peut laisser aucun doute. On prend pour source de chaleur une lampe à modérateur, et avec les rayons qui en émanent on forme un spectre bien pur : dans une de mes expériences, la déviation des rayons rouges était de  $40^{\circ},5$ , celle des rayons violets  $43$  degrés, et j'obtenais encore quelques dixièmes de déviation en plaçant l'alidade qui soutenait ma pile à  $38$  degrés seulement des rayons directs. Quand l'alidade était placée à  $39^{\circ},9$  des rayons incidents, la pile ne recevait plus aucun rayon lumineux, mais elle était couverte par la bande obscure contiguë au rouge extrême; une auge de spath fluor renfermant une couche d'eau de  $2$  millimètres laissait passer environ le tiers des rayons formant cette bande. Ainsi, par exemple, on obtenait  $33$  degrés de déviation au direct, et  $11$  degrés au transmis. En mettant l'alidade à  $39^{\circ},2$  de la direction des rayons incidents on obtenait encore de fortes déviations au direct; mais la transmissibilité à travers la même auge était singulièrement diminuée, elle n'était plus que  $\frac{2}{10}$ , c'est-à-dire que la moyenne des déviations obtenues était au direct  $19$  et au transmis  $3,1$ .

Ces observations faites, je modifiai la nature des rayons en leur faisant traverser, avant leur incidence sur le prisme, une couche d'eau de  $0^m,003$  comprise entre deux lames de verre; et alors pour les deux positions que je viens d'indiquer, la transmissibilité à travers l'auge de spath pleine d'eau se trouva singulièrement accrue; elle devint  $\frac{4}{7}$  dans le premier cas, et  $\frac{1}{2}$  dans l'autre.

Il me semble résulter de ces nombres une démonstration complète de la proposition précédemment énoncée. En effet, si l'auge de spath pleine d'eau ne laisse passer que le tiers des rayons obscurs contigus au rouge extrême, et beaucoup

moins des autres faisceaux obscurs moins réfrangibles, il est impossible d'admettre qu'un mélange de rayons aussi peu transmissibles puisse arriver à former un faisceau capable de se transmettre dans la proportion de  $\frac{1}{2}$  ou de  $\frac{1}{3}$ . C'est pourtant à cette conséquence qu'il faudrait arriver si l'on admettait que l'auge de verre pleine d'eau ne modifie les faisceaux incidents qu'en les épurant par l'extinction de rayons de réfrangibilité moyenne très-différente de celle des faisceaux que l'on étudie.

Il me paraît donc établi que si dans des spectres bien purs, mais de provenances différentes, on isole deux tranches de rayons de même réfrangibilité moyenne, et dont la largeur, la même dans les deux cas, soit une très-faible portion de la largeur totale du spectre, ces deux tranches de rayons auront des propriétés fort différentes.

Sans discuter ici les différentes interprétations que l'on pourrait proposer de ce fait, je me bornerai à faire remarquer qu'on l'explique complètement d'après les données que fournit l'analyse spectrale. En effet, si dans un spectre solaire, lumineux ou chimique, on considère une bande dont la largeur soit la quinzième, la trentième partie de celle du spectre, on sait que cette bande est sillonnée d'une multitude de raies, lesquelles correspondent à des rayons qui ont été absorbés en traversant l'atmosphère solaire ou l'atmosphère terrestre, et quoique avec des différences notables, des absorbants convenablement choisis peuvent produire des effets analogues sur les spectres venant de sources terrestres. Or, les raies, les bandes d'absorption dont il s'agit, en se développant dans un faisceau de réfrangibilité moyenne déterminée, le modifient nécessairement et au point de vue de l'intensité et au point de vue de la transmissibilité, puisque évidemment les rayons qui ont disparu n'étaient pas identiques à ceux qui ont persisté, quoiqu'ils eussent sensiblement le même degré de réfrangibilité.

En terminant ce résumé, je demande à l'Académie la per-

mission de signaler un fait qui se rattache directement à l'étude des spectres calorifiques. Un corps porté à la température rouge émet à la fois des rayons calorifiques obscurs et des rayons calorifiques lumineux ; si on le chauffe de plus en plus à partir du terme où il est franchement lumineux, l'accroissement que prend l'énergie de son rayonnement porte-t-il sur la partie lumineuse seulement, ou à la fois sur les deux ? Le seul fait de la position du maximum de chaleur dans la partie obscure des spectres solaires semble indiquer que la seconde hypothèse est la vraie. On peut, du reste, le vérifier de la manière suivante : on prend pour source de chaleur une lame de platine formant paroi d'un petit fourneau à gaz dans lequel on peut obtenir des températures de plus en plus élevées en forçant la pression de l'air que l'on y insuffle. Quand la lame est au cerise bien franc, on isole une partie des rayons qu'elle envoie et on les disperse par un prisme. La pile placée dans la partie obscure du spectre à une distance notable de la portion lumineuse donne une indication qui reste fixe tant que la pression de l'air injecté l'est elle-même ; si l'on force cette pression, la lame passe du cerise au blanc, et en même temps l'indication thermoscopique s'accroît beaucoup, quoique la pile ne puisse recevoir aucun rayon lumineux<sup>1</sup>.

---

### MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

J. GEIKIE. NOTE ON THE DISCOVERY..... NOTE SUR LA DÉCOUVERTE  
D'UN *Bos PRIMIGENIUS* DANS LE TERRAIN ERRATIQUE INFÉ-  
RIEUR DE L'ÉCOSSE. (*Geological Magazine*, Septembre 1868.)

Un fragment de la tête d'un *Bos primigenius* vient d'être découvert dans les travaux du chemin de fer nommé « Groft-head and Kilmarnock Extension. » Il était placé dans une argile à brique d'origine glaciaire qui fait partie du terrain

<sup>1</sup> Ce fait avait déjà été reconnu et étudié par M. Tyndall. Voyez *Archives*, 1865, tome XXII, p. 46. (Réd.)

erratique inférieur et qui repose sur des graviers à cailloux striés. Il ne reste plus à cette tête qu'une seule corne, dont la longueur est de 31 pouces (anglais), la mesure étant prise à l'extérieur en suivant la courbure; le pourtour de la base de cette corne est de quatorze pouces, et la distance qui sépare les bases des deux cornes est de 10 pouces. M. Geikie donne deux coupes qui représentent la position exacte de ce fossile dans le terrain.

---

RAILLARD. SUR LA CHALEUR CENTRALE DE LA TERRE. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 1868, tome LXVI, p. 432.)

Les géologues admettent en général, d'après l'accroissement graduel de la température de la terre, de la surface au centre, que notre globe est solide à l'extérieur sur une épaisseur de quelques lieues, environ  $\frac{1}{500}$  de son diamètre; mais on a objecté à cette hypothèse que si toute la masse du globe était fluide à partir d'une petite profondeur, les actions réunies de la lune et du soleil produiraient des marées dans la masse intérieure, et que l'écorce solide de la terre, étant soulevée deux fois par jour, serait brisée. Cette objection faite, il y a déjà quelques années, a été assez forte pour faire abandonner l'idée de la fluidité intérieure de la terre par des savants de premier ordre. Ils ont admis la solidité de la terre dans toute sa masse, l'arrêt de l'accroissement de la température à une certaine profondeur, et ils pensent que les phénomènes volcaniques sont purement locaux.

L'auteur croit que l'importance attachée à cette objection faite à la fluidité intérieure de la terre, a été exagérée, car en admettant que des marées intérieures agissent sur l'écorce terrestre, elles ne pourraient la soulever que de six mètres, ce qui allongerait le diamètre de la terre de la millionième partie de sa longueur. Cette extension, dont nous ne pourrions probablement pas nous apercevoir, ne déterminerait aucune

rupture dans l'écorce solide, pas plus qu'un anneau de fer de cent mètres de diamètre et de deux décimètres d'épaisseur ne serait brisé par un changement d'un dixième de millimètre produit dans son diamètre. On peut donc bien admettre la possibilité d'une pareille flexion dans l'écorce solide de la terre et croire à l'hypothèse de la fluidité intérieure de notre globe.

Cette hypothèse facilite l'explication de l'aplatissement de la terre, des sources thermales, des éruptions volcaniques et peut-être celle du magnétisme terrestre. Dans l'exposition de quelques considérations relatives aux éruptions volcaniques, l'auteur évalue à 5000° la température de l'intérieur du globe.

---

DELAUNAY. SUR L'HYPOTHÈSE DE LA FLUIDITÉ INTÉRIEURE DU GLOBE TERRESTRE. (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 1868, tome LXVII, page 65.)

M. Delaunay rappelle qu'aux yeux d'un grand nombre de savants le globe terrestre consisterait en une masse liquide recouverte d'une croute solide de peu d'épaisseur relativement à son rayon. Mais une forte objection a été faite à cette manière de voir, il y a une trentaine d'années, par M. Hopkins (*Transact. philoph.*, 1839, 1840, 1842). Elle est basée sur l'idée que le Soleil et la Lune qui agissent sur la Terre pour produire les phénomènes de la précession et de la nutation, ne font sentir leur action que sur la partie solide de notre globe, tandis que la partie fluide échappe par sa nature à leur influence. En admettant cette donnée, M. Hopkins a calculé que la partie solide de la Terre devrait avoir 800 à 1000 milles anglais d'épaisseur, c'est-à-dire  $\frac{1}{6}$  ou  $\frac{1}{4}$  du rayon terrestre, pour que les mouvements dont nous venons de parler soient ce qu'ils sont maintenant. Si la croute solide avait une moindre épaisseur, la précession et la nutation seraient plus considérables. Cette manière de voir a été confir-

mée dernièrement par M. Thompson (*Trans. philosoph.*, 1863, p. 573) et par M. A. Pratt (*Figure of the Earth*, 1860, § 85).

« Ainsi, on le voit, dit M. Delaunay, l'objection mise en avant par M. Hopkins, contre les idées généralement admises par les géologues sur la fluidité intérieure du globe terrestre, est regardée par plusieurs savants anglais comme parfaitement fondée. Je suis d'un avis diamétralement opposé; je crois que l'objection de M. Hopkins ne repose sur aucun fondement réel. »

Le savant académicien appuie son raisonnement sur ce que le liquide intérieur du globe n'est pas doué d'une *fluidité absolue*, mais qu'il possède une certaine viscosité dont le savant anglais n'a pas tenu compte. Il insiste également sur la lenteur du mouvement de rotation imprimé par les forces perturbatrices qui produisent la précession et la nutation. Ce mouvement se combine avec celui de la Terre, et le liquide intérieur du globe, sous l'influence des pressions énormes qui agissent sur lui, doit participer à ce mouvement additionnel.

« D'après ce qui précède, ajoute M. Delaunay, il ne me paraît pas possible d'admettre que l'effet des actions perturbatrices auxquelles sont dues la précession et la nutation, ne s'étende qu'à une portion de la masse du globe terrestre; la masse entière doit être entraînée par ces actions perturbatrices, quelle que soit la grandeur que l'on suppose à la partie fluide intérieure, et par conséquent la considération des phénomènes de la précession et de la nutation ne peut fournir aucune donnée sur le plus ou moins d'épaisseur de la croute solide du globe. »

A la demande de M. Delaunay, M. Champagneur a fait des expériences pour connaître *le mouvement de l'eau par rapport à celui du vase dans lequel elle est contenue* (*Comptes rendus*, 1868, tome LXVII, page 170). Le ballon qui a servi à ces expériences avait 24 centimètres de diamètre et était suspendu à un fil de 12 mètres de longueur. M. Champagneur

est arrivé au résultat suivant : « En résumé, dit-il, l'eau possède une certaine force de cohésion pour le vase qui la renferme, de sorte que si l'on imprime au vase un mouvement de rotation tel, que les variations de vitesse de ce mouvement soient vaincues par la force de cohésion de l'eau, celle-ci est entraînée et suit en tous points le mouvement du vase. »

---

J.-W. JUDD. ON THE SPEETON CLAY. SUR L'ARGILE DE SPEETON. (*Quarterly Journ. of the geological Society of London*, 1868, tome XXIV, page 218.)

L'argile de Speeton sur la côte orientale du Yorkshire a souvent occupé les géologues. C'est ainsi que Young, Bird, Sedgwick, Philipps, Agassiz, Römer, Godwin-Austen, E. Forbes, Fitton, d'Orbigny, d'Archiac, Leckenby, Wright ont successivement émis des opinions sur l'âge de cette formation. M. Judd décrit la position de cette grande masse argileuse, qui n'a pas moins de 500 pieds d'épaisseur. Elle est située au nord du cap Flamborough. La série des couches qui la compose est difficile à reconnaître par suite des nombreux et grands glissements de terrains qui semblent souvent intervertir l'ordre de superposition des couches. Dans un paragraphe spécial, l'auteur examine s'il est possible qu'une partie des couches de Speeton puisse représenter le gault, comme on l'avait cru ; il se prononce négativement en montrant que certains des êtres organisés recueillis dans cette localité ont été mal déterminés. Après avoir réuni un grand nombre de fossiles et fait plusieurs coupes, il arrive à la classification suivante (nous ne ferons connaître qu'un petit nombre des très-nombreux fossiles dont il indique le gisement d'une manière fort exacte) :

1. Néocomien supérieur, 150 p. (argile bleue, argile noire, couche à ciment). *Belemnites semisulcatus*, *Perna Mulleti*, *Exogyra sinuata*, etc.

2. Néocomien moyen, 150 p. (argile d'un bleu noir, zone à *Pecten cinctus*, *Shrimp-bed*, couches à *Ancyloceras*). *Ancyloceras Duvalii*, *A. Emerici*, *Terebratulula depressa*, etc.

3. Néocomien inférieur, 200 p. (zone à *Ammonites Speetonensis*, zone à *A. Noricus*, zone à *A. Asterianus*). *Ammonites rotula*, *A. Nisus*, *Ancyloceras Puzosianus*, *A. Duvalii*, *Toxaster complanatus*, etc.

Cette couche repose sans conformité de stratification sur les couches suivantes.

4. Portlandien (couche à coprolites, couche à poissons, bancs d'argile et de roches dures de couleur foncée). *Ammonites gigas*, *A. Gravesianus*, etc.

5. Kimmeridien supérieur, couches argileuse, schisteuse et bitumineuse. *Ammonites bplex*. (Autres du groupe des *planulati*, *Discina latissima*, etc.)

6. Kimmeridien moyen (sable, argile, etc.) *Ammonites mutabilis*, *A. triplicatus*, etc.

7. Kimmeridien inférieur (argile de couleur foncée). *Ammonites alternans*, *Rhynchonella inconstans*. Les couches inférieures du Kimméridien ne se voient pas.

---

## BOTANIQUE.

L. RABENHORST. FLORA EUROPÆA ALGARUM AQUÆ DULCIS ET SUBMARINÆ. SECTIO III: CHLOROPHYLLOPHYCEAS, MELANOPHYCEAS ET RHODOPHYCEAS COMPLECTENS. Lipsiæ, 1868, in-8°, p. 1-164.

A cette troisième et dernière partie de l'ouvrage sont joints le titre général, une préface de deux pages, la bibliographie du sujet et l'énumération des *Exsiccatu* d'Algues, ensemble vingt pages. En outre une belle gravure, représentant l'auteur de ce travail, dont la première partie avait déjà paru en 1864. Le texte proprement dit a 412 pages, auxquelles s'ajoutent 14 pages d'addition, dont 12 se rapportent aux sections ou volumes I et II. Ces additions, outre les nom-

breuses citations d'*Exsiccata*, contiennent le genre *Glauco-cystis* Itz., et une vingtaine d'espèces publiées récemment. Comme pour les sections I et II, il y a une table des genres et espèces admis, et une autre pour les synonymes. Les figures xylographiques pour les genres et le texte analogues à celles des sections précédentes, méritent les mêmes éloges. Des clefs synoptiques pour les grands genres faciliteront particulièrement la détermination des espèces, et ce qui mérite une mention spéciale, c'est le soin avec lequel l'auteur a utilisé les travaux monographiques spéciaux, qui ont été publiés récemment sur quelques-uns des groupes des *Chlorophyllophycees* et des *Rhodophycees*. Une tendance heureuse a porté l'auteur, plus encore que dans les deux volumes précédents, à réduire à leur juste valeur (autant que possible) le gros des mauvaises espèces de Kützing et autres, et à débrouiller ainsi le chaos des espèces entièrement hétérodoxes (*Spirogyra*, *Cladophora*, etc.), en les fondant sur une base plus solide, et en même temps plus uniforme.

L'ouvrage entier se divise donc en trois volumes d'à peu près égale étendue, dont chacun cadre heureusement avec une division naturelle. En effet, si nous faisons abstraction des *Melanophyceæ* et des *Rhodophyceæ* qui sont insignifiantes numériquement, et qui terminent le troisième volume, nous avons dans le premier volume les Algues à Silice (*Diatomacées*), dans le deuxième les Algues à Phycochrome (*Phycchromophycees*) et dans le troisième les Algues à Chlorophylle (*Chlorophyllophycees*). Sans doute, lorsqu'on connaîtra mieux l'histoire biologique de ces petits êtres, les volumes II et III perdront un petit contingent de leurs espèces inférieures, qui iront aux Lichens ; mais quoi qu'il en soit, ce bel ouvrage résume d'une manière heureuse les connaissances systématiques actuelles sur ce vaste sujet. Il est indispensable à quiconque veut s'occuper sérieusement des Algues d'eau douce.

M.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE.

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE SEPTEMBRE 1868.

- Le 1<sup>er</sup>, forte rosée; halo solaire partiel de 6  $\frac{3}{4}$  h. à 7  $\frac{1}{4}$  du matin.
- 2, Id.
- 3, Id.; hâle toute la journée, très-intense de 6 h. à 10 h. du matin.
- 4, Id.; hâle toute la journée; éclairs le soir à l'Est.
- 5, Id.; hâle toute la journée, un peu moins intense que la veille. Le soir à 19 h. 26 m. 18 s. t. sid., un bolide a traversé la partie nord du ciel; il est parti de Jupiter et passant un peu au-dessous du pôle, il s'est éteint à 2° au Nord de  $\alpha$  Canum Venaticum, la durée a été de 4 secondes, et une traînée lumineuse a été visible pendant plusieurs secondes après l'apparition.
- 6, rosée, hâle toute la journée, très-intense le matin.
- 7, rosée, hâle assez intense.
- 8, hâle tout le jour, avec une intensité variable; dans la soirée éclairs au Sud.
- 9, rosée, le hâle a été peu prononcé.
- 10, rosée, hâle un peu plus intense que la veille, moins que les jours précédents; le soir éclairs au Sud et SE.
- 11, hâle toute la journée, peu intense.
- 12, tonnerres du côté de l'Est, de 3  $\frac{1}{2}$  h. à 4  $\frac{1}{2}$  h.; hâle très-intense de 6 h. à 10  $\frac{1}{2}$  h. du matin.
- 13, à 10 h. 36 m. du matin, un éclair suivi de tonnerre, à l'ONO.
- 14, couronne solaire, le matin de 8  $\frac{1}{2}$  h. à 10 h.; éclairs à l'Ouest, le soir.
- 17, depuis 9 h. du soir, éclairs continuels au SO et à l'O.; de 10 h. 55 m. à 11 h. 15 m.; l'orage passe du SO. au NE., et atteint sa plus grande intensité un peu après 11 h.

- Le 18, halo solaire, tantôt partiel, tantôt complet, à plusieurs reprises, de 11 h. à 3 h.
- 19, forte rosée le matin; éclairs le soir.
- 21, éclairs dans la soirée; plus tard, de 11 h. à 11 h. 15 m., tonnerres; les plus fortes décharges ont lieu à 11 h. 14 m.; l'orage passe du Sud au Nord.
- 22, éclairs et tonnerres de 5 h. 35 m. à 6 h. 40 m. du matin; l'orage passe du SO. au NNE.
- 24, halo solaire partiel, à plusieurs reprises dans la journée.
- 25, rosée le matin.
- 26, couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.
- 27, pluie torrentielle, de 4 h. à 9 h. du soir.
- 29, couronne lunaire dans la soirée.
- 30, Id. Id. Id.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2 à 8 h. matin .....	734,67	Le 8 à 4 h. soir .....	726,45
10 à 8 h. matin .....	730,03	14 à 6 h. matin .....	720,69
16 à 10 h. matin .....	725,24	17 à 8 h. soir .....	719,79
20 à 10 h. matin .....	724,20	21 à 2 h. 10 m. soir .....	717,32
25 à 10 h. soir .....	725,98		

GENEVE. — SEPTEMBRE 1868.

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Tension de la vap.			Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Clarié moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Luminosité
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	millim.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Minim.	Maxim.	mm.	Nomb. d'h.	Eau tomb. des 24 h.			Clarié	Midi.		Écart avec la temp. normale.	cm.
1	733,03	+	5,37	+	-16,56	0	23,1	702	-0,48	450	920	...	1	...	0,24	19,0	0,8	197	
2	733,70	+	6,07	+	-17,87	9,4	24,8	686	+0,23	450	910	...	1	...	0,00	19,1	1,0	195	
3	732,11	+	4,51	+	-17,91	10,7	24,7	748	+1,44	570	910	...	1	...	0,02	19,5	1,4	194	
4	731,71	+	4,14	+	-19,48	12,3	25,1	758	+2,77	590	940	...	1	...	0,10	19,3	1,3	190	
5	731,80	+	4,25	+	-19,89	12,3	26,9	698	+1,91	490	920	...	1	...	0,03	19,9	2,0	190	
6	731,08	+	3,55	+	-20,16	13,4	26,7	660	+1,39	450	900	...	1	...	0,08	19,9	...	189	
7	729,63	+	2,13	+	-19,54	12,1	25,9	686	+1,60	500	890	...	1	...	0,06	19,8	2,0	189	
8	727,05	+	0,42	+	-19,57	10,0	24,9	664	+1,15	390	940	...	1	...	0,02	20,3	2,5	188	
9	728,69	+	1,25	+	-18,04	10,2	24,2	597	-0,81	380	880	...	1	...	0,00	20,6	2,9	188	
10	728,60	+	1,78	+	-17,96	10,2	24,2	648	-0,08	420	880	...	1	...	0,13	...	...	187	
11	725,60	+	4,74	+	-20,55	12,7	29,4	595	-0,27	300	900	...	...	...	0,17	20,8	3,2	186	
12	722,62	+	4,74	+	-19,15	11,8	28,0	635	+0,66	350	880	...	...	...	0,17	21,0	3,5	183	
13	721,84	+	5,49	+	-17,13	11,9	28,5	793	+1,80	555	970	...	2	...	0,88	...	...	182	
14	721,19	+	6,11	+	-15,52	13,6	19,1	896	+1,92	750	930	...	9	...	0,89	20,4	3,0	181	
15	722,68	+	4,58	+	-15,76	14,3	22,0	859	+1,59	590	950	...	6 1/2	...	0,86	19,9	2,6	181	
16	724,64	+	2,59	+	-15,90	11,7	20,8	813	+1,20	550	980	...	...	...	0,60	20,0	2,7	179	
17	721,83	+	5,36	+	-15,18	10,0	20,6	876	+1,89	670	970	...	3	...	0,51	19,8	2,6	178	
18	722,02	+	5,14	+	-16,37	11,3	24,0	749	+0,58	410	950	...	...	...	0,48	19,9	2,8	177	
19	721,31	+	5,81	+	-12,82	9,7	19,0	914	+0,70	760	980	...	6	...	0,71	19,2	2,2	174	
20	723,56	+	3,53	+	-14,44	8,8	21,2	835	+0,88	580	1000	...	...	...	0,24	...	...	172	
21	718,49	+	8,57	+	-14,97	12,0	19,6	858	+1,43	620	970	...	3	...	0,59	19,0	2,2	168	
22	718,50	+	8,52	+	-14,37	12,5	19,4	844	+0,63	580	990	...	5	...	0,86	18,9	2,2	166	
23	721,12	+	5,87	+	-13,71	12,0	19,2	884	+0,94	620	980	...	5	...	0,91	18,8	2,2	165	
24	724,15	+	2,80	+	-15,29	9,6	20,9	755	+0,14	450	990	...	...	...	0,54	18,8	2,3	163	
25	722,86	+	4,06	+	-15,19	11,1	21,2	836	+1,60	560	930	...	7	...	0,74	18,8	2,4	163	
26	724,82	+	2,07	+	-15,48	13,2	19,5	875	+2,28	670	970	...	...	...	1,00	18,6	2,3	163	
27	724,28	+	2,57	+	-13,56	12,7	16,3	998	+2,89	940	1000	...	22	...	0,56	...	...	164	
28	723,91	+	2,91	+	-15,18	11,6	21,2	807	+1,10	570	960	...	...	...	0,74	18,4	2,3	167	
29	723,12	+	3,66	+	-16,66	11,8	22,0	703	-0,66	470	790	...	...	...	0,12	18,3	2,3	170	
30	721,25	+	5,50	+	-13,80	11,0	16,9	920	+2,04	770	940	...	4	...	0,98	14,0	1,9	173	

## MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	731,42	731,68	731,59	730,97	730,26	729,80	729,70	730,10	730,41
2 <sup>e</sup> "	723,15	723,32	723,31	722,88	722,41	722,08	722,20	722,55	722,69
3 <sup>e</sup> "	722,29	722,76	722,86	722,46	721,88	721,78	721,96	722,52	722,65
Mois	725,62	725,92	725,91	725,44	724,85	724,55	724,62	725,06	725,25

<b>Température.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	+11,98	+17,45	+20,86	+22,65	+24,18	+24,52	+23,12	+20,09	+17,42
2 <sup>e</sup> "	+12,20	+15,53	+18,26	+20,08	+21,37	+20,95	+18,30	+16,19	+14,82
3 <sup>e</sup> "	+12,63	+14,12	+16,41	+17,65	+18,63	+17,59	+16,18	+15,18	+14,47
Mois	+12,27	+15,70	+18,51	+20,13	+21,39	+21,02	+19,20	+17,15	+15,57

<b>Tension de la vapeur.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	9,56	11,05	10,63	10,83	11,39	11,66	12,11	11,74	11,08
2 <sup>e</sup> "	10,05	10,90	11,02	11,12	10,68	10,29	11,55	11,82	10,88
3 <sup>e</sup> "	10,15	10,67	10,92	10,49	10,20	10,84	10,73	10,96	10,76
Mois	9,92	10,87	10,86	10,82	10,75	10,93	11,46	11,50	10,91

<b>Fraction de saturation en millèmes.</b>									
1 <sup>re</sup> décade	909	741	577	525	509	511	575	672	750
2 <sup>e</sup> "	945	833	717	651	582	580	745	869	870
3 <sup>e</sup> "	929	893	792	710	653	733	790	857	882
Mois	928	822	695	629	581	608	703	799	834

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnètre.
1 <sup>re</sup> décade	+11,17	+25,37	0,68	18,69	0,0	190,7
2 <sup>e</sup> "	+11,58	+22,66	0,55	20,12	40,0	179,3
3 <sup>e</sup> "	+11,75	+19,62	0,70	18,18	93,3	166,7
Mois	+11,50	+22,55	0,44	19,28	133,3	178,9

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,88 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 89°, 3 O., et son intensité est égale à 16,2 sur 100.

# TABLEAU

## DES

### OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1868.

Le	8,	brouillard de 8 h. du matin à 2 h. de l'après-midi et depuis 8 h. du soir.
	11,	id. à 6 h. du matin et 6 h. du soir.
	13,	id. depuis 6 h. du soir.
	14,	id. toute la journée.
	15,	id. id.
	16,	id. à 6 h. du matin.
	17,	id. jusqu'à 8 h. du matin et depuis 6 h. du soir.
	18,	id. depuis 6 h. du soir.
	19,	id. tout le jour.
	20,	id. à peu près toute la journée.
	21,	id. tout le jour; neige de 6 $\frac{1}{2}$ h. à 7 $\frac{1}{4}$ du matin.
	22,	pluie et neige une grande partie de la journée.
	23,	brouillard jusqu'au soir.
	24,	id. depuis 8 h. du soir.
	25,	id. dans la journée.
	26,	id. id.
	27,	id. id.
	28,	id. de 8 h. à 10 h. du matin.
	29,	id. depuis 2 h. de l'après-midi.
	30,	id. toute la journée.

#### *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

	MAXIMUM		MINIMUM.	
		mm		mm
Le 2 à 10 h. soir.....		574,27	Le 8 à 4 h. soir.. ..	569,44
9 à 10 h. soir.....		571,35	14 à 6 h. matin.....	561,60
16 à 6 h. soir.....		565,22	18 à 6 h. matin.....	562,68
18 à 10 h. soir.....		565,42	22 à 10 h. soir.....	558,36
27 à 8 h. matin.....		566,02		

SAINT-BERNARD. — SEPTEMBRE 1868.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.				Vent dominant	Chaleur moy. du ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
1	573,53	4,72	571,20	573,33	0	2,19	4,5	9,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,09
2	573,94	6,19	573,21	574,27	8,67	4,03	6,0	11,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,02
3	573,46	5,77	573,24	573,89	10,40	5,85	7,0	13,0	.....	.....	.....	NE.	1	0,31
4	573,71	6,08	573,17	574,07	10,40	5,94	7,9	14,0	.....	.....	.....	variable	1	0,23
5	573,92	6,35	573,09	574,09	10,92	6,33	7,5	14,3	.....	.....	.....	variable	1	0,06
6	573,86	5,86	573,65	573,65	11,23	6,96	8,6	13,9	.....	.....	.....	NE.	1	0,10
7	571,85	4,42	571,15	572,73	10,03	5,86	7,9	12,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,22
8	569,61	2,25	569,74	569,89	8,38	4,51	6,9	11,6	.....	.....	.....	variable	1	0,78
9	570,37	3,08	569,74	571,35	8,76	4,79	6,9	12,0	.....	.....	.....	SO.	1	0,32
10	570,34	3,12	569,89	571,09	6,92	3,05	4,6	10,4	.....	.....	.....	SO.	1	0,50
11	567,77	0,62	566,02	569,40	6,39	2,83	3,0	9,7	.....	.....	.....	SO.	1	0,54
12	565,30	1,78	565,04	565,68	5,93	2,28	4,3	9,8	.....	.....	.....	NE.	1	0,66
13	564,29	4,59	563,59	565,16	4,10	0,56	3,0	5,4	.....	6,0	2	SO.	1	0,95
14	562,53	3,39	561,60	563,28	2,80	0,63	3,7	5,0	.....	9,7	4 1/2	variable	1	0,89
15	563,46	2,10	563,20	561,22	3,47	0,15	1,6	5,5	.....	19,6	6	NE.	1	0,82
16	564,68	2,87	564,17	565,22	3,76	0,56	2,0	6,3	.....	4,1	1	NE.	1	0,88
17	563,83	2,10	563,24	561,68	4,12	1,04	2,0	7,1	.....	.....	.....	SO.	2	0,82
18	564,26	2,36	562,68	565,42	3,86	0,90	2,0	7,2	.....	.....	.....	SO.	3	1,00
19	564,31	2,23	563,95	564,84	2,74	0,09	2,4	4,2	.....	16,6	1 1/2	SO.	3	0,86
20	561,63	1,83	563,05	565,22	2,40	1,00	0,8	4,4	.....	29,4	18	SO.	1	1,00
21	561,93	4,43	561,34	562,53	1,59	0,31	1,4	3,0	.....	51,0	12	SO.	3	0,69
22	530,34	6,76	558,36	569,53	1,93	0,33	0,4	0,7	.....	6,3	3	NE.	2	0,69
23	560,72	3,50	558,32	563,23	0,78	0,38	1,4	3,8	.....	.....	.....	SO.	2	0,73
24	564,87	1,27	563,49	565,82	2,78	0,70	2,6	3,9	.....	.....	.....	SO.	2	1,00
25	565,76	0,50	565,43	565,92	2,77	0,70	2,6	3,9	.....	.....	.....	SO.	2	1,00
26	566,21	0,23	566,69	566,49	3,14	0,70	3,0	3,0	.....	.....	.....	SO.	3	1,00
27	565,72	0,18	564,92	564,62	4,13	2,34	3,0	3,6	.....	13,4	4	SO.	3	1,00
28	564,73	1,09	564,18	564,96	4,40	2,73	2,9	6,6	.....	67,9	16	SO.	3	0,66
29	565,95	0,21	565,72	565,73	3,13	1,60	2,0	4,6	.....	.....	.....	SO.	2	0,66
30	563,51	2,14	562,91	564,40	3,12	1,73	3,0	4,2	.....	.....	.....	SO.	2	1,00

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir; le thermomètre étant placé à l'ombre à une hauteur de six pieds.

## MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	572,18	572,43	572,52	572,47	572,34	572,29	572,29	572,10	572,47
2 <sup>e</sup> »	564,36	564,61	564,68	564,54	564,58	564,46	564,49	564,57	564,69
3 <sup>e</sup> »	563,66	563,82	564,03	564,12	563,92	563,91	563,91	564,00	564,10
Mois	566,74	566,95	567,08	567,04	566,95	566,89	566,90	566,99	567,09

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	+ 6,71	+ 9,01	+ 10,38	+ 12,07	+ 12,00	+ 11,53	+ 9,32	+ 8,33	+ 8,10
2 <sup>e</sup> »	+ 2,60	+ 3,98	+ 5,18	+ 6,21	+ 5,80	+ 4,84	+ 4,35	+ 3,42	+ 3,31
3 <sup>e</sup> »	+ 2,13	+ 2,36	+ 2,89	+ 3,58	+ 3,87	+ 3,90	+ 3,21	+ 2,92	+ 2,80
Mois	+ 3,81	+ 5,12	+ 6,15	+ 7,29	+ 7,22	+ 6,76	+ 5,63	+ 4,89	+ 4,74

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	+ 6,60	+ 12,48	0,26	5,7	—
2 <sup>e</sup> »	+ 2,41	+ 6,46	0,79	56,0	—
3 <sup>e</sup> »	+ 1,68	+ 4,18	0,87	168,2	—
Mois	+ 3,56	+ 7,71	0,64	229,9	—

Dans ce mois, l'air a été calme 10 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,39 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 49,6 sur 100.

\* Voir la note du tableau.



SUR LA CHALEUR LATENTE  
DE  
VOLATILISATION DU SEL AMMONIAC  
ET  
DE QUELQUES AUTRES SUBSTANCES  
PAR  
M. C. MARIGNAC

---

A la suite des remarquables expériences par lesquelles M. H. Sainte-Claire Deville a montré que plusieurs des composés que l'on considérait autrefois comme des plus stables, étaient réellement décomposés plus ou moins complètement à une haute température, et se reconstituaient lorsque la chaleur retombait au-dessous d'une certaine limite, un grand nombre de chimistes se sont appuyés sur ces phénomènes de décomposition ou de dissociation, pour expliquer pourquoi tous les corps composés n'offrent pas le même volume à l'état gazeux.

Admettant, comme règle absolue, que tous doivent occuper le même espace, deux ou quatre volumes, suivant qu'on exprime leur composition en atomes ou en équivalents, ils pensent que les corps, assez nombreux d'ailleurs, qui paraissent échapper à cette loi, sont réellement décomposés en leurs éléments à la température à laquelle on détermine leur densité de vapeur. Le chlorhydrate d'ammoniaque est un des composés les plus connus parmi ceux qui présentent cette anomalie, et pour lesquels on a proposé cette explication.

On sait d'ailleurs que M. H. Sainte-Claire Deville n'a point admis cette théorie, et parmi les arguments qu'il lui oppose, il s'appuie surtout sur une expérience très-importante<sup>1</sup> dans laquelle, réunissant le gaz ammoniac et le gaz acide chlorhydrique, chauffés préalablement à 360 degrés, dans une enceinte maintenue elle-même à cette température, il a constaté un dégagement de chaleur qui a porté le thermomètre au delà de 390°. Il en conclut qu'à cette température de 360°, à laquelle correspond une condensation en quatre volumes au lieu de deux (formules atomiques), le chlorhydrate d'ammoniaque n'est point décomposé en ses éléments, puisque ceux-ci sont susceptibles de se combiner à cette température,

Cependant, quelque ingénieuse que soit cette expérience, elle ne paraît pas décider complètement la question. Elle ne prouve point, en effet, que les deux gaz se combinent en totalité. Comme l'a fait remarquer M. Wanklyn, la densité de vapeur du sel ammoniac, déterminée par M. Sainte-Claire Deville<sup>1</sup>, a été trouvée de 1,01 à 360, tandis qu'elle devrait être de 0,923 pour une condensation en quatre volumes et de 1,845 pour deux volumes. On pourrait donc, en accordant à ce chiffre une confiance absolue, calculer que, à la température de 360°, 16 parties sur 100 du sel ammoniac sont simplement volatilisées avec condensation en deux volumes, tandis que 84 parties sont décomposées en leurs éléments, occupant quatre volumes. Inversément, quand on mélangerait le gaz ammoniac et l'acide chlorhydrique à 360°, 16 parties sur 100 de ces gaz devraient se com-

<sup>1</sup> *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome LVI, p. 733, et tome LIX, p. 1057.

<sup>\*</sup> *Comptes rendus*, tome LVI, p. 895

biner, et cela pourrait suffire pour produire le dégagement de chaleur constaté par l'expérience.

La question est donc encore à résoudre.

Parmi les expériences qui pourraient éclairer sa solution, il semble que la détermination de la chaleur latente de volatilisation du sel ammoniac aurait la plus grande importance. En effet, si cette volatilisation est due à un simple changement d'état, elle ne doit absorber qu'une quantité de chaleur comparable à celle qui est nécessaire pour produire cette même modification physique dans d'autres corps composés. Si elle est au contraire accompagnée d'une décomposition chimique plus ou moins complète, elle doit exiger une quantité de chaleur bien plus considérable, peu différente de celle qui résulte de la combinaison chimique du gaz ammoniac avec l'acide chlorhydrique.

Si cette détermination offre par là un haut degré d'intérêt, elle présente d'un autre côté une grande difficulté. Il est impossible, en effet, d'appliquer dans ce cas, la méthode qui a été employée pour des substances plus volatiles, ou se condensant à l'état liquide, et qui consiste à transporter leur vapeur dans un récipient entouré d'un liquide réfrigérant servant de calorimètre. En effet, la vapeur du sel ammoniac ne peut pas se transporter du vase où elle se produit jusqu'à un récipient. Même en opérant dans le vide, au point où elle cesse d'être en contact avec des parois chauffées à 350°, elle se condense à l'état solide et bouche bientôt même des tubes d'un large diamètre.

J'ai essayé d'abord d'obvier à cet inconvénient en distillant le sel avec du mercure, pensant que la vapeur de ce métal entraînerait avec elle celle du chlorhydrate. Mais

j'ai constaté que, même en employant 50 parties de mercure pour 1 de sel ammoniac, on n'évite pas encore complètement le danger des obstructions et des explosions ; or, déjà dans ces proportions, on ne pourrait plus attribuer aucune confiance au résultat que l'on obtiendrait de pareilles expériences.

J'ai aussi tenté de volatiliser le sel ammoniac dans un très-grand creuset, et de suspendre pendant quelques instants, dans le courant de vapeur qui en sort, un ballon contenant de l'eau froide. Je déterminais ensuite l'élévation de température de l'eau et le poids de la croûte de sel condensée sur les parois du ballon. Mais on obtient ainsi des résultats beaucoup trop élevés, le ballon se réchauffant, non-seulement par le contact de la vapeur qu'il condense, mais aussi par le rayonnement des parois du creuset et de l'atmosphère chaude qui l'entoure.

J'ai cherché alors à renverser le problème et à déterminer le poids du sel ammoniac qui peut être réduit en vapeur, à l'air libre, par une source de chaleur invariable, dont l'intensité est elle-même mesurée par la quantité d'eau qu'elle peut volatiliser dans les mêmes circonstances.

Pour réaliser ces conditions, j'ai fait établir un cylindre de fonte<sup>1</sup> de 10 centimètres de diamètre et 12 de

<sup>1</sup> Il eut été probablement bien préférable de faire cet appareil en fer forgé. Peut-être aurais-je évité par là un inconvénient grave, qui suffirait, indépendamment de toute autre cause, pour empêcher ces expériences d'offrir une grande précision. Il résulte du gonflement considérable et permanent qu'éprouve la fonte soumise à des chauffés répétées. J'étais toujours forcé, après quelques opérations, de ronger la surface du cylindre avec de l'acide sulfurique étendu, pour pouvoir de nouveau l'introduire dans la caisse. A la fin de mon travail, ce cylindre s'était en outre allongé de 4 millimètres. Les dimensions des cavités intérieures s'étaient aussi sensiblement agrandies.

hauteur, dans lequel on a foré trois cavités de 3 centimètres de diamètre et 9 de profondeur, disposées symétriquement autour de l'axe. Le refroidissement entre deux limites invariables, de ce bloc, préalablement chauffé au rouge, constitue une source de chaleur identique pour toutes les expériences.

Pour rendre son refroidissement aussi lent et uniforme que possible, ce cylindre était introduit dans une caisse en tôle à double enveloppe. La caisse intérieure était d'une capacité suffisante pour qu'on pût y introduire facilement le cylindre de fonte chauffé au rouge, dont la surface supérieure restait seule exposée à l'air; l'enveloppe extérieure en était distante de 5 à 6 centimètres. L'intervalle a été rempli d'une brasque cohérente et peu combustible, préparée avec de la poudre de charbon agglomérée avec une dissolution de sucre et de borate d'ammoniaque. Pour obtenir encore une plus grande uniformité, on mettait tout cet appareil à l'abri des courants d'air en l'entourant, à quelques centimètres de distance, d'un large cylindre en terre.

L'un des trous du bloc de fonte recevait le réservoir d'un thermomètre à air semblable à celui qu'a décrit récemment M. Berthelot. Dans les deux autres se plaçaient deux tubes minces d'argent, qui les remplissaient presque exactement. Leur bord supérieur, évasé comme celui des tubes de verre d'essais, permettait de les soutenir par deux anneaux métalliques suspendus à une tringle mobile; il était facile ainsi de les soulever plus ou moins et de les enlever instantanément. C'est dans ces tubes que l'on plaçait le sel ammoniac ou l'eau soumis à l'expérience. Leur pesée avant et après l'expérience, fait connaître le poids du corps réduit en vapeur.

Quelques essais préliminaires m'ont appris que l'intervalle de 500 à 420 degrés était le plus convenable pour ces expériences. Au delà de 500°, le refroidissement par le rayonnement extérieur est trop rapide, la quantité de sel volatilisé dans une période de 20° par exemple, est trop faible. Au-dessous de 420°, il en est encore de même, parce qu'on est trop rapproché de la limite où le sol cesse de se volatiliser.

Mais il est clair qu'il ne suffit pas que les tubes d'argent soient toujours exposés à la même source de chaleur pour qu'ils en reçoivent une même quantité. En effet, ils en absorbent d'autant plus qu'ils sont eux-mêmes à une plus basse température. Or, il est évident que lorsqu'ils renferment de l'eau, ils sont maintenus à 100° pendant toute la durée de l'expérience, tandis que, lorsqu'ils sont pleins de sel ammoniac, leur température doit atteindre et même dépasser 350°. Aussi, lorsqu'on fait l'expérience dans les mêmes conditions, tantôt avec l'eau, tantôt avec le sel ammoniac, on observe que la durée du refroidissement de 500 à 420°, est bien moindre dans le premier cas que dans le second, et la différence de ces durées est la mesure de la différence des quantités de chaleur cédées à l'eau ou au sel, puisque toutes les autres conditions du refroidissement par les causes extérieures sont identiques. Si donc on pouvait faire que la durée du refroidissement fût la même dans les deux cas, on pourrait être certain que la même quantité de chaleur a été cédée à l'eau et au sel ammoniac. Cette égalité peut être réalisée, au moins d'une manière approximative, par divers procédés.

On peut activer un peu la volatilisation du sel ammoniac en rendant la masse plus conductrice par la dissémina-

tion d'argent pur en grenaille ; mais il est clair que cela ne remédie qu'à la mauvaise conductibilité de ce corps et non à l'élévation de son point d'ébullition ; ce n'est donc qu'en ralentissant la vaporisation de l'eau qu'on peut rétablir l'égalité.

Le moyen le plus simple d'y parvenir consiste à soulever les tubes d'argent de manière que leur fond, au lieu de raser celui des cavités du bloc de fonte, en soit plus ou moins distant. On parvient facilement par quelques expériences à déterminer la hauteur à laquelle il faut les maintenir pour que la durée du refroidissement soit à peu près égale à celle que l'on obtient dans les expériences avec le sel ammoniac. Comme ces tubes bouchent presque exactement les trous du cylindre, il n'en résulte aucune déperdition de chaleur.

J'ai essayé aussi de ralentir la vaporisation de l'eau en ne l'introduisant que goutte à goutte dans les tubes d'argent qui avaient été mis en place à l'avance. L'eau, dans ce cas, prend l'état sphéroïdal et n'étant plus en contact immédiat avec les tubes d'argent, ne se volatilise que très-lentement. Mais, sur un grand nombre d'expériences tentées suivant cette méthode, bien peu ont réussi. Si l'on verse l'eau très-lentement, de manière qu'il n'y ait jamais qu'une goutte dans les cylindres, on tombe dans l'excès opposé à celui qu'on a voulu combattre, le refroidissement est beaucoup trop lent. Si l'on accélère trop la chute des gouttes d'eau, il arrive le plus souvent que, par suite d'un abaissement brusque de température, les tubes se mouillent, d'où résulte une ébullition violente, accompagnée d'une projection d'eau.

Enfin, la méthode qui me paraît donner les meilleurs résultats, parce qu'elle réalise des conditions physiques

qui offrent la plus grande analogie avec celles qui se présentent dans la volatilisation du sel ammoniac, consiste à ne pas mettre l'eau directement dans les cylindres d'argent, mais dans des tubes de verre contenus eux-mêmes dans ces cylindres. Cependant, même avec cette interposition, on est forcé de soulever un peu les tubes d'argent, soit pour éviter une ébullition trop violente qui donnerait lieu à des projections, soit pour ralentir suffisamment le refroidissement.

Pour que les expériences faites à l'aide de cette méthode fussent rigoureusement comparables, il faudrait pouvoir remplir trois conditions.

Si nous désignons par  $t$  la durée normale du refroidissement de l'appareil de 500 à 420° par l'action du rayonnement seul, et par  $t'$  la durée de la même période lorsqu'une partie de la chaleur est employée à échauffer et à volatiliser une substance placée dans son intérieur, il faudrait :

1° Que la valeur de  $t$  fût la même dans toutes les expériences, condition nécessaire pour que l'on puisse affirmer que l'appareil a toujours perdu la même quantité de chaleur.

2° Que la diminution qu'éprouve cette durée  $t - t'$  fût aussi la même.

3° Enfin il faudrait encore que la marche du refroidissement fût la même aux divers instants de cette période.

Reprenons successivement ces trois conditions.

J'ai indiqué les précautions prises pour que le refroidissement de l'appareil fût aussi uniforme que possible. Mais cela ne suffit pas pour que la durée du refroidissement soit constante. Il faudrait de plus n'introduire le bloc de fonte dans la caisse où il doit se refroidir que

lorsqu'il aurait atteint une température déterminée. On pourrait le faire avec un thermomètre à air à réservoir métallique. A défaut de cet instrument je n'ai pu estimer la température que par le degré d'incandescence, et l'on sait combien on se trompe facilement dans cette appréciation, quand on ne peut pas la faire d'une manière comparative et simultanée. Aussi ai-je été loin d'obtenir une durée constante de refroidissement.

Mais si l'on ne peut l'obtenir constante, on peut du moins, dans chaque expérience, en connaître la valeur d'une manière assez approchée. En effet, une longue série d'expériences préliminaires, dans lesquelles j'observais la marche du refroidissement de l'appareil seul, les deux trous étant fermés par des obturateurs, m'a montré que l'on pouvait calculer assez exactement la durée de la période de 500 à 420° par l'observation de la durée du refroidissement dans une période inférieure. J'ai choisi celle de 380 à 300°, parce que, dans les expériences où l'on a volatilisé soit de l'eau, soit du sel ammoniac, le refroidissement ne reprend pas immédiatement sa marche normale après qu'on a enlevé les tubes renfermant ces substances. Les parties du bloc de fonte les plus voisines qui ont été refroidies par la proximité de ces matières volatiles, se réchauffent d'abord aux dépens de la température générale de la masse, en sorte que la durée du refroidissement est notablement moindre de 420 à 400° que dans les expériences faites avec l'appareil seul; il y a encore une légère différence de 400 à 380°, mais depuis ce moment la marche du refroidissement redevient régulière.

J'ai indiqué plus haut à l'aide de quels artifices on peut ralentir la volatilisation de l'eau, de manière à ren-

dre la différence de durée  $t - t'$  comparable à ce qu'elle est dans les expériences faites avec le sel ammoniac. Mais une égalité absolue est loin de pouvoir être obtenue.

Il est encore plus impossible de régler la marche du refroidissement dans les différentes expériences de manière à ce qu'elle suive la même progression; toutefois il n'y a pas sous ce rapport de grande différence, du moins dans tous les cas où la réduction de durée  $t - t'$  est à peu près la même.

Étant, comme on le voit, dans l'impossibilité de réaliser aucune des conditions qui auraient été nécessaires pour que l'on pût accorder une confiance absolue aux résultats obtenus par cette méthode, j'ai dû multiplier assez les expériences relatives à la volatilisation de l'eau, en variant autant que possible les conditions, pour chercher si elles mettraient en évidence quelque relation simple entre les quantités de chaleur utilisées et les valeurs, soit de  $t$ , soit de  $t - t'$ . On verra, par la discussion de ces expériences, que les relations régulières qui devraient exister entre ces quantités, sont en grande partie masquées par les erreurs accidentelles, mais que l'on peut approximativement considérer simplement la quantité de chaleur consommée comme proportionnelle à la réduction  $t - t'$  de la durée du refroidissement, et dans quelles limites on peut être induit en erreur par cette convention.

Je passe à l'exposition des résultats obtenus dans ces expériences.

#### 1° *Refroidissement de l'appareil seul.*

Dans toutes mes expériences j'ai suivi la marche du refroidissement de vingt en vingt degrés de 540 à 300°. Mais je n'ai besoin de rapporter que les durées des deux

périodes de 500 à 420° et de 380 à 300°, puisque ce sont réellement les seules qui soient utilisées pour les expériences ultérieures.

Apprécient les températures au moyen d'un thermomètre à air, dont l'échelle doit être réglée au début de chaque expérience, suivant l'indication du baromètre, j'en ai profité pour supprimer la nécessité de toute correction relative à la température extérieure en la réglant de manière à marquer toujours 20°, température moyenne du local où j'opérais.

Je désigne par  $T$  la durée (en secondes) de 380 à 300°, et par  $t$  celle de 500 à 420°. La moyenne de toutes mes expériences m'ayant donné le rapport de 4,65 : 1 pour ces deux durées, j'ai calculé la valeur de  $t$  pour chaque expérience d'après ce rapport et je l'ai mise en regard du nombre trouvé par l'observation.

$T$	$t$ (calculé).	$t$ (observé).	Différence.
2200	1333	1310	—23
2205	1336	1350	+14
2210	1339	1353	+16
2235	1355	1335	—20
2240	1358	1375	+17
2245	1361	1370	+ 9
2250	1364	1345	—19
2270	1376	1380	+ 4
2275	1379	1365	—14
2285	1385	1380	— 5
2285	1385	1395	+10
2295	1391	1405	+14
2320	1406	1385	—21
2335	1415	1415	0
2365	1433	1440	+ 7

Il va sans dire que la formule  $t = \frac{T}{1,85}$  n'est applicable qu'entre les limites pour lesquelles elle a été vérifiée, ou très-près de ces limites. Mais on voit qu'entre ces limites on peut l'employer sans craindre de commettre une erreur de plus de 20 à 25 secondes. On ne peut guère espérer davantage, par suite de l'emploi du thermomètre à air pour la détermination des températures. En effet, l'inertie du mercure est telle dans un tube capillaire, lorsqu'il n'est sollicité que par les variations extrêmement faibles de la force élastique de l'air, que, malgré des secousses continuelles, il ne marche que par soubresauts et qu'il reste toujours une incertitude, allant souvent de 10 à 15 secondes, sur l'instant précis où il atteint un des degrés de l'échelle.

### 2° *Volatilisation de l'eau.*

Tous les résultats de ces expériences sont résumés dans le tableau ci-joint; mais il exige quelques explications.

*Première série.* L'eau est introduite directement dans les tubes d'argent; ceux-ci sont placés dans l'appareil à l'instant où le thermomètre marque 500°, et en sont retirés lorsqu'il atteint 420°. Ils sont maintenus pendant la durée de l'expérience à une hauteur convenable pour obtenir une durée de refroidissement à peu près égale à celle que l'on atteint par la volatilisation du sel ammoniac.

L'indication de la température extérieure est nécessaire seulement pour calculer la chaleur employée à échauffer l'eau et les tubes d'argent. J'ai admis dans toutes les expériences qu'ils étaient portés à 100 degrés. A la rigueur il faudrait dans chaque cas, corriger cette température d'ébullition suivant l'indication du baromètre,

Vitesse du refroidissement $v = \frac{c}{t-t'}$	48,9 58,0 49,5 57,5 49,2 54,6 56,4 56,4 51,2 56,1 50,0 49,3
Différence $t-t'$	305" 389 312 371 245 278 311 309 264 292 271 328
Durée de 500 à 420° observée, $t'$ .	1140" 990 1055 965 1170 1095 1165 1155 1130 1090 1105 1045
Durée de 500 à 420° calculée $\frac{T}{1,65} = t$ .	1445" 1379 1367 1336 1415 1373 1476 1464 1394 1382 1376 1373
Durée du refroidissement de 380 à 300° (T).	2335" 2275 2255 2205 2335 2265 2435 2445 2300 2280 2270 2265
Chaleur consommée (c).	14927 22576 15455 21329 12051 15178 17552 17433 13527 16376 13547 16189
Eau volatilisée.	21,446 34,115 20,886 30,135 19,5 24,6 24,864 24,535 17,933 22,586 18,600 22,268
Eau portée à l'ébullition.	40,208 49,743 50,150 61,645 49,5 24,6 30,378 31,090 29,303 36,035 25,339 31,262
Poids de la grenaille d'argent.	
Poids des tubes de verre.	
Poids des tubes d'argent.	61,532 60,829 61,532 61,538 20 20 60,502 60,502 60,817 60,817 60,821 60,502
Durée du refroidissement	22° 20 21 21 20 20 18 18 20 20 20 19
Série.	I II III
	Moyenne . . . 53,1

mais j'ai pensé qu'une aussi faible correction était peu nécessaire pour des expériences soumises à tant d'autres causes d'erreur d'une bien plus grande gravité.

Le poids indiqué pour l'eau portée à l'ébullition est celui de toute l'eau qui avait été introduite dans les tubes;

il comprend donc la portion qui a été réduite en vapeur.

Le calcul de la quantité de chaleur  $c$  empruntée à l'appareil ne présente aucune difficulté. Il comprend l'échauffement des tubes d'argent et de l'eau, de la température extérieure ou initiale jusqu'à 100 degrés et la chaleur latente de l'eau volatilisée.

D'après les expériences préliminaires rapportées plus haut, la durée  $T$  du refroidissement de 380 à 300°, divisée par 1,65 nous fait connaître le temps  $t$  que l'appareil aurait mis à se refroidir de 500 à 420° par l'action seule des causes extérieures. En retranchant la durée observée  $t'$ , la différence exprime le temps dont a été abrégé ce refroidissement par la consommation de chaleur intérieure  $c$ . La dernière colonne du tableau donne le rapport  $v$  de cette quantité de chaleur à l'accélération du refroidissement.

J'ai appelé ce rapport  $v$  vitesse du refroidissement. En effet, on peut le considérer, soit comme exprimant le nombre moyen de calories que l'appareil cède aux substances qui y sont introduites, pour chaque seconde dont est abrégée la durée de son refroidissement, soit comme indiquant la quantité de chaleur perdue en moyenne par seconde pendant le refroidissement de 500 à 420° par l'effet du rayonnement seul.

En effet, si nous donnons de  $v$  cette dernière définition, la quantité totale de chaleur que perd l'appareil lorsqu'il passe de 500 à 420° par le seul dégagement est exprimée par  $vt$ .

Si l'appareil cède à une substance placée dans son intérieur une quantité de chaleur  $c$ , ce qui réduit à  $t'$  la durée de son refroidissement, comme rien n'est changé par là dans les conditions de son rayonnement extérieur,

la chaleur perdue par rayonnement sera  $vt'$ . D'ailleurs la quantité de chaleur totale qu'il perd en passant de 500 à 420° reste la même dans les deux cas, ainsi nous aurons :

$$vt = vt' + c \quad \text{d'où} \quad v = \frac{c}{t-t'}$$

Ainsi  $v$  vitesse du refroidissement par le rayonnement seul est bien donnée par le rapport de la chaleur consommée intérieurement à l'accélération du refroidissement.

Inversément nous aurons aussi :

$$c = v(t-t')$$

formule qui nous servira à calculer la chaleur de volatilisation du sel ammoniac,  $v$  ayant été déterminé par les expériences faites sur l'eau.

*Deuxième série.* Les tubes d'argent ont été placés dans l'appareil longtemps avant que sa température se soit abaissée à 500°, en sorte qu'il n'y a pas à tenir compte de leur échauffement. L'eau y est versée goutte à goutte au moyen d'une pipette graduée, de manière à prendre l'état sphéroïdal. Je n'ai rapporté que deux expériences, les seules que j'aie pu conduire jusqu'au bout sans projections.

*Troisième série.* L'eau est contenue dans des tubes de verre placés eux-mêmes dans les tubes d'argent. En outre quelques grenailles d'argent ont été introduites dans les tubes de verre pour éviter des soubresauts pendant l'ébullition.

Le calcul de la chaleur consommée dans les expériences de cette série, présente une incertitude relative à la température qu'atteignent les tubes d'argent. On ne peut faire à cet égard qu'une hypothèse approximative. En raison de l'analogie qui me semble exister entre ces ex-

périences et celles dans lesquelles on volatilise le sel ammoniac, les tubes d'argent n'étant dans les deux cas en contact que par quelques points avec la matière refroidissante, j'ai admis la même correction, c'est-à-dire que j'ai supposé dans les deux cas ces tubes portés à 350 degrés. Peut-être cette évaluation est-elle, pour le cas actuel, un peu exagérée. Mais l'erreur qui en résulterait se trouve compensée par le fait, que j'ai calculé la chaleur cédée aux tubes de verre en les supposant portés à 100 degrés. Or ces tubes, n'étant qu'à moitié pleins d'eau, étaient réellement portés à une température bien supérieure dans une moitié de leur longueur.

Les données admises pour le calcul de ces quantités de chaleur sont :

0,047 pour la chaleur spécifique de l'argent,

0,197 pour celle du verre,

537 pour la chaleur latente de volatilisation de l'eau.

Au début de ces expériences, j'avais espéré trouver une relation régulière entre la vitesse du refroidissement et la durée  $T$ . Il est clair, en effet, que cette relation doit exister. Plus le bloc de fonte a été introduit dans la caisse à une température élevée et y a accumulé de chaleur, plus doit être prolongée la durée du refroidissement et plus doit être grande en même temps la quantité de chaleur perdue par seconde. On aperçoit bien une trace de cette progression régulière dans les expériences de la troisième série, mais dans beaucoup de cas elle est renversée par les causes d'erreur accidentelles, inséparables d'une pareille méthode.

Il résulte de là que, lorsque j'aurai à utiliser la valeur de  $v$  pour les observations suivantes sur la volatilisation du sel ammoniac, je me bornerai à conclure des expé-

riences précédentes que cette valeur est en moyenne de 53, mais qu'elle peut varier de 49 à 58.

### 3° Volatilisation du sel ammoniac.

Température.	Tubes et grenailles d'argent.	Sel chauffé à 350°.	Sel volatilisé.	Chaleur pour échauffer l'argent et le sel.	Durée de 360 à 390° (T).	Durée de 500 à 420° calculée, $\frac{T}{1,65} = t$ .	Durée de 500 à 490° observée, $t'$ .	Différence: $t-t'$ .
22	61,655	39,181	14,838	5944	2280''	1382''	1075''	307''
21	61,542	27,462	14,559	4524	2260	1370	1090	280
20	212,869	32,699	14,553	8029	2270	1376	1030	346
20	212,869	23,071	17,331	6844	2250	1364	995	369
19	231,785	30,651	12,752	8157	2340	1418	1105	313
19	231,785	17,899	12,146	6583	2105	1276	985	291

Dans les deux premières expériences le sel ammoniac était seul dans les tubes d'argent, dans les suivantes il était mélangé de grenaille d'argent pour augmenter la conductibilité de la masse.

J'ai admis 350° pour la température à laquelle étaient portés les tubes et leur contenu, et pour la chaleur spécifique du sel ammoniac, le nombre 0,373 obtenu par M. H. Kopp.

On calcule, comme dans les expériences sur l'eau, la différence  $t-t'$  qui exprime de combien la durée du refroidissement est diminuée par la consommation de chaleur intérieure.

Cette différence, multipliée par la vitesse du refroidissement  $v$ , déterminée par les expériences précédentes, nous fera connaître la quantité de chaleur consommée à

l'intérieur, et en retranchant celle qui a été employée à échauffer l'argent et le sel ammoniac, on obtient la quantité de chaleur employée à la volatilisation du sel. Cette dernière enfin, divisée par le poids du sel volatilisé dans chaque expérience donne la chaleur latente de volatilisation.

Ce calcul effectué successivement pour la vitesse moyenne ( $v=53$ ) et pour ses limites extrêmes ( $v=49$  et  $v=58$ ) donne :

	$v=49$	$v=53$	$v=58$
	613,2	696,0	799,4
	631,6	708,6	804,7
	613,3	708,4	827,2
	648,4	733,5	840,0
	563,0	661,2	783,9
	631,9	727,8	855,8
Moyenne.....	<u>617</u>	<u>706</u>	<u>818</u>

Ainsi en définitive, nous trouvons comme valeur moyenne 706, avec une grande probabilité que, malgré les nombreuses causes d'erreur qui affectent de pareilles expériences, la valeur réelle de la chaleur de volatilisation du sel ammoniac soit comprise entre 617 et 818.

A la rigueur on pourrait se passer complètement des expériences de comparaison sur la volatilisation de l'eau et baser tout le calcul sur les expériences faites avec le sel ammoniac. Il suffirait en effet pour cela d'admettre que la vitesse de refroidissement  $v$  a dû être la même dans toutes ces expériences, hypothèse qui ne peut être bien loin de la vérité, puisqu'elles ont été faites dans des conditions tout à fait semblables. On a alors six équations de condition pour déterminer deux inconnues, savoir la vitesse de refroidissement et la chaleur latente de volati-

lisation du sel ammoniac, et l'on n'a qu'à calculer les valeurs de ces deux inconnues qui satisfont, avec le moins d'écart possible, à ces équations. Or on trouve par ce calcul, pour la vitesse  $v$  le nombre 53,8 qui diffère bien peu de la valeur moyenne trouvée par les expériences sur l'eau, et d'où résulte pour la chaleur de volatilisation en moyenne 724. Mais je ne cite ce résultat que comme confirmation des précédents; il ne mériterait pas, par lui seul, une grande confiance. En effet, par cette méthode de calcul, les erreurs qui peuvent provenir de l'incertitude sur la chaleur spécifique de l'argent et du sel ammoniac à une haute température et sur le degré de chaleur réellement atteint par ces corps, ont une influence beaucoup trop grande sur le résultat, et la coïncidence avec les nombres obtenus par l'autre méthode est certainement accidentelle.

Si nous cherchons maintenant les conséquences que l'on peut déduire de ces résultats, il est impossible de ne pas être frappé de l'accord qui se manifeste entre la chaleur latente de volatilisation du sel ammoniac et celle qu'exigerait sa décomposition chimique, ou ce qui revient au même, celle qui résulte de la combinaison de ses éléments.

En effet, MM. Favre et Silbermann ont trouvé que le gaz acide chlorhydrique et le gaz ammoniac dégagent 743,5 unités de chaleur, lorsqu'ils se combinent pour former un gramme de sel ammoniac<sup>1</sup>.

On déduit un résultat presque identique, 755,0, de la série d'expériences par laquelle ils ont déterminé la chaleur de combinaison de ces deux gaz avec l'eau, et celle qui résulte de la combinaison de leurs dissolutions

<sup>1</sup> *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>me</sup> série, t. XXXVII, p. 421.

étendues, en tenant compte de l'absorption de chaleur provenant de la dissolution du sel ammoniac.

Il est vrai que ce nombre a été déterminé pour la température ordinaire, tandis que mes expériences donnent la chaleur employée pour transformer le sel solide à 350° en gaz également à 350°. Mais il est facile de voir que les corrections nécessaires pour rendre ces résultats comparables les modifieraient très-peu.

En effet, si l'on admet avec M. Regnault, 0,1852 pour la chaleur spécifique du gaz chlorhydrique, et 0,5084 pour celle du gaz ammoniac, et avec M. H. Kopp 0,373 pour celle du sel ammoniac solide, on trouve qu'il faut 123 calories pour chauffer un gramme de sel ammoniac de 20 à 350°, et 95 pour échauffer de la même quantité ses éléments à l'état gazeux. D'où il résulte que la chaleur de combinaison étant de 743,5 à 20 degrés serait de 715,5 à 350° (pour former du sel solide à cette température).

Ainsi la quantité de chaleur trouvée en moyenne, nécessaire pour volatiliser le sel ammoniac, est presque exactement la même que celle qui serait nécessaire pour le décomposer (706 au lieu de 715,5).

Si l'on compare au contraire la chaleur de volatilisation du sel ammoniac avec la chaleur latente des autres corps, en bien petit nombre, il est vrai, pour lesquels elle est connue, on remarque qu'elle est infiniment plus considérable.

L'eau seule en approcherait, mais on sait que sous ce rapport, comme sous celui de sa chaleur spécifique et de sa chaleur latente de fusion, elle occupe une place tout à fait à part parmi tous les corps composés, anomalie qui s'explique, du reste, par la faiblesse de son poids moléculaire.

Le tableau suivant, indiquant les chaleurs latentes de volatilisation de quelques corps, soit pour l'unité de poids, soit pour les poids moléculaires, justifie ces observations :

	CHALEURS LATENTES	
	pour 1 gr.	pour les poids moléculaires.
Éther . . . . .	91,1	6741
Acide sulfureux. . . . .	94,5	6048
Acide acétique . . . . .	101,9	6114
Acide butyrique. . . . .	114,9	10111
Alcool . . . . .	208,3	9582
Esprit de bois . . . . .	263,8	8441
Eau . . . . .	537	9666
Bichlorure d'étain <sup>1</sup> . . . . .	46,8	12149
Protochlorure de phosphore <sup>1</sup> . . . . .	67,2	9220
Chlorure d'arsenic <sup>1</sup> . . . . .	69,7	12629
Sel ammoniac (minimum). . . . .	617	32948

En résumé, je crois pouvoir conclure de ce travail qu'il est excessivement probable que le sel ammoniac est, en grande partie au moins, décomposé en ses éléments lorsqu'il se volatilise. Pour qu'il en fût autrement, il faudrait admettre que ce sel présente une chaleur latente de volatilisation sans analogie avec celle de tous les autres corps pour lesquels elle est connue, et surtout, ce qui me paraît le moins probable, qu'il n'y a presque pas de chaleur dégagée par la combinaison de ses éléments, celle que l'on observe lors de sa formation ne résultant que de sa condensation à l'état solide.

Pour corroborer les résultats précédents, il m'a paru

<sup>1</sup> Pour ces trois corps, la chaleur indiquée, déterminée par M. Regnault, comprend, outre la chaleur latente de volatilisation, toute la chaleur nécessaire pour les porter de 0° à leur point d'ébullition.

très-important d'essayer de déterminer, par la même méthode, la chaleur latente de volatilisation de quelques substances présentant, soit par l'élévation de leur point d'ébullition, soit par l'absence de liquéfaction, quelque analogie avec le sel ammoniac, afin de bien constater que les nombres si élevés obtenus pour ce dernier corps n'étaient pas simplement dus à l'imperfection de la méthode et à des propriétés physiques spéciales.

Mais je dois bien expressément déclarer que je ne veux tirer parti de ces expériences que pour confirmer les précédentes, et que je ne les présente nullement comme donnant une indication approchée de la véritable chaleur de volatilisation de ces substances, et cela pour les raisons suivantes :

1° Je n'ai fait pour chaque corps qu'un trop petit nombre d'essais pour que l'on puisse considérer le résultat moyen comme à l'abri des graves causes d'erreurs accidentelles inhérentes à ce procédé.

2° Les nouvelles expériences ne sont pas absolument comparables aux précédentes, parce que j'ai dû changer l'emplacement de mon appareil et le disposer sous une cheminée de tirage en raison de la nature des substances que je voulais volatiliser.

3° Au moment où je les ai faites, le cylindre de fonte de mon appareil commençait à être fortement détérioré et déformé. Enfin, j'ai dû remplacer les tubes d'argent contenant la substance à volatiliser par des tubes de verre.

Toutefois, pour qu'on ne s'exagère pas l'importance de ces différences, je dois ajouter que j'ai refait, en terminant cette seconde partie de mon travail, deux nouveaux essais sur le sel ammoniac, exactement dans les

mêmes conditions que pour les autres substances dont je parlerai tout à l'heure. Ces expériences, dont il est inutile d'exposer tous les détails, calculées avec la vitesse de refroidissement moyenne  $v=53$ , m'ont donné pour la chaleur de volatilisation 759 et 788. Ces résultats sont un peu supérieurs à ceux que j'ai exposés plus haut, comme on pouvait s'y attendre; car le bloc de fonte, ayant notablement perdu de son poids dans cette longue série d'expériences, ne devait plus céder une aussi grande quantité de chaleur.

On peut conclure de là que tous les résultats suivants sont généralement un peu trop élevés comparativement à ceux des premières séries d'expériences.

*Acide arsénieux.* — J'ai dû me borner à constater l'impossibilité de déterminer sa chaleur latente de volatilisation par la méthode précédente, du moins dans les mêmes conditions, à cause de la trop grande élévation de son point d'ébullition. Après l'avoir soumis, dans mon appareil, à la température de 500 à 420 degrés, je l'ai retrouvé, contre mon attente, presque entièrement fondu, mais n'ayant perdu que un à deux grammes par volatilisation. Dans ces conditions, la quantité de chaleur employée à cette volatilisation serait inférieure à l'erreur probable sur la quantité totale de chaleur consommée.

*Protochlorure de mercure.* — J'attachais une grande importance aux expériences sur ce corps, parce qu'il offre les mêmes conditions physiques que le sel ammoniac, absence de fusion et température de volatilisation très-élevée.

J'ai opéré une première fois avec les tubes d'argent, mais ils ont été fortement attaqués; dans les deux expériences suivantes, je les ai remplacés par des tubes de verre.

Je ne connais aucune indication sur la température d'ébullition de ce corps, si l'on peut employer ce terme pour une substance qui ne passe point par l'état liquide. Elle est certainement beaucoup plus élevée que pour le sel ammoniac. On en a la preuve par le fait que la présence de ce corps n'accélère que fort peu le refroidissement de l'appareil, et que les vapeurs qui se forment assez abondamment aux débuts de l'expérience cessent presque complètement avant la fin. Je crois cette température comprise entre 420 et 500°; toutefois, pour être certain que le résultat fût plutôt au-dessus qu'au-dessous de la réalité, j'ai supposé que les tubes et la matière non volatilisée avaient été portés seulement à 400°.

La chaleur spécifique admise est 0,052 d'après M. Regnault.

Voici les résultats des trois expériences.

	I	II	III
Température initiale . . . . .	18°	18°	16°
Tubes d'argent . . . . .	56,343	,	,
Tubes de verre . . . . .	,	27,202	27,625
Sel chauffé à 400°. . . . .	43,869	50,266	23,572
Sel volatilisé. . . . .	16,072	18,793	14,865
Chaleur employée à échauffer			
les tubes et le sel . . . . .	2098	3048	2560
Durée de 380 à 300 degrés (T)	2225''	2225''	2220''
$t = \frac{T}{1,05}$ . . . . .	1348	1348	1345
$t' =$ durée de 500 à 420 degrés	1270	1265	1260
$t - t'$ . . . . .	78	83	85
Chaleur totale consommée = 53			
$(t - t')$ . . . . .	4134	4399	4505
Chaleur latente de volatilisation	2036	1351	1945
Soit pour un gramme de sel . .	127	72	131

On rencontre, dans cette détermination, une cause d'incertitude qui ne se présente pas avec le sel ammoniac et qui tient à l'élévation du point d'ébullition, et, plus encore, à la grande densité de la vapeur du protochlorure de mercure et des particules provenant de sa condensation. C'est qu'une partie du sel volatilisé se condense à l'orifice même des tubes et y forme un dépôt cohérent, qui s'augmente surtout vers la fin de l'expérience. Or, il est impossible que cette condensation, produite en grande partie par le contact de l'air extérieur, restituée à l'appareil toute la chaleur ou même une partie notable de la chaleur qu'a exigée la formation de cette vapeur. On doit donc trouver un résultat trop élevé quand on tient compte de cette portion de matière comme non volatilisée. Dans la seconde expérience, j'ai détaché ce dépôt des tubes avant de les peser, ce qui revient à le considérer comme ayant été complètement volatilisé. On voit quelle différence il en résulte pour la valeur de la chaleur latente; il est probable que la vérité serait entre ces deux limites.

En tout cas, on le voit, il n'y a aucun rapport entre ces résultats et ceux qu'a donnés le sel ammoniac; l'élévation inusitée de ces derniers ne tenait donc pas au procédé de détermination.

Le calomel éprouve-t-il une décomposition en se volatilisant? M. Debray a annoncé récemment<sup>1</sup> qu'il avait observé qu'une lame d'or exposée dans sa vapeur n'était point blanchie. Comment concilier cette affirmation avec celles, absolument contraires, de M. Odling et de M. Erlenmeyer<sup>2</sup>? Pour moi, ayant suspendu une lame d'or à

<sup>1</sup> *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome LXVI, p. 1339.

<sup>2</sup> *Annalen der Chemie und Pharmacie*, tome CXXXI, p. 124.

l'orifice de l'un des tubes en verre de mon appareil, j'ai trouvé sous la croûte de protochlorure qui l'avait recouverte une surface très-légèrement blanchie.

Mais le résultat obtenu, quant à la chaleur latente de volatilisation, me porte à croire que s'il y a un commencement de dissociation, il est du moins extrêmement limité.

*Bichlorure de mercure.* — Ce sel ne présente plus, dans sa volatilisation, les mêmes conditions que le sel ammoniac, car il fond avant de se volatiliser. Je ne connais aucune indication sur son point de fusion et son point d'ébullition; je les ai trouvés de 273° et 296°.

La chaleur spécifique est 0,069 d'après M. Regnault.

Sa volatilisation doit se faire dans des tubes de verre, l'argent étant très-fortement attaqué.

La chaleur latente de fusion de ce sel étant inconnue, j'ai eu soin, pour diminuer autant que possible l'influence de cette quantité inconnue, d'opérer sur une quantité telle que la totalité du sel fût volatilisée avant la fin de l'expérience. Il en résulte que les tubes de verre ont dû être portés à peu près à la température de l'appareil lui-même. J'ai admis dans le calcul qu'ils avaient été chauffés à 400°.

J'ai fait deux expériences sur ce sel :

	I	II
Température initiale . . . . .	20°	16°
Tubes de verre chauffés à 400° . . . . .	26,952	27,625
Sel chauffé à 296° et volatilisé . . . . .	46,480	49,955
Chaleur employée à échauffer les tubes et le sel . . . . .	2902°	3055°
T (380 à 300°) . . . . .	2250"	2250"
t' (500 à 420°) . . . . .	1270"	1280"
t—t' . . . . .	94"	84"
Chaleur totale consommée = 53 (t—t') .	4982	4452
Chaleur latente . . . . .	2080	1397
Soit pour un gramme . . . . .	44,7	27,9

Ces résultats comprennent à la fois la chaleur latente de fusion et celle de volatilisation.

*Mercure.* — Les expériences faites sur ce métal présentent la même difficulté que j'ai signalée pour le calomel, avec cette différence seulement que le métal condensé en gouttelettes à l'orifice des tubes retombe incessamment à l'intérieur. Il est certain que l'on doit, par suite de ce fait, obtenir des résultats trop élevés.

J'ai fait trois essais très-concordants :

	I	II	III
Température initiale . . . . .	17°	17°	19°
Tubes de verre chauffés à 358° . . . . .	27,420	27,420	27,420
Mercure chauffé à 358° . . . . .	139,305	188,625	162,585
Mercure volatilisé . . . . .	67,230	66,765	50,605
Chaleur employée à échauffer les tubes et le mercure . . . . .	3423	3983	3688
T (380 à 300°) . . . . .	2310"	2190"	2315"
t' (500 à 420°) . . . . .	1190	1105	1235
t—t' . . . . .	210	222	168
Chaleur totale consommée . . . . .	11130	11766	8904
Chaleur latente . . . . .	7707	7783	5216
Soit pour un gramme . . . . .	114	116	103

*Acide sulfurique monohydraté* (purifié par cristallisation). — Trois expériences faites avec cet acide m'ont donné les résultats suivants :

	I	II	III
Température initiale. . . . .	16°	16°	19°
Tubes de verre chauffés à 330° .	27,625	27,625	27,420
Acide chauffé à 330° . . . . .	31,286	31,865	34,020
Acide volatilisé. . . . .	27,473	29,295	28,155
Chaleur employée à échauffer les tubes et l'acide . . . . .	5137	5201	5372
T (380 à 300°) . . . . .	2230''	2255''	2255''
t' (500 à 420°) . . . . .	1100	1080	1085
t—t' . . . . .	251	287	282
Chaleur totale consommée . . . .	13303	15211	14946
Chaleur latente . . . . .	8166	10010	9574
Soit pour un gramme . . . . .	297	342	340

On a admis pour ce calcul 0,349 pour la chaleur spécifique de l'acide sulfurique (d'après MM. de la Rive et Marcet).

Bien que ces résultats soient inférieurs de plus de moitié à ceux que nous avons obtenus pour le sel ammoniac, ils paraissent cependant encore bien élevés, si on les compare à ceux qu'ont donnés d'autres acides.

Il est à remarquer d'un autre côté qu'ils se rapprochent tout à fait de la chaleur de combinaison de l'acide sulfurique anhydre et de l'eau, autant du moins qu'on peut l'apprécier.

En effet, il résulte des expériences de M. Abria <sup>1</sup> que cette chaleur de combinaison est de 237°,13 pour un gramme d'acide anhydre, soit de 18970° pour une molécule (80) d'acide se combinant avec une d'eau (18),

<sup>1</sup> *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>me</sup> série, tome XII, p. 176.

mais ce chiffre se rapporte à la température ordinaire, soit environ 20°. Pour avoir la chaleur de combinaison à 330°, il faudrait y ajouter :

1° La chaleur nécessaire pour échauffer 18 grammes d'eau de 20 à 100° et les volatiliser, soit 11106 calories.

2° Celle employée à chauffer la vapeur d'eau de 100 à 330°, soit 1989 calories.

3° La chaleur latente de volatilisation d'une molécule d'acide sulfurique anhydre, complètement inconnue. Si l'on se reporte au tableau que j'ai donné précédemment des chaleurs latentes des principaux corps qui varient entre 6000 et 10000, on peut l'évaluer approximativement à 8000 calories.

4° La chaleur nécessaire pour porter les 80 grammes d'acide anhydre de 20° à 330°. La chaleur spécifique de ce corps étant inconnue, on ne peut encore adopter qu'un nombre hypothétique. On ne s'éloignerait probablement pas beaucoup de la vérité en supposant 0,19 (intermédiaire entre les chaleurs spécifiques de l'acide sulfureux et de l'oxygène), ce qui porte cette quantité de chaleur à 4712 calories.

En revanche, il faudrait retrancher la chaleur nécessaire pour porter 98 grammes d'acide sulfurique monohydraté de 20 à 330°, soit 10602 calories.

On trouve ainsi 34175 calories pour valeur approximative de la chaleur de combinaison de l'acide sulfurique monohydraté à 330° pour une molécule ou pour un gramme 348 calories.

Ainsi la chaleur latente de volatilisation paraît être sensiblement égale à la chaleur de décomposition. Ce résultat donne une grande probabilité à l'hypothèse de la décomposition de l'acide sulfurique admise par MM. Wan-

klyn et Robinson<sup>1</sup>, à la suite de leurs expériences sur la diffusion de sa vapeur.

En commençant ce travail, j'avais plutôt l'idée de le faire à titre d'essai, pour apprendre, par la pratique de mon appareil, construit assez grossièrement, quels seraient les perfectionnements qu'il conviendrait d'y apporter pour le rendre susceptible de fournir des résultats exacts. Je dois dire que les nombreuses expériences que j'ai faites m'ont inspiré la conviction que l'on pourrait sans doute l'améliorer de manière à obtenir une plus grande concordance dans les résultats, mais qu'il est peu probable que l'on parvint à fonder sur son emploi une méthode susceptible de quelque précision.

Il serait bien à désirer cependant qu'un habile physicien parvint à découvrir un procédé un peu exact pour mesurer les chaleurs consommées dans des réactions qui se passent à de hautes températures. On pourrait résoudre par là bien des questions d'une grande importance pour la chimie.

---

<sup>1</sup> *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome LVI, p. 547.

**POLARISATION ÉLECTRIQUE ET INÉGALITÉ<sup>1</sup>**  
DES  
**ÉLECTRODES DE ZINC AMALGAMÉ**  
DANS LE SULFATE DE ZINC  
PAR  
**M. ÉDOUARD PATRY**

---

Dans une série d'expériences sur la résistance galvanique des liquides pendant lesquelles j'assistai M. Paalzow, à Berlin, la polarisation et l'inégalité des soi-disant électrodes impolarisables se présentèrent comme des causes d'erreurs. Je fus alors engagé par lui à étudier spécialement cet objet; je le fis avec l'aide de ses bons conseils.

On obtient, comme on le sait, des électrodes impolarisables en mettant du zinc amalgamé dans du sulfate de zinc. En employant, suivant la prescription, le zinc et le sulfate du commerce, j'ai trouvé que la polarisation et l'inégalité étaient toujours très-sensibles, tant que la résistance du circuit n'était pas très-considérable. Je remarquai que de très-nombreuses bulles de gaz se fixaient à la surface des électrodes, et qu'une flamme allumait ces bulles, ce qui montrait que le gaz qu'elles contenaient était de l'hydrogène. J'admis alors qu'il existait dans la dissolution de l'acide sulfurique libre; je le saturai au moyen de carbonate de zinc, mélangé à la dissolution, portée à 100° pendant deux à trois heures.

<sup>1</sup> L'auteur désigne par *inégalité* la non-identité des électrodes qui fait que, indépendamment de toute autre circonstance, ils donnent naissance à un courant électrique. (Réf.)

Cette ébullition est nécessaire, car l'expérience me montra que le simple mélange ne produit qu'un effet très-faible. La dissolution filtrée contenait le sulfate de zinc, une quantité infiniment faible de carbonate de zinc et du sous-sulfate,  $\text{SO}^s, 3 \text{ZnO}$ , formé pendant l'ébullition. Ce mélange donna une polarisation beaucoup plus faible.

Je fis alors la comparaison entre la polarisation et l'inégalité qui avaient lieu avec le sulfate de zinc ordinaire, et celles qui se produisaient avec la dissolution que j'avais traitée avec le carbonate de zinc. Je mesurai ces différentes valeurs.

Pour cela, je pris des auges en verre de 80<sup>mm</sup> de longueur, 30<sup>mm</sup> de largeur et de hauteur. Les électrodes en zinc amalgamé avaient 75<sup>mm</sup> sur 18. Un prolongement de la lame de zinc permettait de fixer le fil conducteur en dehors du liquide.

Cette auge pouvait, au moyen d'un commutateur, être mise dans un circuit formé d'une boussole galvanométrique à miroir et d'un pont de Wheatstone destiné à permettre l'introduction d'un courant. Le même commutateur faisait communiquer les électrodes entre elles lorsque l'appareil étoit hors du circuit.

La résistance de la boussole galvanométrique à miroir étoit de 694 unités de Siemens, tandis que celle de l'auge étoit seulement de 3 à 4; cette dernière pouvoit donc être négligée vis-à-vis de la première.

D'un autre côté, l'élément Daniell qui alimentait le pont étoit accompagné d'un rhéostat portant 162 unités et permettant de négliger les variations de la pile dont la résistance étoit égale à une unité environ. Ce rhéostat et la position du curseur du pont étoient tels que la pile ne pouvoit fournir qu'un centième de sa force électromotrice.

Avant tout, quelques expériences me montrèrent que la pile était suffisamment constante.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE. *Sulfate de zinc sans préparation.*

*L'inégalité* donne les chiffres suivants pour la déviation du miroir :

18<sup>mm</sup> au bout d'une minute.

20 » de 5 »

23 » de 10 »

15 » de 30 »

12 » de 20 »

12 » de 40 »

12 » de 60 »

Ce nombre 12 peut être considéré comme constant au bout d'un certain temps. Nous montrerons plus tard comment on déduit de ce chiffre la force électromotrice.

*Polarisation.* — Le courant étant envoyé à travers l'auge, puis directement, nous obtenons : en premier lieu la force du courant moins la polarisation, plus ou moins l'inégalité, suivant le sens; en second lieu le courant seul.

Soient C le courant,  
P la polarisation,  
I l'inégalité;

l'expérience nous donne les résultats suivants :

$$C - P - I = 498^{\text{mm}}$$

$$C = 519^{\text{mm}},$$

soit  $P + I = 21.$  (1)

Envoyons le courant dans l'autre sens :

$$C - P + I = 487$$

$$C = 484,$$

$$I - P = 3. \quad (2)$$

Combinant (1) et (2), nous obtenons :

$$\text{Inégalité} = 42^{\text{mm}},$$

$$\text{Polarisation} = 9^{\text{mm}}.$$

Ces expériences sont confirmées par le résultat que nous avons obtenu plus haut pour l'inégalité.

SECONDE EXPÉRIENCE. *Sulfate de zinc traité par le carbonate.*

Il donne très-rapidement :

$$I = 3^{\text{mm}} = \text{constante.}$$

Puis envoyant le courant :

$$C - P + I = 462$$

$$C = 459.$$

Dans l'autre sens :

$$C - P - I = 476$$

$$C = 469,$$

d'où :

$$I = 3$$

$$P = 0.$$

*Calcul de la force électromotrice due à l'inégalité et de celle due à la polarisation des électrodes.*

Nous avons un circuit dans lequel nous pouvons introduire trois forces électromotrices. Elles sont proportionnelles à la déviation produite par chacune d'elles. Soit 500<sup>mm</sup> la déviation moyenne produite par  $\frac{1}{100}$  de la pile, la force électromotrice correspondant à un millimètre sera 0,00002.

Nous en déduisons donc que la force électromotrice due à l'inégalité est, avec la première dissolution :

$$0,00024 \text{ d'une pile Daniell;}$$

avec la deuxième dissolution :

$$0,00006.$$

La force électromotrice due à la polarisation est dans le premier cas :

$$E = 0,00018,$$

dans le deuxième cas elle est nulle.

Cette même méthode, appliquée à l'acide sulfurique de densité 1,08 à 27° et à des électrodes de zinc amalgamé, donne :

$$I = 25^{\text{mm}}$$

$$P = 15^{\text{mm}}.$$

La pile produisant une déviation de 480<sup>mm</sup>, les forces électromotrices sont :

$$I = \frac{25}{48000} = 0,00052$$

$$P = \frac{15}{48000} = 0,000312.$$

En résumé nous voyons que le *sulfate de zinc* avec des électrodes de zinc amalgamé donne une *Inégalité* et une *Polarisation* importantes lorsqu'il contient de l'acide sulfurique libre, et que l'on opère avec des résistances faibles.

Nous voyons de même que ces forces peuvent être réduites, la première au quart de ce qu'elle était, la seconde à zéro en neutralisant l'acide libre par le carbonate de zinc.

**NOTICE SUR LA QUATRIÈME ANNÉE**  
**DES**  
**OBSERVATIONS THERMOMÉTRIQUES ET PLUVIOMÉTRIQUES SUISSES**  
**ACCOMPAGNÉE**  
**DE L'ANALYSE DE QUELQUES TRAVAUX RÉCENTS**  
**DE**  
**MÉTÉOROLOGIE HELVÉTIQUE**  
lue à la séance de la Société genevoise de Physique et d'Histoire naturelle  
du 3 septembre 1868  
**PAR**  
**M. le professeur GAUTIER.**

---

M. le professeur Rodolphe Wolf, directeur de l'observatoire de Zurich et du Bureau central des observations météorologiques du réseau suisse qui y est établi, a publié récemment, dans le cahier de novembre 1867 du Recueil in-4° de ces observations, le tableau général des températures moyennes, mensuelles et annuelles, observées de décembre 1866 à novembre 1867, dans 73 stations de ce réseau, ainsi que celui de l'eau de pluie et de neige tombée pendant le même intervalle dans 42 de ces stations. Je profiterai de ces tableaux pour présenter à notre Société une Notice sur cette quatrième année d'observations, faisant suite à celles que j'ai rédigées sur les trois premières. Plus le nombre de ces années s'accroît, plus les résultats offrent d'intérêt, en permettant d'obtenir des valeurs moyennes plus exactes, et en donnant la mesure des variations qui ont lieu d'une année à l'autre.

Je saisisrai aussi cette occasion pour faire mention de quelques travaux récents de météorologie suisse, la plupart fondés sur les mêmes observations.

### *Températures.*

Le tableau de la troisième année d'observations, publié dans le numéro de juillet 1867 des *Archives des Sciences physiques et naturelles*, renfermait les températures moyennes de l'année et des quatre saisons en 76 stations. On ne trouvera plus, dans celui de la quatrième année, d'observations faites à Morges, Dizy, Fribourg, la Chaux-de-Fonds, Gliss, Stanz, Zug, Glaris, Zurzach, Stalla, Faido, Mendrisio et à la Bernina. Mais il y en aura, en revanche, de celles faites aux autres stations de la troisième année, ainsi qu'à Saint-Imier, à la Val Sainte, à Gersau, à Kaiserstuhl, à Davos et au Grimsel. Il manque un mois d'observations à Soleure, à Brusio, à Thusis et au Righi, et deux mois à Bex, Rathausen et Auen. Mais ces stations n'en sont pas moins comprises dans le tableau annuel de M. Wolf, avec leurs moyennes, et je les ai insérées, telles quelles, dans celui qui est joint à ma Notice. Je n'y ai pas compris les stations de Glaris, du Grindelwald et de Stalla, où les observations ont été très-incomplètes, ce qui réduit à 70 le nombre de celles de mon tableau ci-joint.

L'année dont je m'occupe maintenant a été dans son ensemble, pour la Suisse, un peu plus chaude que la moyenne des trois précédentes, mais la température s'y est fort abaissée en janvier. Le *maximum* de froid a été, comme dans l'année précédente, observé à Bevers en Engadine, à 1715 mètres d'altitude. Ce *maximum* y a été

de — 27°,2 centigrades le 5 janv. et il a été le même jour  
 de — 25,5 aux Ponts de Martel, près du Locle,  
 — 25,3 au village de Splügen,  
 — 24,2 à Zernetz,  
 — 23,7 à Andermatt.

Au Saint-Bernard, au Simplon, à Genève et en beaucoup d'autres stations, c'est le 18 janvier qui a été le jour le plus froid; et le *minimum* annuel de température a été de — 19°,8 au Saint-Bernard,

— 19,7 au Julier,  
 — 16,8 au Simplon,  
 — 16,0 à Genève,  
 — 12,2 à Zurich,  
 — 10,2 à Bâle et à Neuchâtel,  
 — 8,2 à Montreux.

On voit qu'il y a eu ce jour-là un coup de froid bien plus prononcé à Genève que dans d'autres villes de Suisse dont la température moyenne est, en général, un peu moins élevée que la nôtre, et surtout qu'à Montreux; mais je ne crois pas que cette dernière station soit pourvue d'un thermométrographe indiquant les *Minima* de température; il en est de même au Saint-Bernard et dans un grand nombre de stations du réseau suisse.

La plus grande élévation du thermomètre observée dans l'année a été de 33°,9 le 21 août à Lugano. Le *maximum* annuel a été de 32°,4 à Genève et à Bex le 20 août,

de 32,0 à Neuchâtel le 14,  
 et seulement de 29,3 à Montreux le 15.

Quant aux moyennes annuelles, je n'ai pris, de même que pour les années précédentes, pour Genève, le Simplon et le Saint-Bernard, comme pour les autres sta-

tions, que celles résultant des températures de 7 heures du matin, 1 heure et 9 heures du soir, et je les ai trouvées respectivement de  $10^{\circ},2$ ;  $2^{\circ},2$  et  $-0^{\circ},2$ ; tandis qu'elles étaient en 1866 de  $10,3$ ;  $1,7$  et  $-1,0$ .

Dans la plupart des stations, en 1867, la température moyenne du printemps s'est fort rapprochée de celle de l'année, tandis que la moyenne de l'automne est plus basse, d'environ un degré, que la moyenne annuelle. Il y a eu à Genève, dans la nuit du 24 au 25 mai, une petite gelée extraordinaire, qui a causé un grand dommage aux vignes de ce canton. M. Plantamour observe, dans son *Résumé météorologique de 1867* (*Archives*, octobre 1868, p. 101), que la première gelée a eu lieu en 1867 le 6 octobre, plus tôt de trois semaines que de coutume, de sorte que, quoique la température moyenne annuelle de cette année-là ait été plus élevée que la moyenne des 42 années antérieures, la partie froide a été beaucoup plus étendue, et la portion de l'année pendant laquelle il ne gèle pas a été plus courte de près de deux mois.

La nouvelle station du bourg de Gersau, située au pied sud du Righi, sur le bord du lac de Lucerne, paraît être, comme Sion, particulièrement chaude. L'hiver, le printemps et l'automne y ont été plus doux qu'à Genève, mais l'été un peu moins chaud. La température moyenne annuelle y a été de  $10^{\circ},4$ ; le *maximum* de  $27^{\circ},6$  et le *minimum* de  $-7^{\circ},0$ .

En revanche, la station des Ponts de Martel, dans le Jura neuchâtelois, est très-froide. La moyenne annuelle y a été de  $6^{\circ}$ , la même que celle de la montagne de Chaumont, plus élevée de 129 mètres, et l'hiver y a été notablement plus rigoureux.

La nouvelle station de Davos dans les Grisons, un peu

moins élevée que celle de Bevers, paraît être aussi très-froide, surtout en la comparant à celle de Græchen en Valais, située presque à la même hauteur. Les *maxima* annuels de chaleur y ont été à peu près les mêmes, mais les *minima* diffèrent de 8 degrés, et les moyennes annuelles de 2° 3.

*Observations de M. Marguet, à Lausanne.*

On doit regretter que les observations régulières aient cessé dans deux stations du canton de Vaud, celles de Morges et de Dizy, et que Lausanne n'ait pas été comprise dans le réseau fédéral. Mais heureusement, M. Jules Marguet, actuellement professeur de mathématiques à l'académie de cette dernière ville, y a fait, en son particulier, depuis 1859, des observations météorologiques très-soignées, dont il a bien voulu me communiquer tout récemment les résultats. Ils ont pour nous un intérêt spécial, à cause de notre voisinage, et de l'importance que présente le chef-lieu d'un aussi beau et grand canton suisse. Je vais, en conséquence, en donner ici un aperçu sommaire.

M. Marguet a commencé ses observations thermométriques et barométriques dans le local de l'École spéciale de Lausanne, à une hauteur de 519 mètres au-dessus du niveau de la mer et de 140 mètres au-dessus de celui du lac de Genève. Son pluviomètre est dans un jardin, à 513 mètres au-dessus de la mer, et il observe aussi les vents et l'état du ciel.

Jusqu'en 1865, lui et son fils faisaient leurs observations à 8 heures du matin, à midi, à 2 heures et à 4 heures du soir, et ils avaient aussi des thermomètres à *maximum* et *minimum*. Dès lors M. Marguet s'est borné, pour les températures, aux indications de

ces derniers instruments, en appliquant à leurs moyennes diurnes une petite correction, déduite d'un travail de comparaison avec les observations bihoraires faites à Genève, publié par lui en 1860, dans le tome IX de nos *Archives*.

Il a fait insérer successivement, dans les *Bulletins de la Société Vaudoise des sciences naturelles*, des résumés détaillés et fort intéressants de ses observations. Ceux des années 1861 et 1862 ont paru dans le tome XVIII des *Archives* de Genève.

D'après M. Marguet, la température moyenne de Lausanne, qui résulte de l'ensemble de ses observations et de comparaisons nombreuses avec Genève, est de 8°,6 pour la période de 1826 à 1860 : tandis que celle de Genève, pendant le même intervalle, a été de 9°,2. La différence correspond assez exactement à celle des altitudes des deux stations, qui est d'environ 111 mètres.

Quant à l'année dont je m'occupe maintenant, et où les observations de M. Marguet ont été faites à Lausanne, au Pré du Marché, n° 3, à une altitude de 513 mètres, la moyenne annuelle a été de 9°,96; égale, à un 100<sup>me</sup> de degré près, à celle de Genève telle qu'elle résulte de l'ensemble des observations. Celles des quatre saisons ont été respectivement à Lausanne :

de 3°,45 ; 9°,6 ; 18°,0 et 8°,8.

Les extrêmes annuels thermométriques y ont été de —9°,6 le 6 janvier, et de 28°,3 le 20 août. On voit qu'ils sont sensiblement moins éloignés de la moyenne que ceux de Genève, surtout pour le *minimum*.

M. Marguet, pour faciliter les calculs et y faire éviter de fréquentes erreurs de signe, a adopté un mode particulier de notation des observations thermométriques. Il

désigne par 100 la température de la glace fondante, et par 200 la température de l'eau bouillante, ce qui permet d'éviter les signes négatifs. Ainsi, pour en donner un exemple, la température de  $-8^{\circ},6$  est notée par lui 91°,4. C'est de cette manière que ses observations se publient journellement dans les journaux vaudois l'*Estafette* et la *Gazette de Lausanne*.

La hauteur moyenne en millimètres de la colonne de mercure de son baromètre, réduite à la température de la glace fondante, est de 717<sup>mm</sup>,8 d'après les observations de 1836 à 1860. M. Marguet n'observe plus le baromètre qu'à midi, après avoir constaté que cette seule observation donne, avec une exactitude suffisante, la hauteur moyenne diurne. Ces résumés renferment beaucoup de tableaux graphiques relatifs à ses observations. Ces tableaux ont spécialement pour objet de comparer les variations des éléments météorologiques avec la succession des phases de la lune, afin de chercher à vérifier si ces phases exercent réellement quelque influence sous ce rapport. M. Marguet a publié en 1866, dans le Bulletin de la Société vaudoise, une Note assez curieuse sur ce sujet, d'après laquelle les résultats de douze années de ses observations sembleraient donner quelque poids à une Table anglaise qui lui a été communiquée, et qui annonce le temps d'après les heures du jour et de la nuit où ces phases ont lieu. Mais il se garde bien cependant, comme il le dit lui-même, d'en rien conclure encore de positif. Je dirai plus bas quelques mots sur le résultat de ses observations pluviométriques.

*Notices météorologiques de M. Hirsch.*

J'ai reçu dernièrement aussi deux Notes imprimées de M. le professeur Hirsch, directeur de l'observatoire de Neuchâtel, qu'il a lues à la Société des sciences naturelles de cette ville, le 19 décembre 1867 et le 6 février 1868, et qui ont paru dans le *Bulletin* des séances de cette Société.

La première est relative à la *Diminution de la température avec la hauteur*. M. Hirsch s'était déjà occupé de la recherche de cette diminution, par la comparaison des observations thermométriques faites en 1864 à Neuchâtel et à la montagne de Chaumont, la différence d'altitude de ces deux stations étant d'environ 662 mètres. Il a continué cette comparaison pour les deux années suivantes, et en a dressé des tableaux correspondant aux moyennes de mois pour les trois observations diurnes de 7 heures du matin, 1 heure et 9 heures du soir. La différence moyenne de température entre les deux stations, résultant des trois années d'observations, est de  $3^{\circ},488$ ; ce qui donne  $0^{\circ},527$  pour la diminution de température correspondant à 100 mètres d'élévation. On voit par là qu'un abaissement thermométrique d'un degré centigrade correspond, en moyenne, à une élévation de 190 mètres. Cette valeur est identique avec celle qui a été déduite de la longue série d'observations faites à Genève et au grand Saint-Bernard. Mais les différences suivant les saisons et les heures sont considérables, et la marche de la diminution de température avec la hauteur n'est point complètement la même dans les différentes années. Il se présente même assez souvent, en décembre et en janvier, une singulière interversion de température, dont je reparlerai plus bas.

M. Hirsch s'est attaché à étendre ses recherches, en choisissant dans le réseau d'observations suisses un certain nombre de combinaisons de deux stations, présentant une grande différence de niveau, en même temps qu'une petite distance horizontale. Ainsi, il a combiné le Saint-Bernard avec Martigny; le Saint-Gothard, d'un côté avec Andermatt et Altorf, de l'autre avec Faïdo et Bellinzone; le Saint-Bernardin avec le Splügen et Thusis du côté nord, et avec Bellinzone du côté sud; le Julier d'un côté avec Sils et Bevers, de l'autre avec Stalla; le Righi avec Zug, l'Uttlieberg avec Zurich, etc. Le tableau des résultats de ces calculs, pour les trois années d'observations, frappe d'abord par la diversité assez considérable des valeurs. Ainsi Julier combiné avec Stalla donne  $0^{\circ},768$  de décroissement de température pour 100 mètres d'élévation, tandis que Julier avec Bevers ne donne que  $0^{\circ},505$ : ce qui tient à la grande froidure de cette dernière station. La moyenne des quinze déterminations alpestres donne  $0^{\circ},572$  pour 100 mètres, les quatre principales du côté du Sud donnent  $0^{\circ},672$  et les huit du côté du Nord  $0^{\circ},532$ . Cela correspond respectivement à 149 et à 188 mètres d'élévation pour un abaissement de température d'un degré. M. Hirsch désirerait quelques stations d'observations de plus pour cette étude de physique terrestre; par exemple Brieg et Gsteig pour utiliser les observations du Simplon; Airolo et Misocco au Sud du Saint-Gothard et du Bernardin.

La seconde Note de M. Hirsch a pour objet : *L'interversion de température entre Neuchâtel et Chaumont, et dans la Suisse en général, qui a eu lieu pendant l'hiver de 1866 à 1867*. Cette interversion avait déjà été observée par lui entre Neuchâtel et Chaumont depuis l'hiver de 1863 à

1864, à peu près à la même époque, à diverses reprises, pendant 18 à 20 jours. Dans l'hiver de 1866 à 1867 l'anomalie a eu lieu à six reprises différentes, de novembre à février, et elle a été comprise entre  $0^{\circ},5$  et  $7^{\circ},6$ ; elle a été le plus souvent de 2 à 6 degrés, même sans qu'il y eut de brouillard à Neuchâtel, et par une clarté du ciel à peu près la même aux deux stations. Ainsi, par exemple, du 18 au 26 décembre 1866, le thermomètre a été plus élevé en moyenne, de  $4^{\circ},47$  à Chaumont qu'à Neuchâtel. Il était alors plus bas, de près de  $5^{\circ}$ , aux Ponts de Martel qu'à Neuchâtel, quoique le ciel fût tout aussi clair aux Ponts qu'à Chaumont. A la même époque, à Sainte-Croix, dans le Jura vandois, à une altitude peu inférieure à celle de Chaumont, la température a été à peu près aussi élevée.

M. Hirsch a constaté qu'à la même époque il y avait eu aussi interversion de température entre Zurich et l'Uetliberg, entre le Righi et Gersau, entre le Saint-Bernard et Martigny, entre le Julier et Bevers. Au Saint-Gothard et au Bernardin la température, en ces mêmes jours, diminuait fortement à partir du sommet jusqu'à une altitude de 1500 mètres, pour se relever ensuite jusque dans les stations inférieures des vallées, où il faisait, cependant, encore plus froid qu'au sommet.

L'hypothèse de deux couches d'air superposées, ayant une température et une humidité différentes, représente assez bien, selon M. Hirsch, les faits observés, pourvu qu'on admette des variations de hauteur considérables à la surface limite des deux couches. Un état calme de toute l'atmosphère en Suisse paraît être une condition absolue et générale de ce phénomène d'interversion de la température. M. Hirsch présume qu'alors l'air des hau-

teurs, refroidi et devenant plus lourd, coule lentement le long des pentes des montagnes et stationne finalement dans les vallées et les plaines, dont l'air plus chaud va remplacer l'autre sur les hauteurs. Mais cette explication lui paraît laisser beaucoup à désirer; et l'on ne peut, dit-il, en espérer une satisfaisante, que par une observation serrée et minutieuse de tous les détails de ce curieux phénomène météorologique.

*Mémoire de M. Plantamour sur les anomalies de température à Genève.*

Je ne dois pas omettre, en parlant des travaux récents sur les températures en Suisse, de faire mention du mémoire de 63 pages in-4°, publié en 1867 par M. le professeur Plantamour, dans le tome 19 du Recueil de ceux de notre Société de physique et d'histoire naturelle, sous le titre suivant : *Des anomalies de la température observées à Genève pendant les quarante années 1826 à 1865.*

Dans son ouvrage sur le *Climat de Genève*, M. Plantamour avait déjà étudié les anomalies de température qui ont lieu chez nous d'un mois à l'autre en diverses années. Depuis 1861, il a inséré dans les tableaux météorologiques mensuels des *Archives*, à côté de la température de chaque jour observée à Genève et au Saint-Bernard, la différence avec la température normale du même jour, déduite d'un grand nombre d'années d'observations. Dans le mémoire actuel, il a suivi l'exemple donné par M. le professeur Dove de Berlin, en calculant la température moyenne de cinq en cinq jours du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre. Il a constaté ainsi, qu'à Genève la température moyenne de la période de cinq jours peut s'abaisser au-

dessous de zéro depuis le commencement de novembre jusqu'à la fin de mars.

M. Plantamour a calculé la loi de la variation annuelle de la température, en appliquant aux quarante années d'observations, subdivisées en soixante-treize périodes de cinq jours, une formule trigonométrique d'interpolation de Bessel composée de quatre termes, résolue par l'application de la méthode des moindres carrés aux équations de condition résultant des données de l'observation. Il a obtenu ainsi une valeur, dont la partie constante de  $9^{\circ},248$  représente la température moyenne des quarante années. Il a calculé ensuite les différences entre les résultats de la formule et ceux de l'observation pour chaque période de cinq jours, et il a tracé la courbe de la marche annuelle de la température dans les deux cas. Il a trouvé ainsi, dans un petit nombre de périodes, de légères anomalies; mais il ne croit pas les quarante années encore suffisantes pour qu'on puisse en conclure qu'il y a, à ces époques, des anomalies périodiques, les observations faisant voir que, pendant une série d'années, la même période est ou beaucoup plus chaude, ou beaucoup plus froide que de coutume. Il cite, par exemple, sous ce rapport, la première quinzaine de mai, signalée assez généralement comme une époque de retour de froid. La période du 6 au 10 mai a présenté, en effet, de 1850 à 1858, une température moyenne plus froide de  $2^{\circ},45$  que celle résultant des quarante années. La période du 11 au 15 mai a été de même, de 1836 à 1840, plus froide de  $2^{\circ},33$  que la moyenne. Mais, en d'autres séries d'années, la température à ces époques a été sensiblement plus élevée, et M. Plantamour ne trouve, par conséquent, pour Genève, aucun fondement à l'opinion d'un retour de froid

exceptionnel vers cette époque. L'année 1868 est bien propre à le confirmer dans cette opinion, car tout le mois de mai y a présenté une élévation de température extraordinaire, qui a été, en bien des jours, de 7 à 8 degrés au-dessus de la température normale.

M. Plantamour a construit des tableaux donnant, pour les soixante-treize périodes de chacune des quarante années, les écarts positifs ou négatifs entre la température normale calculée par la formule et celle réellement observée en chacune de ces périodes. Ces écarts sont quelquefois considérables, surtout en janvier dans le sens négatif, où ils vont jusqu'à 9 degrés, et il y a de même de notables différences entre les températures moyennes annuelles de certaines séries d'années. Ainsi, à une période de dix années chaudes, 1826 à 1835, dont la température moyenne est de 9°,66 et où 1829 a été la seule année froide, a succédé une période de vingt années froides, 1836 à 1855, où la moyenne n'est que de 8°,89 et dans lesquelles 1846 est la seule année chaude. Dans les dix dernières années, 1856 à 1865, il n'y a eu qu'une année très-froide, 1860, et la température moyenne a été de 9°,54.

L'époque des plus grands froids a oscillé à Genève, pendant ces 40 années, entre le 2 décembre et le 19 février. Elle a eu lieu 6 fois du 27 au 31 décembre, 5 fois du 11 au 15 janvier et du 10 au 14 février. Les extrêmes observés pour les moyennes de 5 jours sont —12°,87 en 1838 et —0°,28 en 1863. L'époque de plus grande chaleur a oscillé entre le 10 juin et le 2 septembre. Elle a eu lieu 7 fois du 5 au 9 juillet et du 15 au 19, 4 fois du 25 au 29 juin et du 30 juillet au 3 août. Les valeurs moyennes extrêmes observées pour chaque période de 5 jours sont 24°,98 en 1857 et 19°,38 en 1841.

Enfin, M. Plantamour s'occupe, dans un dernier paragraphe, de la fréquence et de l'amplitude des variations que la température peut subir de 5 en 5 jours. Il en présente plusieurs tableaux et il termine son mémoire par le résumé suivant sur ce dernier point : « La variation de température entre deux périodes consécutives de cinq jours, due à l'influence de causes accidentelles, s'élève en moyenne dans l'année à  $\pm 2^{\circ},21$ . Mais on peut s'attendre à rencontrer, dans le courant de l'année, une variation *maximum* de  $\pm 8^{\circ},1$ , qui tombera, 7 années sur 10, en novembre, décembre, janvier et février, et 3 années sur 10 dans l'un des 8 autres mois. »

L'auteur de ce mémoire donne, dans ses *Résumés météorologiques*, publiés annuellement dans les *Archives*, un tableau des écarts moyens et extrêmes de température observés, soit dans chaque mois, soit entre deux jours consécutifs. Ces derniers, qui ont été de  $\pm 2^{\circ},49$  dans leurs valeurs moyennes en 1867, ont présenté de bien plus grandes différences dans leurs écarts extrêmes. Ainsi, du 21 au 23 mai de cette année-là, il y a eu 8 degrés d'abaissement du thermomètre centigrade, et il y a eu 9 degrés d'élévation de la température du 29 novembre au 1<sup>er</sup> décembre.

• *Eau de pluie et de neige.*

Je reviens maintenant aux observations suisses de l'année météorologique 1867, en ce qui concerne la pluie et la neige. Cette année a été fort pluvieuse pour un grand nombre de stations, du moins dans une de ses moitiés. Il est tombé à Genève, dès les premiers jours de janvier, une petite quantité de neige, qui avait rapidement disparu, mais du 13 au 21 il a neigé presque tous

les jours. Il est tombé en tout 463 millimètres de neige, correspondant à environ 65 millimètres d'eau, et la neige n'a disparu dans la plaine que le 29 du mois à Genève. Une forte bise froide y a régné souvent dans ce mois. Il est tombé dans les premiers 6 mois 624 millimètres d'eau. La seconde moitié de l'année, et surtout juillet et novembre ont été moins pluvieux, ce dernier mois ayant été généralement sec en Suisse. La quantité d'eau tombée dans l'année à Genève a été de 963<sup>mm</sup>,6 ; moindre de 5 millimètres que celle de l'année précédente, qui était aussi une année pluvieuse.

Les *maxima* d'eau tombée, dans cette quatrième année d'observations, ont été :

De 2202 <sup>mm</sup> ,7	en onze mois au Grimsel,
2127,9	dans l'année à la Val Sainte,
2103,9	» à Schwytz,
2014,6	» à Einsiedeln,
2068,0	en dix mois au Bernardin.

Il n'en est tombé que 1094<sup>mm</sup>,4 au Saint-Bernard et 1611,3 à la cime du Righi.

Quant aux *minima* annuels, ils ont été :

De 447 <sup>mm</sup> ,5	pour Grächen.
707,4	» Remüs.
852,3	» le Simplon.
572,5	» dix mois à Brusio.
613,7	» onze mois à Zernetz.
660,9	» » à Soleure.

Dans la nouvelle station de Gersau, il est tombé en onze mois 1832<sup>mm</sup>,9 d'eau : tandis qu'il n'en est tombé dans l'année à Davos que 950,7. Il y en a eu 1636,8 à

Montreux, 1652,5 à Lugano et 1677,1 à Bellinzone. C'est dans la seconde moitié de l'année qu'il y a eu le plus de pluie dans les stations au sud des Alpes.

Lausanne, située sur le flanc du mont Jorat, est notablement plus pluvieuse que Genève, d'après les observations de M. Marguet. La quantité moyenne annuelle d'eau tombée dans la période de 1858 à 1867 y a été de 1094<sup>mm</sup>,9; et il y a eu en moyenne 153,7 jours de chute d'eau par an.

Dans l'année 1860, il est tombé à Lausanne 1634<sup>mm</sup>  $\frac{1}{2}$  d'eau. De décembre 1866 à novembre 1867, il y en a eu en 178 jours 1038<sup>mm</sup>,15.

*Notice sur les pluies en Suisse, par M. Fretz.*

J'ai reçu dernièrement de M. J. Fretz, de Horgen, canton de Zurich, qui a été employé précédemment à l'observatoire de Zurich, un travail intéressant sur les chutes d'eau de pluie et de neige dans les diverses stations du réseau suisse pendant les 4 années d'observations, subdivisées par saisons. Ce travail a paru dans les nos d'avril et juin 1868 du journal allemand de statistique suisse, publié à Berne par feuilles in-4°, depuis le commencement de cette année. Je vais en extraire quelques fragments.

L'auteur parle d'abord de l'intérêt que présente l'étude de cet élément météorologique, soit pour l'agriculture, soit pour l'appréciation des climats<sup>1</sup>. Quand on voit, dit-

<sup>1</sup> Les terribles inondations qui ont eu lieu dans la Suisse orientale depuis la publication du travail de M. Fretz, par suite de pluies torrentielles, jointes à la fonte des neiges provenant de l'action des vents du sud, donnent un triste intérêt actuel de plus aux études de ce genre.

il, d'après les quatre années d'observations suisses, que l'Engadine est, comparativement parlant, assez pauvre en fait de pluie, tandis que le Grimsel est très-abondant, on peut s'expliquer la grande différence qui existe entre ces deux régions des Alpes par rapport aux glaciers. Ainsi, le col de la Bernina, la série de lacs de la haute Engadine et un grand nombre de vallées Grisonnes fort élevées sont sans glaciers, tandis que les Alpes Bernoises en ont de permanents, dont l'altitude n'est que de 4000 pieds <sup>1</sup>.

La distribution de l'eau tombée en pluie ou en neige, suivant les saisons, a aussi son importance. L'auteur en a fait l'objet de 5 tableaux, dont un pour chaque saison et un pour l'année entière, en y distinguant séparément les stations à observations complètes ou incomplètes, et en présentant les résultats, dans chaque tableau, selon l'ordre des quantités moyennes, en allant du plus au moins. Il résulte de ces tableaux que les régions les plus pluvieuses sont, en hiver le Jura, au printemps les vallées Alpines du Nord, et le Tessin, en été le pied des Alpes du

<sup>1</sup> D'après une note manuscrite que M. Fretz a bien voulu m'adresser sur ce sujet, les seuls glaciers du canton des Grisons qui descendent dans les pâturages, à une altitude égale ou inférieure à 2000 mètres, sont, sur le massif du *Piz Bernina*, le glacier de *Martiratsch*, qui descend jusqu'à 1908 mètres, celui de *Palu* jusqu'à 1945 mètres, et celui de *Farno* jusqu'à 2000 mètres.

En revanche, dans l'Oberland bernois, le glacier inférieur du Grindelwald descend jusqu'à 983 mètres d'altitude, le glacier supérieur à 1195 mètres, le glacier de Rosenlauri à 1504 mètres, le glacier du Breithorn à 1810 mètres, etc. Dans le Valais, le glacier d'Aletsch descend jusqu'à 1550 mètres, celui du Trient à 1574, celui du Rhône à 1753, celui de Ferpectle à 1801, etc. Les glaciers d'Erstfeld et de Winter, dans le canton d'Uri, descendent jusqu'à une altitude de 1741 et de 1841 mètres, et ceux de Biferten, de Limmern et de Clariden, dans le canton de Glaris, jusqu'à 1606, 1843 et 2000 mètres d'altitude respective.

côté du Nord, et en automne le Tessin. Les moins abondantes en pluie sont, en hiver le Tessin, au printemps l'Engadine et le Valais, en été le Valais, en automne le Nord-Est des plaines suisses et le Valais. Mais il y a des croisements et des irrégularités telles, que la quantité de pluie ne peut guère être conclue de la longitude, de la latitude et de l'altitude en chaque station. Celles qui sont élevées correspondent plutôt aux valeurs extrêmes, en plus ou en moins, qu'aux valeurs moyennes, en fait d'eau tombée. Les vallées intérieures et les montagnes centrales des Grisons et du Valais sont peu abondantes sous ce rapport, et l'on pouvait s'y attendre, l'air humide arrivant de l'extérieur, et y donnant lieu à des précipitations avant d'atteindre les parties centrales.

Parmi les 42 stations à observations complètes pendant les 4 ans, les plus pluvieuses sont Schwytz, Bellinzone, Einsiedeln et Engelberg, où, l'eau tombée a été, en moyenne, de près de 1700 millimètres par an.

Montreux	porte le n° 10	avec	1342 <sup>mm</sup>	de chute d'eau annuelle.
le St.-Bernard	»	14	»	1253
Zurich	»	21	»	1058
Bâle	»	27	»	943
Berne	»	32	»	897
le Simplon	»	34	»	850
Bervers	»	35	»	818
Genève	»	36	»	817
Coire	»	38	»	802
Martigny	»	39	»	795
Remüs	»	41	»	604
Grächen	»	42	»	495

#### *Recherches récentes sur le Föhn.*

Je ne terminerai pas cette Notice sans dire quelques

mots sur une question qui est en dehors de son objet spécial, mais qui tend à montrer de plus en plus l'utilité du réseau suisse d'observations météorologiques, et l'importance qu'on doit mettre à ce que ces observations soient continuées. Je veux parler de la question de l'origine du *Foehn*, de ce vent chaud et sec du sud, qui se fait sentir parfois si fortement, principalement dans quelques vallées de la Suisse allemande.

Cette question est débattue, maintenant, avec une certaine vivacité, entre divers savants, tels que MM. Escher de la Linth et Desor, présumant que ce vent a son origine dans les sables brûlants du Sahara africain, tandis que MM. Dove, Wild, Hann, Mühri et Reissenberger le font venir de l'Océan atlantique et des Antilles, comme un vent équatorial. Sans pouvoir entrer ici dans le développement de ce sujet, je me bornerai à citer deux publications récentes et fort instructives qui s'y rapportent. L'une est l'étude de M. le professeur Louis Dufour, de Lausanne, sur le *Foehn* du 23 septembre 1866, dont notre collègue. M. Marcet a publié une analyse très-développée dans le n° de mai 1868 des *Archives*.

L'autre est une Notice que M. Hirsch a communiquée à la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, en avril et mai derniers, et qui a été reproduite dans le n° de septembre de nos *Archives*. L'auteur, après y avoir présenté un résumé très-substantiel des divers travaux récents sur ce sujet, arrive à des conclusions que je rapporterai ici en abrégé.

Le *Foehn* est un vent local, qui règne dans une région restreinte au nord de la chaîne des Alpes, dans le sens longitudinal de cette chaîne, ordinairement de la vallée du Rhin à la vallée supérieure du Rhône, et exceptionnelle-

ment depuis Salzbourg à Genève, sans qu'on l'ait jamais observé sur le versant sud de la chaîne, ni d'une manière précise à de grandes hauteurs. Il est ordinairement précédé et accompagné d'abondantes chutes de neige et de pluie sur la hauteur et sur le versant sud des Alpes, et presque toujours d'un vent équatorial sud-ouest très-fort dans l'Europe occidentale. La plupart des auteurs le rattachent aux tempêtes venant de l'Atlantique, et n'attribuent au désert du Sahara, soit pour l'origine du Fœhn, soit pour le régime des glaciers des Alpes, qu'une importance indirecte et exceptionnelle.

« Le dernier mot sur cette question complexe, dit M. Hirsch en terminant sa Notice, ne pourra être prononcé qu'après qu'on aura étudié encore plus en détail des cas nombreux du Fœhn, par les observations de Suisse, d'Europe et d'Afrique, d'après l'exemple donné par M. Dufour. »

*Additions au quatrième volume des observations suisses.*

M. Wolf a placé en tête du quatrième volume in-4° des observations suisses, un avant-propos, dans lequel il donne quelques détails sur cette publication. Ce sont MM. Graberg, Meyer et Fluch qui ont, sous sa direction, effectué la plupart des calculs et soigné l'impression des douze cahiers mensuels dont se compose le volume. Ils y ont inséré, tous les deux mois, un tableau graphique, représentant par des courbes sinueuses la marche diurne moyenne des hauteurs barométriques et des températures pendant cet intervalle de temps, pour quelques stations spéciales du réseau assez éloignées entre elles, telles que Bâle, le Saint-Gothard et Lugano pour le baromètre,

Chaumont, Neuchâtel, Martigny, le Saint-Bernard, Bevers, le Julier et Lugano pour le thermomètre. Ils y ont joint, vers la fin de l'année, les courbes de l'humidité pour le Simplon, Chaumont et Schwytz. Les courbes relatives au même élément suivent généralement, aux mêmes époques, une marche identique, avec des inflexions plus prononcées en certaines stations que dans d'autres. Les courbes barométriques suivent assez souvent la même marche que celles de la température, mais elles vont cependant quelquefois en sens contraire, et leur comparaison présente un intéressant sujet d'étude. M. Graberg a publié aussi, dans le cahier de décembre 1867, une petite carte des stations, à laquelle il a joint un tableau, pour chacune d'elles, d'une chute considérable du baromètre qui a eu lieu dans la nuit du 1<sup>er</sup> au 2 novembre 1867, et d'une élévation plus forte encore de la colonne de mercure qui y a succédé dans la matinée suivante, pour les stations au nord des Alpes.

M. Wolf a continué à joindre, dans la plupart des cahiers, aux observations actuelles et au tableau de leurs moyennes mensuelles, quelques pages consacrées à la publication d'observations plus anciennes en certaines stations, et il s'en trouve de telles, dans le quatrième volume, faites à Berne, à Zurich, sur l'Uetliberg et à Bâle. Le cahier d'octobre contient entre autres (p. 549 du volume) un tableau des températures moyennes mensuelles résultant des observations faites à Bâle de 1827 à 1866. La moyenne annuelle qui résulte de ces quarante années d'observations est de 10°,035 centigrades. Un tableau analogue pour les dix dernières années d'observations à Bâle, 1857 à 1866, inséré à la page 449 du même volume, donne pour moyenne annuelle 10°,185.

M. Wolf a aussi placé, à la suite de l'avant-propos du quatrième volume, quelques courtes additions spéciales dues à divers auteurs, et datées de juin et juillet 1868. La première est de M. le professeur H. Wild de Berne. Il y signale, dans une note de deux pages seulement, une différence assez considérable qu'il a trouvée entre la quantité d'eau de pluie ou de neige obtenue dans l'année 1866 à 1867, soit avec l'ancien appareil servant à la mesurer à l'observatoire de Berne, appareil placé à environ 4 mètres de distance du bâtiment du côté du Sud-Ouest, et à une hauteur de 1<sup>m</sup>,2 au-dessus du sol; soit avec un nouvel appareil de plus grande surface, placé sur une terrasse supérieure à 5 mètres au-dessus du sol. Le premier appareil a donné, pour l'eau tombée dans l'année 1087,5 millimètres, et le second 1207,5. M. Wild estime que cette dernière valeur est la plus exacte, et que celles données pour Berne, depuis le mois de décembre 1861, doivent être corrigées dans la même proportion.

La seconde addition, mise en tête du quatrième volume, est un intéressant mémoire de six pages de M. Killias de Coire, sur une chute de neige rouge qui a eu lieu dans une partie assez étendue du canton des Grisons, le 15 janvier 1867. L'auteur rapporte diverses études qui ont été faites de cette substance, soit sous le rapport de ses apparences physiques, soit sous celui de sa composition chimique et des circonstances qui ont accompagné sa chute. Après avoir cité plusieurs cas analogues qui ont donné lieu à quelques mémoires d'autres savants, il présume que la cause de ce phénomène peut être attribuée à du sable du désert du Sahara, entraîné par le vent jusqu'en Suisse.

Les deux dernières additions sont de M. Wolf lui-même.

L'une d'elles est une courte description, accompagnée d'une figure sur bois insérée dans le texte, d'un nouveau thermomètre à *maximum* et *minimum*, construit par MM. Hermann et Pfister à Berne. C'est un thermomètre métallique, formé par l'enroulement en spirale d'une bande composée de deux lames d'acier et de laiton soudées ensemble, le laiton plus dilatable que l'acier étant placé en dehors de la bande. L'extrémité mobile de la bande se meut entre deux boutons fixés chacun à une aiguille, et le jeu de ces aiguilles, mesuré sur un arc divisé, permet d'apprécier les variations de la température. On avait déjà construit des thermomètres métalliques portatifs du même genre, mais sans qu'ils fussent encore thermométrographes. M. Wolf a soumis pendant cinq mois le nouvel instrument, déjà convenablement réglé, à des comparaisons journalières avec un bon thermomètre ordinaire; il en rapporte les résultats détaillés, et il n'a trouvé, en général, que des différences assez faibles dans les indications des deux instruments. Il espère qu'après de nouveaux essais, on pourra recommander l'emploi du nouveau thermométrographe pour les observations du réseau suisse.

La dernière note de M. Wolf a pour objet les circonstances météorologiques qui ont coïncidé avec l'épidémie de choléra à Zurich et à Lugano pendant l'automne de 1867. L'auteur s'était déjà occupé, depuis 1851, de sujets analogues, en cherchant spécialement à étudier, avec un instrument de Schœnbein, l'influence de l'ozone sur la mortalité. Il présente, dans cet article, un tableau comparatif, jour par jour, des indications du baromètre, du thermomètre et de l'ozonomètre, de la pluie, etc., mises en regard des cas de choléra et de mort observés de

juillet à octobre 1867, à Lugano et à Zurich. Il y a eu, pendant ces quatre mois, 111 cas de choléra mortel à Lugano, et 502 à Zurich; mais la marche des réactions de l'ozone s'y est fort peu écartée de l'état normal pendant ces mêmes mois.

Les premiers cahiers de la cinquième année des observations, du réseau suisse ont déjà paru. Elles ont été faites en 69 stations. On n'y trouve plus celles de Bex, de Rathausen et de Remüs, qui sont comprises dans le tableau des résultats de la quatrième année; mais les autres stations de ce tableau y sont encore, et il y en a deux nouvelles: celles de Sursee, dans le canton de Lucerne, et de Schwartzenburg, chef-lieu du Guggisberg bernois. Le canton des Grisons, dont la surface est, il est vrai, fort étendue, continue à se distinguer par le nombre de ses stations qui est encore de 16, et qui fait honneur au zèle scientifique de ses habitants.

Le Bureau central de météorologie suisse à l'observatoire de Zurich commence à se former une bibliothèque, surtout par l'échange qui a lieu maintenant entre ses publications et celles d'un grand nombre d'académies, d'observatoires et d'institutions scientifiques d'Europe et d'Amérique, ce qui tend à prouver l'intérêt et l'estime dont jouissent de plus en plus les travaux de ce Bureau et de tous ses coopérateurs.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Tableau des températures moyennes de l'année comprise entre décembre 1866 et novembre 1867, de ses quatre saisons, de ses extrêmes annuels de température, et des quantités annuelles d'eau de pluie et de neige, résultant de trois observations diurnes en diverses stations suisses, ces stations étant rangées dans l'ordre de leurs hauteurs au-dessus du niveau de la mer.

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.						Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.	
		Moyennes annuelles.	Hiver Décem. 1866 Février 1867	Printemps Mars-Mai 1867.	Été Juin-Août 1867.	Automne Sept. - Nov. 1867.	Minima annuels.		Maxima annuels.
Bellinzone (Tessin) .....	229	13,2	5,1	13,2	22,3	12,4	3,6	30,0	1652,5
Lugano » .....	275	12,3	4,0	12,2	21,0	12,1	6,2	33,9	1677,1
Bâle .....	278	9,9	3,2	9,9	17,6	8,8	10,2	29,7	1250,6
Kaiserstuhl (Argovie) .....	362	9,6	2,5	9,6	17,6	8,6	14,6	32,7	1079,1
Montreux (Vernex, Vaud) .....	385	11,0	4,6	10,4	18,7	10,1	8,2	29,3	1636,8
Arau (Argovie) .....	386	8,9	2,0	8,9	16,9	7,7	14,9	27,7	982,4 <sup>1</sup>
Olten (Soleure) .....	393	9,4	2,3	9,4	17,6	8,4	15,3	28,4	1285,1
Schaffhouse .....	398	9,5	2,1	9,5	18,0	8,3	13,3	30,4	1006,7
Genève .....	408	10,2	3,4	9,7	18,2	9,4	16,0	32,1	963,6
Frauenfeld (Thurgovie) .....	422	9,0	1,9	9,0	17,3	7,8	14,8	27,5	1176,3
Kreuzlingen » .....	424	9,3	2,4	9,0	17,3	8,4	11,5	28,7	1364,9
Porrentruy (Berne) .....	430	9,2	2,7	9,0	17,0	8,2	16,9	30,2	1124,2 <sup>1</sup>
Bex (Vaud) .....	437	10,1	3,5	9,3	17,6	9,0	10,1	32,1	1090,2
Rathausen (Lucerne) .....	440	9,2	1,7	9,3	16,7	7,7	15,9	32,3	1166,6
Winterthur (Zurich) .....	441	8,9	1,9	9,3	16,7	7,7	15,7	30,0	1464,2
Altorf (Uri) .....	454	10,1	3,5	10,2	17,5	9,4	10,4	31,5	

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.						Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.	
		Moyennes annuelles.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.		Maxima annuels.
Gersau (Schwytz) . . . . .	460	10,5	4,4	10,0	17,7	9,8	-7,0	27,6	1832,9 <sup>1</sup>
Soleure . . . . .	474	9,1	2,9	9,0	17,4	8,2	-14,0	28,0	660,9 <sup>1</sup>
Altstätten (St-Gall) . . . . .	478	9,7	2,4	9,4	17,6	8,2	-10,8	28,6	1438,1
Zürich . . . . .	480	9,4	2,0	8,9	17,0	7,8	-12,2	30,7	1525,1
Muri (Argovie) . . . . .	483	8,9	2,7	9,1	17,9	8,6	-13,7	28,5	1374,3
Neuchâtel . . . . .	488	9,6	2,6	10,8	18,6	9,2	-12,1	31,4	960,4
Martigny (Bourg, Valais) . . . . .	498	10,3	3,2	9,7	17,4	9,2	-9,8	30,6	1200,3
Sargans (St-Gall) . . . . .	501	9,9	3,2	11,3	19,4	10,1	-18,9	31,8	969,4
Sion (Valais) . . . . .	536	11,0	2,4	9,2	16,8	8,3	-19,5	30,2	1175,2
Marschins (Grisons) . . . . .	545	9,2	2,5	8,7	16,5	8,1	-14,3	26,4	2103,9
Schwytz . . . . .	547	9,0	1,9	9,1	16,8	8,2	-11,0	28,0	1288,4
Interlach (Berne) . . . . .	571	9,0	1,5	8,5	16,7	7,4	-16,6	29,4	1206,8
Berne . . . . .	574	8,5	1,4	7,9	16,2	7,2	-10,6	28,8	1103,1
Betzberg (Argovie) . . . . .	577	8,2	2,5	9,1	16,8	8,3	-10,8	28,9	1175,0
Brienz (Berne) . . . . .	586	9,2	1,3	9,0	16,9	8,1	-13,3	30,1	1182,3
Reichenau (Grisons) . . . . .	597	8,8	2,2	9,5	17,8	8,8	-9,7	32,2	913,0
Coire (Grisons) . . . . .	603	9,6	1,2	8,1	16,7	7,4	-12,5	29,4	978,5
Lohn (Schaffhouse) . . . . .	645	8,3	2,1	8,1	16,0	7,2	-12,5	27,6	1534,7
Saint-Gall . . . . .	679	8,3	3,7	10,2	18,3	10,6	-6,2	26,3	1650,0
Castasegna (Grisons) . . . . .	700	10,6							

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.						Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.	
		Moyennes annuelles.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.		Maxima annuels.
Thuisis (Grisons) .....	m 706	8,7	°	9,1	17,1	7,7	-13,8	30,6	969,1 <sup>m</sup>
Brusio » .....	777	10,3		10,1	17,7	10,2	-3,8	26,6	572,5 <sup>s</sup>
Affoltern (Berne) .....	795	7,8	1,5	7,6	15,4	6,8	-16,6	27,0	1642,5 <sup>s</sup>
Auen (Glaris) .....	821	7,9	1,4		15,4		-14,3	26,4	1498,8 <sup>s</sup>
Vuadens (Fribourg) .....	825	7,5	1,3	7,2	15,1	6,6	-18,8	27,0	1644,8
Saint-Imier (Berne) .....	833	7,6	1,4	7,2	15,1	6,8	-14,3	27,5	
Uetliberg (Zurich) .....	874	7,1	0,6	6,9	14,5	6,2	-10,9	26,9	
Trogen (Appenzell) .....	885	7,5	1,6	7,2	14,8	6,3	-13,2	25,1	
Einsiedeln (Schwyz) .....	910	6,4	0,1	6,3	13,9	5,3	-17,3	25,9	1187,1
Ponts-de-Martel (Neuchâtel).	1023	6,0	—	5,8	13,9	5,4	-25,5	26,5	1798,2
Engelberg (Unterwald) .....	1024	6,3	0,0	6,0	13,9	5,2	-15,6	24,5	1561,3
Vai-Sainte (Fribourg) .....	1032	7,2	1,2	6,4	14,9	6,3	-12,0	26,3	1879,8
Ste-Croix (Vaud) .....	1092	6,5	1,0	5,5	13,6	5,8	-14,7	24,9	2127,9
Beatenberg (Berne) .....	1150	6,9	1,5	6,0	14,0	6,1	-12,3	25,3	1676,7
Chamont (Neuchâtel) .....	1152	6,0	0,4	5,0	13,3	5,4	-13,3	24,6	1761,8
Closters (Grisons) .....	1207	5,6	0,9	4,8	13,3	5,1	-17,4	26,0	1079,9
Churwalden » .....	1213	6,2	0,2	5,7	13,8	5,7	-14,8	26,7	1336,4
Remüs » .....	1245	6,2	—	6,2	15,4	5,6	-20,0	28,4	1241,3
Reckigen (Valais) .....	1339	5,0	2,1	4,2	13,6	4,3	-22,6	27,6	707,4
Platta (Médels, Grisons) .....	1379	5,6	0,5	4,8	12,9	5,1	-14,7	25,2	1005,9

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.						Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.
		Moyennes annuelles.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.	
Andermatt (Uri).....	1448	4,0	— 2,8	4,0	11,2	3,6	— 23,7	1334,0
Splügen (village, Grisons)...	1471	4,2	— 3,2	3,9	12,6	3,7	— 25,3	1629,8
Zernetz ».....	1476	4,8	—	4,3	13,3	4,8	— 24,2	613,7 <sup>1</sup>
Grächen (Valais).....	1632	5,1	— 1,2	4,3	12,7	4,5	— 15,3	447,5
Davos (Grisons).....	1650	2,8	— 4,2	2,3	11,0	2,3	— 23,4	950,7
Bevens ».....	1715	2,7	— 5,2	2,4	11,3	2,2	— 27,2	900,8
Righi-Culim (Schwytz).....	1784	2,7	— 2,3	—	9,3	2,7	— 15,8	1611,3
Sils (Maria, Grisons).....	1810	2,7	— 4,0	2,0	10,5	2,1	— 22,3	1051,4
Grimmel (hospice, Berne).....	1874	2,2	—	0,9	9,2	1,8	— 20,1	2202,7 <sup>1</sup>
Simplon (hospice, Valais).....	2008	2,2	— 3,3	0,9	9,7	1,7	— 19,0	18,4
Bernardin (village, Grisons).	2070	1,7	— 4,0	0,5	9,3	0,9	— 18,5	852,3
St-Gothard (hospice, Tessin).	2093	— 0,1	— 5,4	— 1,6	6,8	— 0,1	— 19,8	17,2
Julier (Grisons).....	2244	0,3	— 5,4	— 0,7	7,7	— 0,3	— 20,9	18,0
St-Bernard (couvent, Valais).	2478	— 0,2	— 5,2	— 1,5	6,1	— 0,3	— 19,8	1094,4

<sup>1</sup> L'eau tombée en décembre 1866 manque pour Arau, Porrentruy, Gersau, Soleure, Zernetz et Grimsel.

<sup>2</sup> L'eau tombée en janvier et février manque pour Brusio.

<sup>3</sup> L'eau tombée en avril et octobre manque pour Auen.

<sup>4</sup> L'eau tombée en décembre 1866 et janvier 1867 manque pour le Bernardin.

**DU MAGNÉTISME**  
DES  
**COMBINAISONS CHIMIQUES**

PAR  
**M. WIEDEMANN**

(Traduction <sup>1</sup>.)

---

Les propriétés magnétiques des combinaisons chimiques présentent un grand intérêt par le fait que les métaux qui les composent conservent, à un degré plus ou moins élevé dans ce nouvel état, le magnétisme qu'ils possédaient à l'état libre, de manière que l'on peut, de ces propriétés et de la mesure du magnétisme dans les combinaisons, déduire certaines données sur les propriétés de ces métaux eux-mêmes dans leurs combinaisons. Partant de ce principe, l'auteur, dans une série de recherches antérieures <sup>2</sup>, avait déjà déterminé le magnétisme de divers oxysels ou sels haloïdes des métaux magnétiques, et il était arrivé à ce résultat, que dans tous les sels d'un même métal qui sont de composition analogue, le produit du magnétisme temporaire excité par la force magnétique dans l'unité de poids du sel, par son poids atomique, est un nombre constant, ou, en d'autres termes, que le magnétisme d'un atome isolé d'un de ces sels est une constante. Si l'on prend pour ce magnétisme

<sup>1</sup> *Monatsbericht der königl. preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin*, Juli 1868.

<sup>2</sup> *Monatsbericht*, 15 Juin 1865.— *Archives*, 1865, t. XXIV, p. 125.

atomique, le chiffre 446 pour les sels d'oxyde de fer, il est égal en moyenne à 190,8 pour les sels d'oxyde de chrome, et à 468, 387, 313 et 142 pour les sels de protoxyde de manganèse, de fer, de cobalt et de nickel.

I. Une nouvelle série de recherches faites d'après la même méthode que les précédentes a montré que cette propriété existe également pour les oxysels et les sels haloïdes de cérium, de didyme et de cuivre. En partant de la même unité que pour les chiffres donnés plus haut, on a obtenu les chiffres suivants pour le magnétisme atomique de ces trois métaux étudiés à l'état des solutions aqueuses :

Sulfate d'oxyde de didyme . . . .	104,4
Azotate » » . . . . .	104,2
Chlorure de didyme . . . . .	105,2
Acétate d'oxyde de didyme. . . .	105,7
<hr/>	
Azotate de protoxyde de cérium. .	48,7
Chlorure de cérium. . . . .	47,6
<hr/>	
Sulfate d'oxyde de cuivre . . . .	49,5
Azotate » » . . . . .	50,7
Chlorure de cuivre. . . . .	48,9
Bromure de cuivre . . . . .	47,7
Acétate d'oxyde de cuivre . . . .	48,0

II. Avec les sels à l'état solide, on obtient à peu près les mêmes résultats, surtout lorsqu'ils contiennent de l'eau de cristallisation, par exemple :

Sulfate d'oxyde de didyme cristallisé. . .	107,2
Sulfate d'oxyde de cuivre cristallisé. . . .	49,6

Dans le cas où les sels à l'état solide ne contiennent

pas d'eau de cristallisation, leur magnétisme atomique est en général un peu plus faible, comme l'auteur l'avait déjà reconnu dans sa première série de recherches sur les sulfates de protoxyde de cobalt et de fer et sur le chlorure de fer. Ainsi, le magnétisme atomique est pour le

Sulfate de protoxyde de cérium anhydre. . . . 44,9

*Cette diminution du magnétisme atomique par le fait de l'absence d'eau de cristallisation est particulièrement sensible pour les sels de cuivre anhydres, même dans le cas où ils sont combinés avec de l'ammoniaque.*

Par exemple, on a trouvé les valeurs suivantes du magnétisme atomique pour différents sels de cuivre anhydres ou hydratés.

Sulfate d'oxyde de cuivre anhydre. . . . .	42,2
2 Cu SO <sub>4</sub> +5 NH <sub>3</sub> . . . . .	43,5
2 Cu SO <sub>4</sub> + NH <sub>3</sub> . . . . .	45,1
2 Cu SO <sub>4</sub> +2 NH <sub>3</sub> +Aq . . . . .	42,1
2 Cu SO <sub>4</sub> + NH <sub>3</sub> . . . . .	44,6
Chlorure de cuivre (anhydre). . . . .	40,0
Chlorure de cuivre saturé d'ammoniaque .	37,1
Chlorure de cuivre dissous dans l'eau . . .	47,2
Bromure de cuivre (anhydre). . . . .	24,0
Bromure de cuivre saturé d'ammoniaque .	41,1
Bromure de cuivre dissous dans l'eau. . .	48,0

Les sels de nickel à l'état solide présentent la même particularité. Tandis que le magnétisme atomique est pour ces sels à l'état de dissolution, en moyenne 142, il a des valeurs inférieures pour les sels cristallisés; par exemple :

Sulfate de nickel cristallisé . . . . .	139,2
Sulfate de nickel anhydre . . . . .	131,0
Sulfate de nickel ammoniacal . . . . .	135,6

En revanche, les chlorures anhydres de nickel et de cobalt présentent un magnétisme atomique plus fort (156 et 378 à 395).

Ces différences sont sûrement produites par les différences de densité ; elles se montrent, en effet, surtout chez les sels possédant une forte densité, tels que le bromure de cuivre (poids spécifique = 4,38). Lorsque la densité est diminuée par la présence d'eau de cristallisation comme dans les hydrates, ou d'ammoniaque comme dans les sels de cuivre ammoniacaux, le magnétisme atomique devient par là même plus fort et augmente encore davantage lors de la dissolution complète du sel.

III. Le magnétisme des sels de cuivre mérite une attention toute particulière, et spécialement celui du bromure de cuivre, dont les deux éléments cuivre et brome sont tous deux faiblement diamagnétiques, comme le montre d'une manière incontestable une observation directe. Ainsi donc : *deux éléments diamagnétiques peuvent, par leur combinaison, donner un composé magnétique.*

Quant au fait que c'est du cuivre même que provient le magnétisme des sels de ce métal, on en a une preuve dans la constance de ce magnétisme dans ces différents sels, même dans le cas où le magnétisme du radical simple ou composé, qui est combiné avec le cuivre, vient à changer, comme dans les cyanures doubles.

IV. Dans une autre série d'expériences, on a opéré sur deux solutions dont les magnétismes  $M_1$  et  $M_2$  étaient connus et qui subissaient, par leur mélange, une double décomposition : on mesurait le nouveau magnétisme  $M_m$  du mélange ainsi obtenu. Les mélanges suivants ont entre autres été soumis à cette étude :

	$M_1 + M_2$	$M_m$
Perchlorure de fer et ferrocyanure de potassium	20,4	21,1
Sulfate de peroxyde de fer et . . . . .	41,2	40,3
Sulfate de cuivre et . . . . .	0,7	0,8
Sulfate de nickel et . . . . .	20,3	22,5
Sulfate de nickel et . . . . .	15,8	15,3
Azotate de cobalt et ferrocyanide de potassium .	29,2	29,2
Azotate de cobalt et ferrocyanure de potassium .	36,3	35,9
Azotate de cobalt et ferrocyanide de potassium .	40,4	41,0
Perchlorure de fer et sulfocyanure de potassium	15,1	14,6
Sulfate de manganèse et ferrocyanure de potassium . . . . .	71,8	70,2

et ainsi de suite.

La forme solide qu'affecte celui des deux sels qui se trouve souvent précipité dans la double décomposition n'a point d'influence dans la plupart des cas.

*Ainsi donc : si l'on mélange deux dissolutions salines, qui échangent entre elles leurs éléments par double décomposition, la somme totale de magnétisme est la même après la double décomposition qu'avant.*

Nous pourrions de là déduire cette conclusion assez plausible :

*Que le magnétisme d'une combinaison binaire est égal à la somme des magnétismes de ses deux éléments à l'état où ils se trouvent dans ce composé, et que lorsque les éléments passent d'une combinaison binaire dans une autre sans changer leur constitution ou leur groupement atomique, ils conservent le même magnétisme atomique après ce changement.*

V. L'égalité des magnétismes atomiques, de l'oxalate de protoxyde de fer et de potasse à l'état solide, et des autres sels de protoxyde de fer, ainsi que l'égalité des magnétismes atomiques de l'oxalate de peroxyde de fer et

de potasse ou de l'alun de potasse et de fer cristallisé, et des autres sels de peroxyde de fer, permet de conclure, contrairement aux vues tout opposées qui ont été émises sur cette matière à propos de la coloration particulière de ces sels<sup>1</sup>, que dans ces sels, et même à l'état solide, le fer forme une combinaison tout à fait analogue à celle qu'il forme dans les autres sels. De même la constance du magnétisme atomique montre que, dans les sels de chrome, le groupe magnétique de l'atome conserve ses propriétés intactes, malgré les grandes variétés de couleurs de ces sels. Il en est de même quand les sels anhydres de cuivre ou de nickel se combinent avec de l'eau ou de l'ammoniaque, et c'est là un résultat qui ne concorde guère avec les vues de Graham sur la constitution des sels de cuivre ammoniacaux. — En revanche, les chlorures lutéo- et purpurécobaltiques sont diamagnétiques de telle sorte qu'ils ne peuvent, en aucune façon, être considérés, ainsi que le sel correspondant de cuivre, comme une simple combinaison du sel de cobalt avec l'ammoniaque; le groupe atomique contenant le métal, et qui détermine le magnétisme du sel, doit être tout différent de ce qu'il était dans les sels simples.

VI. Si l'on désigne par  $u_a$  le magnétisme atomique des sels des métaux magnétiques à l'état de dissolution, l'on a les valeurs suivantes pour le magnétisme atomique  $u_h$  des oxydes hydratés de ces métaux obtenus par précipitation:

<sup>1</sup> Haidinger, *Poggend. Ann.*, tome XCIV.

Hydraté de protoxyde de nickel . . . . .	$u_h = 1,00 u_s$
"          "      de cobalt . . . . .	1,12
"          "      de fer . . . . .	1,12
"          "      de manganèse . . . . .	0,85
"          d'oxyde de cuivre . . . . .	0,74
"          "      de chrome . . . . .	0,95
"      de protoxyde de fer . . . . .	0,69 à 1,18

*Le magnétisme atomique des oxydes hydratés des métaux magnétiques est donc tantôt le même, tantôt un peu plus fort ou plus faible que celui de sels correspondants, de telle sorte que, en tenant compte des différences de densité, l'on peut admettre que le groupe atomique qui détermine le magnétisme de ces oxydes hydratés est le même que dans les sels correspondants.*

VII. Dans la précipitation de l'hydrate d'oxyde de fer de ses sels, le magnétisme atomique de l'oxyde précipité croît rapidement de 0,69 jusqu'à 1,12  $u_s$ ; ce qui provient probablement de ce que, dans les premiers moments, l'hydrate d'oxyde de fer se trouve encore en partie à l'état colloïdal.

L'oxyde de fer, dissous à l'état colloïdal, possède un magnétisme atomique (100,2) qui n'est environ que les 0,2 de celui des sels d'oxyde de fer. De même, le faible magnétisme atomique de l'acétate d'oxyde de fer (variant suivant les circonstances de 114 à 147) montre que dans ce cas aussi une grande partie de l'oxyde de fer est dissous à l'état colloïdal. En tous cas le groupement atomique qui détermine le magnétisme n'est pas le même pour l'oxyde de fer colloïde que pour l'oxyde de fer hydraté, obtenu par précipitation, ou les sels de cet oxyde.

Cette différence ne se retrouve pas pour l'oxyde de chrome dissous dans une solution de potasse, chez lequel,

avant comme après la coagulation, le chrome possède le même magnétisme atomique que dans ses sels. De même le magnétisme atomique de l'oxyde de nickel, dissous dans l'ammoniaque, est égal à celui de l'hydrate.

VIII. Le magnétisme des oxydes des métaux magnétiques est beaucoup plus faible que celui des sels; il diffère suivant le procédé à l'aide duquel on les a obtenus et suivant leur densité.

On a trouvé les valeurs suivantes :

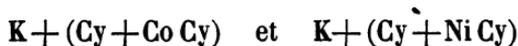
Oxyde de nickel faiblement calciné . . .	66,4
» de didyme           »           » . . .	55,0
» de cuivre           »           » . . .	10,5
» de manganèse   »           » . . .	144
» de chrome       »           » . . .	66
» (précipité mélangé d'alumine) . .	107
» de fer faiblement calciné . . . .	59
» (précipité mélangé d'alumine) . .	256

Il n'a pas été possible encore de déterminer si la très-faible valeur relative du magnétisme des oxydes anhydres, comparée à celle du magnétisme des oxydes hydratés, doit être attribuée à une différence de densité dans la masse entière, ou à un changement dans la constitution même du groupement magnétique des atomes.

IX. Les combinaisons de soufre, correspondant aux sels des métaux magnétiques, dont il vient d'être question, sont infiniment peu magnétiques, le sulfure de manganèse fait seule exception.

X. Les cyanures de nickel et de cobalt possèdent un magnétisme atomique, qui n'est guère que les 0,4 ou 0,6 de ceux des autres sels de nickel et de cobalt. Si l'on dissout ces cyanures dans du cyanure de potassium,

leur magnétisme s'évanouit presque complètement. Cela ne peut pas provenir de la formation d'un sel double, puisque dans les sels doubles les éléments magnétiques conservent intact leur magnétisme atomique ; il faut plutôt admettre que le groupement magnétique des atomes s'est modifié. Les sels formés dans cette dissolution correspondent probablement à la formule :



qui s'accorde avec la manière dont ils se comportent lorsqu'on les soumet à l'électrolyse. A l'appui de cette interprétation, nous avons la manière tout à fait analogue de se comporter au point de vue magnétique du ferrocyanure et du ferrocyanide de potassium. Dans ces deux sels, comme le montrent les expériences faites sur la double décomposition des sels magnétiques, le potassium peut être remplacé par les métaux magnétiques, qui, dans cette modification, conservent intact leur magnétisme atomique, comme c'est le cas ordinaire pour les oxysels ou les sels haloïdes. D'après leur analogie avec ces derniers, on devrait aussi les regarder comme composés d'un équivalent de potassium combiné dans le ferrocyanure avec un groupe d'atomes diamagnétique ( $Cy + \frac{1}{2} Fe Cy$ ), qui rend le sel lui-même diamagnétique, et dans le ferrocyanide avec un groupe d'atomes magnétique ( $Cy + Fe \frac{2}{3} Cy$ ); qui rend le sel magnétique.

XI. Le magnétisme atomique des trois sels de manganèse, de fer et de cobalt qui correspondent au ferrocyanide de potassium, est donné par les chiffres suivants, en prenant chaque fois un équivalent de métal magnétique (par exemple  $Fe = 28$ ). Ces chiffres se rap-

portent aussi bien au cas où les sels sont cristallisés qu'à celui où ils sont dissous.

Manganocyanide de potassium . . . . .	145,4
Ferrocyanide de potassium . . . . .	73,9
Cobaltocyanide de potassium . . . . .	3,5

Comme on l'avait déjà reconnu avec les oxysels et les sels haloïdes de ces trois métaux, le magnétisme atomique du ferrocyanide de potassium est intermédiaire entre ceux du manganocyanide et du cobaltocyanide de potassium ; de plus les magnétismes atomiques de ces trois sels ont subi, si on les compare aux magnétismes des sels formés par les oxydes de ces mêmes métaux, une diminution à peu près égale, comme l'aurait produit l'adjonction d'un groupe d'atomes fortement diamagnétique au métal magnétique. Dans les sulfocyanures le métal a les mêmes propriétés que dans les sels simples de ce même métal.

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## PHYSIQUE.

Rodolphe WOLF. COMMUNICATIONS ASTRONOMIQUES. *Astronomische Mittheilungen*, etc., n<sup>os</sup> 22 à 24, brochures in-8°. Zurich, 1866—1868.

J'ai eu souvent l'occasion de rendre compte dans ce journal des publications successives faites par M. le professeur Wolf, soit pendant son séjour à Berne, soit depuis son retour à Zurich, où il est directeur de l'Observatoire fédéral joint à l'Ecole polytechnique. Le n<sup>o</sup> 21 de ses *Mittheilungen*, qui a paru en mars 1866, renfermait un rapport historique et une description sommaire de cet observatoire, sur lequel j'ai publié une Notice en novembre 1866<sup>1</sup>.

Dès lors, M. Wolf a continué à faire paraître de temps en temps quelques-unes de ces feuilles, dans lesquelles il donne un premier aperçu des travaux divers qui se font à l'observatoire, et présente, entre autres, la suite des recherches spéciales sur les taches du soleil qu'il poursuit avec persévérance, au profit de la science, depuis un grand nombre d'années. Je dois me borner ici à une analyse rapide du contenu des trois derniers fascicules de ses *Mittheilungen*.

Le n<sup>o</sup> 22 contient d'abord l'exposition du plan d'études que M. Wolf s'est proposé d'établir dans son observatoire. Un des buts principaux de cet établissement étant l'enseignement de l'astronomie aux étudiants de l'Ecole polytechnique suisse, les locaux, les instruments et le temps des astronomes doivent y être en partie consacrés.

Quant aux travaux d'observation proprement dits, M. Wolf s'est attaché en premier lieu, avec les deux cercles-méridiens dont son observatoire est muni, à obtenir une détermination de la latitude de cet établissement. L'un de ces instruments

<sup>1</sup> Voyez *Archives des Sc. phys. et natur.*, nov. 1866, t. 27, p. 220.

est d'Ertel, la lunette a 37 lignes d'ouverture et  $3 \frac{1}{2}$  pieds de distance focale, et le cercle 18 <sup>l</sup>, pouces français de diamètre. L'autre est de Kern, le cercle a le même diamètre que celui d'Ertel, mais la lunette a 54 lignes d'ouverture et 6 pieds de longueur focale. Chacun d'eux est pourvu de deux microscopes, qui permettent d'obtenir des lectures sur le cercle à la précision d'une fraction de seconde de degré.

M. Wolf passe d'abord en revue les premières valeurs astronomiques de la latitude de Zurich, obtenues successivement, en 1715 par Jacob Fæsi, en 1759 par Jean Gessner, en 1777 par Waser, de 1791 à 1806 par l'ingénieur Jean Feer, et de 1832 à 1836 par l'ingénieur Jean Eschmann. M. Weilenmann, astronome adjoint de l'observatoire actuel, ayant lié l'ancien au nouveau par une petite triangulation, les résultats obtenus par Feer et Eschmann donnent pour ce dernier une latitude de  $47^{\circ}22'41''{,}7$ .

La triangulation suisse a donné au colonel Denzler, en partant de l'observatoire de Berne, la valeur  $47^{\circ}22'43''{,}1$ .

Enfin, M. Wolf a obtenu au moyen d'observations faites de 1864 à 1866, avec ses deux cercles-méridiens, de distances zénitales d'étoiles situées au nord et au sud du zénith, et dont la culmination a lieu près de ce point, en tenant compte de l'effet de flexion de la lunette des cercles, des valeurs comprises entre  $47^{\circ}22'41''$  et  $47^{\circ}22'42''{,}9$ . Il adopte pour valeur moyenne de la latitude du nouvel observatoire  $47^{\circ}22'42''{,}14$ .

Quant aux autres travaux astronomiques entrepris à l'observatoire, M. Wolf cite des études de la surface du soleil, de celle de quelques planètes et comètes et de divers amas d'étoiles, commencées par M. Weilenmann, avec la lunette de 8 pieds de l'équatorial de Kern, établi au haut de la tour qui surmonte l'observatoire. Une lunette de 4 pieds, établie sur la terrasse placée à l'entrée méridionale de l'établissement, sert, entre autres, à l'examen journalier des taches du soleil.

Le n° 23 des *Mittheilungen* est, en partie, consacré à l'analyse d'une intéressante notice biographique sur la vie et les travaux du célèbre astronome anglais Sir William Herschel,

qui a fait l'objet d'une séance publique donnée à Zurich, le 28 février 1867, par M. Wolf. L'auteur y présente ensuite le résultat des observations de taches du soleil faites en 1866, soit par lui et ses deux adjoints MM. Weilenmann et Fretz, soit par MM. Schwabe à Dessau, Weber à Peckeloh et Schmidt à Athènes. Il y a eu cette année-là 362 jours où l'on a pu observer le soleil, dont 86 où il a paru sans taches.

M. Wolf donne quelques détails, accompagnés d'une planche, sur deux taches observées avec soin par M. Weilenmann à l'équatorial, en juillet, août et septembre 1866, dont l'une a bien présenté ce qu'on nomme le phénomène de Wilson, c'est-à-dire la disparition du bord de la pénombre le plus éloigné du limbe du disque, quand la tache a été voisine de ce limbe.

Les observations de taches faites par Kirch, vers le commencement du dix-huitième siècle et qui ont été communiquées à M. Wolf par MM. Schœnfeld et Fœrster, ont accru ses matériaux pour déterminer la marche de ce phénomène à cette époque, et il en est résulté pour lui la confirmation de la grande période des taches du soleil de 55 ans, qui coïncide si bien avec celle des aurores boréales.

M. Wolf a eu aussi communication d'observations des variations de la déclinaison magnétique faites, soit à Utrecht, de 1850 à 1864, soit à Berlin, de 1839 à 1865, qui lui ont permis d'établir pour chacune de ces deux localités, comme il l'a fait déjà pour Prague, Munich, Christiania, Greenwich et Rome, une formule empirique, qui donne la valeur moyenne de cette variation en chacun de ces points, accompagnée d'un terme variable dépendant de la période ordinaire des taches, par suite de la coïncidence de cette période avec celle des variations magnétiques. Ces formules permettent ainsi de conclure, d'après l'observation de l'un des phénomènes, quelle a dû être la marche de l'autre.

M. le professeur Bruhns, astronome de Leipsic, a inséré, dans le n° 1631 des *Astr. Nachrichten*, la remarque qu'il y a

eu, dans le cours du siècle actuel, moins de comètes non périodiques aux époques du *minimum* des taches que dans les autres intervalles de temps. M. Wolf ayant considéré, sous ce point de vue, le nombre d'apparitions de comètes qui ont eu lieu depuis l'année 1609, où l'on a commencé à observer les taches du soleil, en a bien trouvé un peu plus aux époques qui ont suivi celles des *maxima* de taches; mais il ne croit pas que ce fait puisse confirmer l'ancienne assertion de Marius que les comètes émanent du soleil, comme des scories lancées à travers les ouvertures des taches.

L'observation de l'éclipse de soleil du 5 mars 1867, qui a été annulaire dans l'Italie méridionale et partielle à Zurich, a pu être faite par M. Wolf dans cette dernière ville. M. Wolf en rapporte les données, telles qu'elles ont été obtenues par M. Weilenmann et par lui, ainsi que la marche de la température, au soleil et à l'ombre, suivie par M. Meyer pendant la durée de l'éclipse.

M. Wolf continue à placer, à la fin de chacun de ses fascicules, des extraits de travaux de diverses dates relatifs au Soleil et spécialement à ses taches. Ces extraits augmentent notablement l'utilité des *Mittheilungen*, et leur ensemble constituera une collection fort précieuse sur ce qui en fait le principal objet.

Le n° 24 des *Mittheilungen*, publié en juin de l'année actuelle, renferme d'abord le résultat des observations de taches du Soleil, faites en 1867, à Zurich, Dessau et Peckeloh, en 356 jours de cette année-là. Il y a eu, dans cet intervalle, 216 jours sans taches, principalement pendant la première moitié de l'année. Le nombre des groupes de taches y a été de 25; il avait été plus grand de 21 en 1866 et de 68 en 1865. M. Wolf a tracé la courbe du décroissement graduel du nombre des taches à partir de 1864, et il a reconnu ainsi, de même que M. Weber de Peckeloh, un *minimum* qui a eu lieu en février 1867, et dont il indique la date, encore un peu approximative, comme suit: 1867,2±0,2.

M. Wolf présente alors un nouveau tableau, résultant de

toutes ses recherches antérieures, et fort intéressant à étudier, des époques de tous les *Minima* et *Maxima* de taches, ainsi que de la durée des périodes comprises entre eux, à partir de l'année 1610.

Il y a eu, depuis cette date, 24 *Minima* et 23 *Maxima*. La valeur moyenne de la durée de la période résultant des intervalles entre deux *Minima* consécutifs est de 11 ans, 114; celle résultant des *Maxima* . . . 11 ans, 060;

ce qui s'accorde bien avec la valeur 11 ans, 11 que l'auteur avait, depuis longtemps, assignée à cette période. Mais le tableau fait ressortir les différences considérables qui ont eu lieu quelquefois dans sa durée, surtout quant au retour des *Maxima*. Ainsi, il s'est écoulé 15 ans, de 1660 à 1675, entre deux *Maxima*, et 15<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, entre ceux de 1788 et de 1804; tandis qu'il n'y a eu que 8 ans compris entre ceux de 1685 et de 1693, et 7<sup>7</sup>/<sub>10</sub> entre ceux de 1829 et de 1837. Quant aux *Minima*, les plus longues périodes ont été de 15 ans, de 1619 à 1634, de 14 ans, de 1698 à 1712, et de 13<sup>7</sup>/<sub>10</sub> de 1785 à 1798. Les plus courtes ont été de 8<sup>2</sup>/<sub>10</sub> entre 1611 et 1619,

8,5 . . . 1689 et 1698,

9,0 . . . 1776 et 1785.

On comprend aisément qu'il y ait plus d'incertitude dans les époques anciennes que dans les plus récentes. La probabilité des dates est de deux à trois ans, de part et d'autre de la moyenne, dans le dix-septième siècle, tandis qu'elle n'est actuellement que de <sup>1</sup>/<sub>2</sub>, d'année. Quant à la valeur moyenne de la période, M. Wolf en évalue l'incertitude

à  $\pm 0,182$  pour celle déduite des *Minima*,

et à  $\pm 0,259$  . . . . . des *Maxima*.

Le *minimum* qui a précédé celui du commencement de l'année dernière a eu lieu en 1856,2 ce qui donne une période de onze ans tout juste. Le *maximum* intermédiaire a eu lieu en 1860,2; et le précédent s'étant affectué en 1848,6 cela correspond à un intervalle de 11<sup>6</sup>/<sub>10</sub>. On peut présumer que le prochain *maximum* aura lieu de 1870 à 1871, et le *minimum* suivant de 1876 à 1877.

M. Wolf donne aussi le tableau année par année, de 1700 à 1867, de ce qu'il appelle le *nombre relatif* des taches, ce nombre fournissant une évaluation approximative de la partie de la surface du disque solaire couverte de taches, en partant du chiffre 100 comme *maximum*, tel qu'il a eu lieu en 1848. Celui de 1860 n'a été que de 98,6. Le *minimum* de 1856 a été de 4,2 et celui de 1867 de 8,0. Il y en a eu de nuls en 1711 et 1712; il y a eu, en revanche, un *maximum* de 111 en 1837. Le n° 1717 des *Astr. Nachrichten*, qui a paru récemment, renferme la reproduction de ces deux curieux tableaux.

M. Wolf passe ensuite au récit des travaux suisses, exécutés en 1867, pour déterminer entre autres la longitude de son observatoire. De premières valeurs de la longitude de Zurich avaient déjà été obtenues par Jean Jaques Scheuchzer en 1707 et Henri Waser en 1770, par l'observation de quelques éclipses de Lune. Jean Feer avait déduit d'observations d'éclipses de soleil et d'occultations d'étoiles faites par lui de 1792 à 1806, et calculées par Triesnecker; que la longitude en temps, à l'est de Paris, de la tour de la cathédrale était de  $24^{\text{m}}49^{\text{s}},7$ ; et Jean Eschmann avait obtenu, par la liaison géodésique de Zurich avec Strasbourg et Vienne  $24^{\text{m}}51^{\text{s}}$  pour cette même longitude. M. Wolf pouvait donc conclure déjà de ces deux valeurs que la longitude de son observatoire, à l'est de Paris, devait être très-approximativement de  $24^{\text{m}}51^{\text{s}},5$ .

Mais il était intéressant d'en obtenir une détermination directe, par la nouvelle méthode de télégraphie électrique. L'observatoire de Zurich avait, dès 1864, été lié au réseau télégraphique suisse. M. le professeur Plantamour, ayant été chargé par la Commission géodésique suisse, dont il fait partie de même que M. Wolf, de diverses opérations astronomico-géodésiques à effectuer sur la cime du Righi pendant l'été de 1867, on obtint l'établissement d'un bureau télégraphique sur cette cime, et la faculté de disposer, depuis 9 heures du soir, des lignes télégraphiques pour les usages scientifiques.

M. Wolf raconte alors en détail les signaux et les comparaisons de culminations d'étoiles qui ont été effectuées par ce moyen entre l'observatoire temporaire du Righi et ceux de Zurich et de Neuchâtel. Le temps a été, à cette époque, peu favorable pour ces opérations, ce qui les a fort prolongées. On a noté, à cette occasion, près de 31000 observations, signaux ou comparaisons de temps sur le chronographe de Zurich. M. Wolf espère qu'on aura obtenu en définitive de très-bons résultats; mais les calculs ne sont pas achevés, et la publication de ces opérations doit être effectuée par la Commission géodésique suisse.

On a aussi continué à l'observatoire de Zurich les observations de distances zénitales, et M. Wolf décrit à cette occasion un petit appareil, pour faciliter la détermination du point Nadir avec un horizon de mercure. Une partie notable de ce dernier fascicule est consacrée à un travail analytique de M. Weilenmann sur la réfraction, dans lequel il adopte les vues énoncées sur ce sujet par M. Bauernfeind, dans le n° 1478 des *Astr. Nachrichten*, mais où il parvient à une formule plus simple, dans laquelle la constante de la réfraction est déduite directement chaque soir des observations elles-mêmes. Il donne des tables, aussi faciles dans leur emploi et aussi exactes que celles de Bessel, jusqu'à 86° de distance au Zénith, et où la correction de température n'est nécessaire que pour des astres voisins de l'horizon.

Le 24<sup>m</sup>e fascicule est terminé, comme les précédents, par quelques articles bibliographiques relatifs aux taches, ou à ce que M. Wolf appelle *Sonnenfleckenlitteratur*. Le dernier, sous le n° 247, contient une analyse d'un travail manuscrit de M. Waldner de Zurich, relatif aux petites apparences lumineuses, floconneuses et occasionnelles, signalées près du soleil par M. Schwabe et qu'il a appelées *Lichtflocken*. M. Waldner les croit dues à des flocons de neige qui voltigent dans l'atmosphère.

A. G.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS D'OCTOBRE 1868.

- Le 2, éclairs à l'Ouest dans la soirée.
- 3, éclairs et tonnerres à 6  $\frac{1}{2}$  h. du soir, direction de l'orage du Sud au Nord.
- 5, neige sur les plus hautes sommités du Jura, la première de la saison.
- 6, couronne lunaire, le matin de bonne heure; rosée.
- 7, faible halo solaire l'après-midi; halo lunaire le soir.
- 8, forte rosée le matin; couronne solaire jusqu'à 7 h. du matin.
- 12, forte rosée le soir.
- 13, brouillard le matin jusques près de 11 h.; forte rosée le soir.
- 14, brouillard le matin jusqu'à 9 h.; forte rosée le soir.
- 15, rosée le matin.
- 16, forte rosée le matin et le soir, faible halo solaire dans l'après-midi.
- 17, faible halo solaire dans la matinée, rosée le soir.
- 20, neige sur le grand Salève, la première de la saison; il a neigé également sur les autres montagnes des environs.
- 24, faible halo solaire vers midi.
- 26, couronne lunaire dans la soirée.
- 27, id. id.
- 28, rosée le soir.
- 29, le matin forte gelée blanche, la première de la saison; le minimum est descendu également pour la première fois au-dessous de 0.
- 31, couronne lunaire dans la soirée; rosée.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2 à 11 h. matin .....	724,74	Le 1 à 2 h. ap. m.....	717,75
6 à 10 h. matin .....	732,67	3 à 6 h. matin .....	719,96
13 à 10 h. matin .....	731,20	9 à 2 h. ap. m.....	726,82
20 à 10 h. soir .....	726,34	18 à 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> h. soir.....	713,90
26 à 10 h. matin .....	732,23	21 à 4 h. ap. m.....	723,60
28 à 8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> h. soir.....	737,71	27 à 6 h. matin .....	726,40
		29 à 10 h. soir . . . . .	733,14

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Tension de la vap.			Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige.			Vent.			Clarté		Temp. du Rhodé		Linnéaire																									
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	millim.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	0	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	millim.	Moy. des 24 h.	Écart fraction norm.	Minim.	Maxim.	mm.	Éau lomb. des 24 h.	0	1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	718,86	-	7,86	+14,31	+2,02	0	+12,8	+16,9	11,13	+2,38	9,29	+115	740	1000	15,8	14	variable	0,94	15,8	0,0	0,0	172																										
2	722,91	-	3,78	+13,66	+1,53	0	+11,6	+16,6	9,86	+1,18	8,63	+47	680	1000	9,2	6	NNE.	0,89	16,9	1,2	1,2	175																										
3	721,12	-	5,54	+14,59	+2,62	0	+12,5	+18,1	10,71	+2,40	8,74	+57	750	940	12,7	7	N.	0,88	16,9	1,4	1,4	176																										
4	723,00	+	3,63	+11,02	+0,79	0	+8,8	+14,9	9,30	+0,76	9,80	+161	890	1000	7,3	9	N.	1,00	—	—	—	178																										
5	727,97	+	1,37	+9,44	-2,21	0	+7,1	+11,8	7,01	-1,46	810	+40	660	960	12,8	8 1/2	NNE.	0,88	16,7	1,4	1,4	180																										
6	731,91	+	5,34	+11,05	-0,44	0	+7,3	+14,3	7,66	-0,74	784	+38	600	940	—	—	N.	0,63	16,0	0,8	0,8	182																										
7	729,75	+	3,21	+10,86	-0,46	0	+6,4	+15,3	8,15	-0,18	849	+25	660	970	—	—	variable	0,49	15,9	0,8	0,8	182																										
8	729,77	+	3,26	+10,99	-0,17	0	+7,6	+14,4	7,69	-0,37	796	+29	620	960	—	—	NNE.	0,84	16,2	1,2	1,2	182																										
9	727,24	+	0,75	+11,49	+0,50	0	+10,5	+13,4	7,47	-0,72	760	+67	690	790	—	—	NNE.	0,91	16,0	1,1	1,1	182																										
10	727,48	+	1,01	+11,42	+0,59	0	+9,3	+14,2	8,50	+0,38	868	+40	750	950	—	—	N.	0,59	15,9	1,2	1,2	179																										
11	720,78	+	3,33	+11,65	+0,99	0	+9,2	+14,2	10,38	+1,20	916	+87	790	970	—	—	variable	0,99	—	—	—	177																										
12	730,48	+	4,05	+13,11	+2,62	0	+9,9	+17,7	10,38	+2,40	922	+92	750	990	1,4	2	N.	0,49	16,1	1,6	1,6	175																										
13	730,32	+	3,91	+12,46	+2,14	0	+8,7	+18,3	9,95	+2,04	924	+93	670	1000	—	—	N.	0,43	16,1	1,7	1,7	172																										
14	728,84	+	2,45	+12,28	+2,13	0	+9,0	+16,9	9,94	+2,11	934	+102	740	1000	0,6	2	NNE.	0,72	16,0	1,7	1,7	168																										
15	727,45	+	1,08	+13,25	-3,27	0	+8,7	+16,5	8,22	+0,47	803	+30	540	980	—	—	variable	0,40	16,1	2,0	2,0	165																										
16	725,73	-	0,63	+11,07	+1,26	0	+6,2	+16,9	7,86	-0,19	812	+22	520	1000	—	—	SSO.	0,21	16,1	2,1	2,1	164																										
17	722,88	-	3,48	+11,90	+2,26	0	+7,0	+18,3	8,86	+1,27	848	+13	630	980	—	—	N.	0,44	16,0	2,1	2,1	162																										
18	715,00	-	11,27	+12,05	+2,58	0	+9,0	+16,5	9,49	+1,98	911	+75	760	960	3,4	5	variable	0,94	—	—	—	159																										
19	715,86	-	10,49	+9,81	+0,51	0	+7,8	+16,5	7,99	-0,56	904	+65	720	990	4,5	6	SSO.	1,00	15,7	2,1	2,1	157																										
20	722,95	-	3,40	+5,98	-3,15	0	+5,2	+8,6	5,77	-1,58	850	+13	740	950	13,7	8	SO.	1,00	15,1	1,6	1,6	156																										
21	724,75	-	1,60	+6,29	-2,67	0	+2,6	+10,0	4,86	-2,41	719	+118	510	910	—	—	SO.	0,38	14,9	1,5	1,5	155																										
22	725,42	-	0,93	+6,79	-2,00	0	+2,0	+9,0	4,86	-2,33	679	+159	520	940	—	—	NNE.	0,76	14,8	1,6	1,6	152																										
23	729,66	+	3,32	+7,05	-1,56	0	+3,2	+13,0	5,25	-1,86	721	+117	480	900	—	—	NNE.	0,67	14,8	1,7	1,7	150																										
24	729,99	+	3,65	+8,49	+0,55	0	+6,0	+12,9	5,46	-1,57	681	+158	480	890	—	—	SO.	0,86	14,7	1,7	1,7	148																										
25	730,12	+	3,78	+10,78	+2,02	0	+6,0	+14,6	9,47	+2,32	962	+123	840	990	5,7	8	NO.	0,99	—	—	—	146																										
26	731,23	+	4,89	+14,78	+6,68	0	+12,6	+18,1	8,11	+1,24	671	+169	480	760	—	—	SSO.	0,73	8,8	3,9	3,9	144																										
27	728,49	+	2,15	+9,96	+2,04	0	+7,3	+14,1	7,07	-0,28	811	+29	670	880	2,8	3 1/2	NNE.	0,90	7,8	4,8	4,8	142																										
28	735,27	+	8,93	+5,65	-2,10	0	+1,9	+9,0	3,94	-2,78	643	+228	430	810	—	—	NNE.	0,07	10,9	1,6	1,6	140																										
29	734,82	+	8,47	+3,09	-4,48	0	+1,7	+6,9	8,12	-2,07	812	+29	580	1090	0,4	1 1/2	variable	0,92	11,9	0,4	0,4	138																										
30	735,06	+	8,71	+7,33	-0,07	0	+5,3	+13,0	5,66	-0,92	762	+80	540	860	—	—	S.	0,91	12,8	0,6	0,6	136																										
31	737,98	+	11,63	+6,68	-0,55	0	+3,0	+11,9	5,52	-0,99	779	+63	510	970	—	—	SO.	0,19	13,3	1,2	1,2	134																										

## MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	725,80	726,26	726,39	726,05	725,59	725,64	726,10	726,52	726,84
2 <sup>e</sup> " "	724,87	725,39	725,51	725,10	724,59	724,34	724,59	724,82	724,97
3 <sup>e</sup> " "	730,51	731,25	731,50	731,28	731,04	731,00	731,39	731,56	731,57
Mois	727,17	727,75	727,92	727,60	727,20	727,12	727,49	727,76	727,92

### Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+10,23	+11,23	+12,49	+13,44	+14,08	+13,75	+12,83	+12,06	+11,54
2 <sup>e</sup> " "	+ 8,87	+10,10	+12,65	+13,93	+14,62	+13,75	+12,49	+11,47	+10,10
3 <sup>e</sup> " "	+ 6,38	+ 7,09	+ 9,22	+10,25	+10,91	+10,13	+ 8,37	+ 7,31	+ 6,83
Mois	+ 8,43	+ 9,40	+11,38	+12,47	+13,13	+12,46	+11,14	+10,18	+ 9,40

### Tension de la vapeur.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	8,72	9,08	8,94	9,07	8,88	8,88	9,11	8,75	8,46
2 <sup>e</sup> " "	8,39	8,80	8,98	8,99	8,88	9,22	9,37	8,95	8,52
3 <sup>e</sup> " "	6,16	6,25	6,20	6,05	5,85	5,64	5,91	5,96	6,15
Mois	7,70	7,99	7,98	7,97	7,81	7,84	8,06	7,82	7,66

### Fraction de saturation en millèmes.

1 <sup>re</sup> décade	926	909	824	785	736	754	823	838	838
2 <sup>e</sup> " "	978	944	821	757	718	780	875	904	933
3 <sup>e</sup> " "	851	815	702	639	598	599	706	765	815
Mois	916	887	780	724	681	707	798	833	860

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	+ 9,39	+14,99	0,81	16,26	57,8	178,8
2 <sup>e</sup> " "	+ 8,07	+16,04	0,66	15,90	23,6	165,5
3 <sup>e</sup> " "	+ 4,38	+12,13	0,67	12,47	8,9	144,1
Mois	+ 7,19	+14,31	0,71	14,75	90,3	162,2

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,49 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 6°,4 O., et son intensité est égale à 19,8 sur 100.

# TABLEAU

## DES

### OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1868.

---

Le 1 <sup>er</sup> , 2, 3,	brouillard	tout le jour.
5,	id.	une partie de la journée.
8, 9,	id.	tout le jour.
14,	id.	depuis 2 heures du soir.
15,	id.	jusqu'à 8 heures du matin et à 6 heures du soir.
16,	id.	depuis 6 heures du soir.
17, 18, 19, 20,	id.	toute la journée.
21,	id.	à 6 h. et 10 h. du matin, et à 4 h. du soir.
24,	id.	depuis 8 h. du matin à Midi.
25,	id.	une partie de la journée.
28,	id.	jusqu'à 8 h. du soir.
29,	id.	une partie de la journée.
30,	id.	tout le jour.
31,	id.	jusqu'à 8 h. du matin.

Dans la nuit du 23 au 24, le lac s'est entièrement couvert de glace.

#### *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

	MAXIMUM	mm		MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir.....	565,07		Le 1 à 4 h. soir.....	561,63	
6 à 10 h. soir.....	569,86		4 à 8 h. soir.....	559,75	
11 à 10 h. soir.....	569,91		9 à 6 h. matin.....	565,63	
26 à 8 h. matin.....	569,42		19 à 10 h. soir.....	554,61	
28 à 10 h. soir.....	568,42		27 à 2 h. soir.....	564,38	
			30 à 6 h. matin.....	565,59	

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.				Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
1	563,07	3,50	561,63	563,25	0	0	0	0	.....	78,2	18	SO.	1,00	
2	564,39	1,10	564,02	565,07	3,62	2,51	2,8	4,9	.....	27,3	6	SO.	1,00	
3	563,14	2,27	562,83	563,63	3,34	2,37	2,3	5,4	.....	52,9	40	SO.	0,98	
4	560,69	4,63	559,75	562,53	1,08	1,91	2,2	0,8	50	14,0	14	NE.	1,00	
5	564,60	0,64	569,61	567,41	1,36	2,05	3,9	0,3	70	4,8	5	NE.	0,82	
6	569,21	4,05	568,11	569,88	0,26	0,81	3,0	2,1	.....	.....	.....	SO.	0,34	
7	568,20	3,12	567,87	568,60	2,96	2,56	1,5	5,1	.....	.....	.....	variable	0,66	
8	566,13	1,13	566,09	566,46	0,91	1,16	1,4	0,3	.....	.....	.....	SO.	1,00	
9	566,32	1,40	565,63	566,68	1,00	0,89	0,6	1,9	.....	.....	.....	SO.	1,00	
10	567,90	2,36	566,32	568,58	2,64	2,98	1,3	5,5	.....	.....	.....	SO.	0,72	
11	569,07	4,31	568,31	569,91	3,03	3,22	1,4	5,3	.....	.....	.....	variable	0,72	
12	569,61	4,93	569,13	569,91	2,74	3,08	1,6	5,1	.....	.....	.....	NE.	0,90	
13	569,19	4,59	569,43	569,56	1,69	2,18	0,8	3,9	.....	.....	.....	NE.	0,18	
14	567,00	2,48	566,39	567,79	1,02	1,65	0,6	3,8	.....	.....	.....	NE.	0,93	
15	565,36	0,92	564,83	565,73	0,62	1,40	1,5	3,4	.....	.....	.....	NE.	0,50	
16	564,73	0,37	564,48	565,43	2,07	3,00	0,6	4,6	.....	.....	.....	SO.	0,22	
17	563,63	0,65	563,36	564,31	0,28	0,80	0,5	0,3	.....	.....	.....	SO.	1,00	
18	560,30	3,91	558,65	562,43	1,41	0,18	2,1	0,5	.....	.....	.....	SO.	1,00	
19	555,70	8,43	554,61	557,17	0,98	0,40	3,2	3,5	150	31,2	16	variable	1,00	
20	558,19	5,86	555,65	560,14	5,63	4,10	7,1	3,5	240	22,7	14	NE.	1,00	
21	559,45	4,52	559,09	560,14	8,56	6,88	10,5	3,8	.....	.....	.....	NE.	0,33	
22	560,70	3,20	558,69	562,86	7,50	5,67	10,4	0,7	.....	.....	.....	NE.	0,51	
23	564,03	0,30	563,43	564,69	3,86	1,88	6,2	2,5	.....	.....	.....	NE.	0,64	
24	564,18	0,43	563,44	564,69	5,30	3,17	6,2	2,0	.....	.....	.....	NE.	0,99	
25	567,70	4,02	566,53	568,97	0,34	2,62	1,5	5,0	.....	14,6	8	NE.	0,91	
26	568,65	5,04	567,73	569,42	2,34	4,77	1,6	2,2	20	4,3	8	NE.	0,36	
27	564,76	1,22	564,38	565,53	1,46	1,12	5,0	5,5	.....	.....	.....	NE.	0,89	
28	566,71	3,24	564,73	568,42	8,37	5,65	11,1	1,4	.....	.....	.....	NE.	0,87	
29	567,27	3,87	566,82	568,11	3,78	0,91	8,5	1,1	6	0,2	1	NE.	0,84	
30	567,00	3,67	565,59	568,34	6,50	3,48	7,9	4,9	54	7,6	13	NE.	1,00	
31	570,75	7,49	568,42	572,62	4,95	1,78	7,0	3,2	.....	.....	.....	NE.	0,30	

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomètre étant placé dans le cabinet de la chambre.

## MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	564,64	565,00	565,31	565,33	565,20	565,17	565,43	565,69	565,77
2 <sup>e</sup> " "	564,24	564,64	564,76	564,42	564,25	564,19	564,26	564,28	564,24
3 <sup>e</sup> " "	564,83	565,26	565,59	565,61	565,50	565,64	565,96	566,13	566,32
Mois	564,58	564,98	565,23	565,13	565,00	565,02	565,24	565,39	565,47

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	+ 0,69	+ 1,32	+ 1,80	+ 2,13	+ 2,55	+ 2,47	+ 1,70	+ 1,51	+ 1,37
2 <sup>e</sup> " "	- 0,34	+ 0,23	+ 1,28	+ 1,92	+ 1,46	+ 1,00	+ 0,26	- 0,16	- 0,44
3 <sup>e</sup> " "	- 5,11	- 4,39	- 3,54	- 2,36	- 3,08	- 3,91	- 4,69	- 4,56	- 4,67
Mois	- 1,70	- 1,06	- 0,26	+ 0,47	+ 0,20	- 0,27	- 1,03	- 1,18	- 1,36

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	+ 0,18	+ 3,16	0,85	177,2	120
2 <sup>e</sup> " "	- 1,18	+ 2,27	0,75	53,9	390
3 <sup>e</sup> " "	- 6,55	- 1,67	0,69	26,7	80
Mois	- 2,65	+ 1,16	0,76	257,8	590

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,39 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 19,4 sur 100.

\* Voir la note du tableau.



# LA LUMIÈRE

## SES CAUSES ET SES EFFETS

PAR

**M. ED. BECQUEREL**

Membre de l'Académie des Sciences de Paris, etc.

2 vol. grand in-8°. Paris, 1867-1868.

---

### I.

Nous avons annoncé, à l'époque de sa publication, le premier volume de cet important *Traité*<sup>1</sup> ; le second vient de paraître, et l'ouvrage maintenant est complet.

Ce n'est point un *Traité* d'optique proprement dit ; on n'y trouve point l'exposition des lois auxquelles la lumière est soumise, réflexion, réfraction, dispersion, double réfraction, polarisation, etc. On n'y trouve pas davantage la description des instruments et appareils dont la construction repose sur ces lois. Il n'y est question que des sources de la lumière et des phénomènes physiques et chimiques que son action détermine chez les corps ; sujets qui occupent à peine quelques pages, soit dans les *Traités* de Physique, soit dans ceux d'Optique proprement dits. Il est vrai que ce n'est que depuis peu d'années, et grâce en particulier aux travaux de M. E. Becquerel lui-même, que ces questions ont pris un inté-

<sup>1</sup> *Archives des Sciences phys. et natur. (Bibl. Univ.)* 1867, t. XXIX, page 231.

rêt et un développement tels que personne ne peut s'étonner qu'on consacre à leur étude deux gros volumes.

Parmi ces questions il en est plusieurs sur lesquelles nous ne nous arrêterons pas ; telles sont celles relatives aux sources de la lumière soit naturelles, soit artificielles, en en exceptant toutefois la phosphorescence comme nous allons le dire ; telles sont encore celles relatives aux effets calorifiques, aux effets physiologiques et à la vision. Tous ces sujets n'occupent qu'une place relativement petite dans l'ouvrage, plusieurs ne sont point nouveaux et les autres ne me paraissent pas avoir été encore l'objet de recherches assez multipliées et assez importantes pour donner lieu à une analyse critique de quelque étendue. Nous nous bornerons donc à en parler incidemment en traitant ceux des points qui nous paraissent dignes d'une attention particulière. Ces points sont avant tout l'action chimique de la lumière et la phosphorescence. Quoique M. Becquerel classe la phosphorescence dans les sources de la lumière, la partie la plus importante de ce sujet me paraît pouvoir, avec encore plus de raison, être considérée comme un effet de la lumière ; je veux parler de la phosphorescence produite par la lumière elle-même. Comme c'est essentiellement de celle-là que je compte m'occuper, je n'en ferai l'examen qu'après que j'aurai fait celui des effets chimiques de la lumière. En effet, l'un et l'autre des phénomènes résultent également de modifications moléculaires opérées par l'action de la lumière sur les corps, et s'ils ne sont pas soumis aux mêmes lois exactement, ils présentent plus d'un rapport dans leur mode de production et dans les circonstances qui exercent une influence sur eux.

Exprimons, avant d'entrer en matière, un regret, c'est

que M. E. Becquerel, qui entend si bien tout ce qui concerne les rapports qui existent entre la lumière et la nature particulière des corps, ne se soit pas étendu davantage sur une des questions les plus intéressantes que présente l'étude de ces rapports ; je veux parler de la transparence ; cette propriété en apparence si simple et pourtant si peu expliquée encore. Il est vrai que, soit dans l'étude de l'analyse spectrale, soit dans celle de l'influence des écrans sur les radiations calorifiques et chimiques, l'auteur s'occupe de l'absorption opérée par divers milieux sur les ondulacions lumineuses de différentes longueurs. Dans le chapitre intitulé : *Preliminaires*, mis en tête de son second volume, il aborde bien le sujet plus directement et en indique en passant le point capital, savoir qu'il ne peut y avoir d'extinction de la lumière, ou, ce qui revient au même, du mouvement ondulatoire qui produit la lumière, sans une transformation de ce mouvement en une modification moléculaire du corps ; il remarque que tant qu'on ne reconnaîtra pas tous les effets qu'un rayon lumineux produit sur un corps, il sera difficile de déterminer ce qu'on pourrait nommer l'équivalent mécanique de la lumière. M. Becquerel insiste bien sur le fait important que l'absorption est élective, c'est-à-dire qu'elle n'a pas lieu indifféremment et avec la même intensité pour tous les rayons, quelle que soit leur longueur d'onde. Il décrit encore quelques-uns des phénomènes d'absorption produits soit par les gaz et les vapeurs, soit par les liquides, soit par les solides, phénomènes qui expliquent la présence des raies noires dans les spectres lumineux. Enfin il insiste aussi sur les effets de diffusion qui varient avec les rayons différemment réfrangibles et sur les rapports qui les lient avec la couleur des corps vus, soit par

réflexion, soit par transmission. Certainement il y a, soit dans les détails que je viens de rappeler, soit dans d'autres encore que j'ometts, bien des éléments propres à donner l'idée de la question de la transparence. Mais j'aurais aimé la voir traiter d'une manière plus explicite et plus complète, trouver mieux groupés et moins épars tous les faits qui s'y rattachent. J'aurais aimé que l'auteur eût fait quelques rapprochements entre la transparence et la constitution soit moléculaire, soit chimique des corps. La transparence de l'atmosphère et les causes qui peuvent l'influencer auraient pu aussi être l'objet d'une étude intéressante. Si je regrette les quelques lacunes que je viens de signaler, c'est par deux motifs : le premier, que le sujet de la transparence me paraît être l'un des plus intéressants de la physique par la liaison qu'il tend à établir entre la matière pondérable et le mouvement ondulatoire de l'éther ; le second, c'est que M. E. Becquerel me paraît avoir montré par ses travaux sur des sujets analogues qu'il est l'un des physiciens les plus aptes à combler ces lacunes.

## II.

J'arrive maintenant à l'étude des effets chimiques de la lumière. Deux remarques préliminaires importantes se présentent.

La première concerne une différence importante qui existe entre les effets calorifiques et les effets chimiques. On a longtemps dit que, tandis que les effets calorifiques étaient produits par la partie la moins réfrangible du spectre, les effets chimiques étaient par contre engendrés par la partie la plus réfrangible. Or, cette différence entre les rayons calorifiques et les rayons chimiques n'existe

point d'une manière aussi absolue. Il est parfaitement vrai qu'il y a une radiation calorifique en dehors de la radiation lumineuse qui se compose essentiellement des rayons les moins réfrangibles, rouges, ultra-rouges et même obscurs en dehors du rouge. Cette radiation forme un spectre calorifique tout à fait différent du spectre lumineux, et l'intensité des effets calorifiques ne dépend que de la faculté absorbante des corps pour les divers rayons de ce spectre. Il n'en est pas tout à fait de même des effets chimiques. Il n'y a point un spectre chimique comme il y a un spectre calorifique; ce sont, suivant la substance soumise à l'action chimique de la lumière, tantôt les rayons violets, tantôt les verts, tantôt les jaunes qui produisent le maximum d'effet, de sorte que, pour éprouver l'effet de l'action chimique, chaque substance particulière exige des rayons d'une longueur d'onde comprise entre certaines limites déterminées qui ne sont point les mêmes pour toutes.

La seconde remarque préliminaire que nous avons à faire, concerne la nature même des modifications produites dans l'état des corps par la lumière. Nous savons qu'il y a des effets calorifiques et des effets chimiques; tous les autres effets peuvent-ils être ramenés à ces deux effets généraux, ou bien la lumière produit-elle des effets moléculaires directs et distincts des effets calorifiques et chimiques? Elle exerce évidemment une influence sur la cristallisation, elle détermine une coloration rouge sur le phosphore qui ne paraît pas être le résultat d'une oxydation, mais bien celui d'une transformation moléculaire. On avait cru qu'elle exerçait sur le chlore une modification allotropique qui le rendait plus apte à se combiner avec l'hydrogène; mais MM. E. Becquerel et Frémy ont

montré par des expériences très précises que le dernier fait n'était pas exact. Ce qui par contre est parfaitement prouvé, c'est que le verre éprouve des changements de teinte à la lumière, et, chose curieuse, ces changements ne sont pas seulement superficiels, ils finissent par atteindre toute la masse du verre. Il semblerait naturel d'attribuer cet effet à ce que, sous l'influence de la lumière, le peroxyde de fer cède une partie de son oxygène au peroxyde de manganèse qui passerait à un état d'oxydation supérieure; mais ce qui semble infirmer cette explication c'est que le verre puisé dans un creuset avec la canne du verrier présente une couleur améthyste si on le trempe, et que ce n'est que par le recuit qu'il perd sa couleur; ainsi, la trempe produit le même effet que l'insolation. Il semble donc que la lumière détermine, comme la trempe, un changement dans l'état moléculaire du verre et non un changement chimique. Cependant bien d'autres phénomènes du même genre qu'on avait cru provenir d'une modification moléculaire, ont été reconnus comme étant dus à une altération chimique. On ne peut donc encore, malgré quelques cas qui semblent péremptoires, se prononcer d'une manière positive sur cette question qui mériterait d'attirer l'attention et de provoquer les recherches des physiciens.

Je passe maintenant à l'exposition des effets incontestablement chimiques de la lumière. M. Becquerel rappelle d'abord les combinaisons produites sous l'action de la lumière, en présence du chlore, du brome, de l'iode ou de l'oxygène. La tendance du chlore à se combiner avec l'hydrogène est telle, que la plupart des matières hydrogénées mises en présence de ce gaz, se décomposent à la lumière directe ou diffuse en produisant de l'acide

chlorhydrique et d'autres composés secondaires. L'eau chlorée elle-même est altérée par l'action de la lumière. Le brome et l'iode se comportent comme le chlore, avec cette différence toutefois que les effets ne sont pas aussi énergiques. L'oxygène lui-même, sous l'influence de la lumière, peut s'unir non-seulement à plusieurs composés métalliques tels, par exemple, que le protoxyde de plomb, mais encore à un très-grand nombre de substances de nature organique, et donner lieu à des réactions qu'on n'apprécie le plus souvent que lorsqu'elles sont accompagnées d'un changement de couleur. Un des exemples les plus curieux de ces effets, ce sont les changements de couleur observés avec la résine de gaïac. Un certain nombre de matières colorantes fixées sur des étoffes de coton, de soie et de laine se décolorent sous l'influence de la lumière, non dans le vide où elles peuvent rester sans s'altérer pendant plus de deux ans, ainsi que l'a observé M. Chevreul, mais en présence de l'oxygène. Certaines matières organiques, telles que les hydrogènes carbonés et les huiles essentielles, lors même qu'elles n'éprouvent aucun changement de couleur, ne s'en combinent pas moins avec l'oxygène sous l'action de la lumière; du moins cette combinaison a lieu avec un ou plusieurs éléments constituant de la substance.

L'action de la lumière ne produit pas seulement des combinaisons, mais elle détermine surtout des décompositions. Le nombre des substances qui sont décomposées en partie ou en totalité par cette action est très-considérable. En général les sels des métaux qui ont plusieurs degrés d'oxydation sont impressionnables quand ils sont à l'état de peroxyde, car ils tendent à passer à un degré inférieur d'oxydation sous l'influence de la lumière, soit

quand ils sont isolés, soit le plus souvent quand ils sont en présence de composés réducteurs qui sont presque toujours des substances organiques. Une remarque importante, c'est que l'état physique des corps impressionnables exerce une action marquée sur l'effet produit ; ainsi parmi les sels d'argent obtenus à l'état de précipitation par double décomposition, le chlorure et le bromure sont très-sensibles, l'iodure ne l'est pas, tandis que, lorsque ces mêmes composés sont préparés à la surface de lames d'argent par l'action des vapeurs d'iode, de brome, ou de chlore, l'iodure est beaucoup plus sensible que le bromure ou le chlorure.

Mais ce qui nous paraît le plus intéressant à signaler, c'est ce qui concerne les effets chimiques continués après l'influence de la lumière. On sait que dans l'expérience de Daguerre, pour faire apparaître l'image sur la plaque d'argent iodurée qui a été exposée un instant à la lumière, il faut l'exposer à la vapeur de mercure qui se fixe sur les parties frappées par la lumière. La lumière seule, en continuant à agir, peut produire le même effet que la vapeur de mercure ; ce qu'il y a de curieux, c'est que certains rayons lumineux qui n'auraient pas exercé d'action dans des conditions ordinaires peuvent continuer une action commencée par d'autres. C'est à M. Ed. Becquerel qu'on doit cette découverte importante qu'il a faite en étudiant l'action des différentes parties du spectre solaire sur l'iodure, le bromure et le chlorure d'argent. Ces composés préparés sur des plaques métalliques ne sont sensibles que depuis le bleu jusqu'au violet prismatique quand ils ont été préparés à l'obscurité, et deviennent impressionnables depuis le bleu jusqu'au rouge quand ils ont reçu un commencement d'action de la part de la lu-

mière. On obtient le même effet au moyen d'écrans colorés ; ainsi les rayons transmis à travers un verre jaune ou rouge peuvent continuer l'action commencée, mais ne peuvent pas la commencer eux-mêmes ; c'est ce qui fait que M. E. Becquerel a appelé *rayons continueurs* ces rayons peu réfrangibles, et *rayons excitateurs* les plus réfrangibles.

Ce que nous venons de dire nous amène à nous occuper d'une manière plus générale des effets produits par les rayons différemment réfrangibles.

La coloration rouge du phosphore et la combinaison du chlore et de l'hydrogène ont lieu sous l'influence des rayons les plus réfrangibles et principalement des rayons violets et ultra-violet ; elles ne se produisent pas dans le rouge ni dans l'orangé, et ne commencent à être un peu sensibles que dans le jaune et dans le vert.

C'est sur les combinaisons d'argent que se reconnaît le mieux l'action des différents rayons du spectre solaire ; l'effet se produit en général depuis le bleu jusqu'au delà du violet ; seulement dans quelques cas il y a effet de continuation dans le rouge jusqu'au bleu sur les surfaces qui ont été préalablement impressionnées ; nous y reviendrons dans un instant, sans nous occuper des composés métalliques autres que ceux d'argent ; mais auparavant, disons un mot de l'action de la lumière sur les matières organiques. On peut conclure de l'ensemble des faits observés par plusieurs savants, et notamment par Herschell, que les rayons les moins réfrangibles sont les plus efficaces pour produire l'oxydation des couleurs végétales, tandis que pour agir sur les composés métalliques ce sont les plus réfrangibles. Parmi les observations de Herschell rapportées par M. E. Becquerel, nous cite-

rons, comme particulièrement intéressantes, celles que les rayons les plus efficaces pour la destruction d'une couleur végétale sont, dans un grand nombre de cas, ceux qui, par leur couleur, sont complémentaires de la couleur de la matière végétale détruite. C'est ainsi que les matières végétales d'une couleur jaune ou orangée ont leur couleur détruite avec plus d'énergie par la partie bleue du spectre, les couleurs bleues par les rayons rouges, orangés et jaunes, et les matières pourpres et rosées par les rayons jaunes et verts ; il n'y a qu'un petit nombre d'exceptions. Il est possible que ces résultats s'expliquent par le fait que la lumière, dont la couleur est complémentaire de celle du corps, est précisément celle qui est la mieux absorbée et qui doit produire, par conséquent, le plus d'effet. Ne se pourrait-il pas qu'il en fût de même dans les autres cas ?

L'action des écrans incolores et colorés sur l'effet chimique produit par les rayons qui les traversent et l'influence de la nature des sources lumineuses sur l'intensité de leur activité chimique, ne nous paraît pas de nature à nous occuper longtemps.

On a remarqué, en général, quant aux écrans, que les liquides les plus réfrangibles, tels que le sulfure de carbone, arrêtent l'effet des rayons violets et ultra-violets sur les surfaces sensibles. Avec les différents écrans colorés, les parties du spectre lumineux qui sont absorbées correspondent exactement aux régions où les impressions chimiques n'ont pas lieu, seulement il faut faire entrer en ligne de compte, dans cet ordre d'expériences, que lorsqu'il s'agit d'actions chimiques, un faisceau de rayons d'une intensité faible peut ne produire aucune action, tandis que si cent faisceaux de rayons égaux faibles aussi viennent

frapper la matière sensible ensemble ou successivement, cette matière reçoit dans les deux cas la même impression, car il y a dans l'un et l'autre cas la même somme d'actions chimiques. Cette différence, entre l'action chimique et la vision, provient de ce que la rétine ne conserve que pendant un temps très-court l'impression de la lumière, tandis que la substance chimique sensible conserve et accumule l'impression qu'elle reçoit des rayons lumineux.

Une remarque importante quant à l'absorption de la partie active du rayonnement lumineux, c'est l'influence qu'exerce le passage de la lumière à travers un milieu semblable à celui sur lequel elle doit agir. Ainsi quand on fait traverser à un faisceau de rayons solaires une dissolution de peroxyde de fer qui est jaune foncé, ces rayons, après leur sortie du liquide, ne donnent plus lieu à la décomposition d'une dissolution semblable. MM. Bunsen et Roscoe avaient déjà remarqué que les rayons qui ont traversé un mélange à proportions égales de chlore et d'hydrogène éprouvent une absorption plus grande au point de vue de leur activité chimique appréciée par leur action sur un mélange semblable, que celle qui correspond à l'absorption opérée par chacun des gaz séparément. Cette diminution tient évidemment à ce que chaque espèce d'action chimique est produite par certains rayons qui perdent plus ou moins leur pouvoir lorsqu'ils ont déjà agi, ce pouvoir étant nécessairement limité.

La nature des sources lumineuses a, indépendamment de leur intensité, une influence considérable sur les effets chimiques que produisent les rayons qui en émanent. Tandis que les flammes provenant de matières carbonées agissent fortement sur les substances organiques, elles sont sans action sur les sels métalliques qui exigent,

pour être impressionnés, des rayons très-réfrangibles et par conséquent des sources lumineuses qui proviennent de l'irradiation de matières solides, telles que la combustion du magnésium et l'arc voltaïque, sources dont l'intensité est très-grande à cause de leur haute température.

J'arrive à un sujet qui est développé avec soin dans l'ouvrage de M. E. Becquerel, c'est celui qui a trait aux recherches intéressantes que ce physicien a faites sur les effets électriques produits sous l'influence de l'action chimique de la lumière, et au parti qu'il en a tiré pour l'étude plus précise de cette action même.

Son point de départ est que, lorsqu'on place deux lames de platine dans un liquide conducteur, dont l'une est recouverte d'une couche mince de chlorure ou de bromure d'argent, tandis que l'autre a sa surface parfaitement nette, les deux lames étant réunies par le fil d'un galvanomètre, on obtient un courant électrique en faisant arriver des rayons de lumière sur la lame recouverte du composé d'argent. Cet effet est dû à la décomposition du chlorure ou du bromure; il faut avoir soin seulement d'employer un liquide conducteur tel qu'une dissolution d'acide sulfurique ou de sulfate de soude, qui n'exerce aucune action chimique sur le chlorure et le bromure d'argent.

M. E. Becquerel a trouvé dans ce phénomène très-sensible et très-constant le principe d'un appareil propre à mesurer l'intensité chimique des divers rayonnements lumineux, appareil qu'il a nommé *actinomètre chimique*. La lame impressionnable qu'il emploie est une lame d'argent qu'il recouvre d'une couche de chlorure en la plaçant dans de l'acide hydrochlorique, comme électrode positive d'un courant électrique dont l'électrode négative

est une lame de platine. Cette lame noircit en prenant des teintes correspondantes à celles des lames minces, et on arrête l'action quand on a obtenu la teinte violacée du quatrième ordre. Cette couche mince de sous-chlorure violet donne les effets les plus réguliers et elle est sensible entre les mêmes limites de réfrangibilité que la rétine. On peut également préparer la lame d'argent en la plongeant dans une solution étendue de bichlorure de cuivre. Il faut ensuite chauffer les lames préparées suivant l'un ou l'autre des deux modes jusqu'à 150 à 200°; elles deviennent alors rosacées. Cette opération fait qu'elles ne sont pas impressionnées en dehors des limites de réfrangibilité des rayons lumineux, ce qui n'aurait pas lieu sans ce recuit. J'ometts les détails relatifs à la construction de l'actinomètre même et à son emploi; je me borne à noter que c'est un appareil très-sensible et dont l'action est très-durable.

Remarquons cependant que les intensités du courant électrique ne peuvent être considérées comme proportionnelles à l'intensité de l'action chimique exercée sur la substance, et par conséquent à l'intensité lumineuse active; elles indiquent seulement si cette intensité lumineuse est plus grande ou plus petite dans une circonstance que dans une autre.

Toutefois, en faisant varier, au moyen d'une ouverture à bords mobiles placée sur la route des rayons rendus parallèles, la largeur du faisceau incident, et par conséquent l'intensité de ce faisceau qui agirait toujours sur une surface de même étendue et produirait la même déviation galvanométrique, on pourrait comparer les intensités lumineuses qui seraient inversement proportionnelles aux largeurs du faisceau agissant.

L'emploi de l'actinomètre chimique a permis à M. E. Becquerel de reprendre avantageusement l'étude détaillée des phénomènes divers que présente l'action chimique de la lumière; parmi les résultats qu'il a obtenus, nous insisterons surtout sur ceux qui constatent les différences remarquables qui existent sous plus d'un rapport entre les rayons différemment réfringibles.

Il a employé successivement comme substance impressionnable, dans son actinomètre chimique, une lame d'argent recouverte d'une couche mince de iodure et une autre lame d'argent recouverte de la couche de sous-chlorure violet. Au moyen de la plaque iodée, il a découvert dans le spectre deux parties actives très-distinctes. La première formée des rayons les plus réfringibles dont le maximum est entre les raies *G* et *H*; la seconde composée de la partie la moins réfringible du spectre qui n'agit que sur l'iodure qui a déjà été impressionné et d'autant plus qu'il a été plus impressionné, jusqu'à ce que le maximum atteigne presque le maximum de la partie la plus réfringible; ce second maximum est entre *D* et *E*. On a donc avec l'iodure déjà impressionné deux courbes distinctes, tandis qu'on n'en a qu'une qui va au delà du violet avec celui qui n'a pas été impressionné préalablement.

Avec le sous-chlorure d'argent violet il n'y a qu'une seule courbe, et cette courbe correspond exactement à celle des intensités lumineuses, et il n'y a d'effet que là où a agi la partie lumineuse du spectre. Il n'y a jamais d'effet, dans aucun cas, à la limite du rouge extrême et au delà.

J'arrive ici à l'un des phénomènes les plus curieux parmi ceux qu'a découverts M. E. Becquerel, et qu'il décrit dans son ouvrage; c'est celui de la reproduction des couleurs

par l'action même de la lumière. Ce sujet est traité dans la partie de l'ouvrage consacrée à la photographie, sur laquelle l'auteur s'étend avec assez de développements en exposant les phases successives par lesquelles a passé cette découverte, et en décrivant les divers procédés qu'on emploie pour en tirer les meilleurs résultats. Nous nous bornons à signaler, sans entrer dans aucun détail, les pages consacrées à ce sujet, qui est l'application des principes exposés ailleurs. Nous ne faisons exception que pour le point curieux de la reproduction photographique des couleurs.

C'est en employant le même sous-chlorure d'argent qui lui sert dans son actinomètre, que M. E. Becquerel est parvenu à obtenir des empreintes colorées. Parmi les manières de préparer ce sous-chlorure dont il a fait usage, la plus facile consiste à prendre du sulfate de cuivre du commerce et du chlorure de sodium; la dissolution s'en opère avec production d'une double réaction, et il se forme du bichlorure de cuivre; on mélange un volume de ce liquide avec un volume d'une dissolution saturée de sel marin et de six volumes d'eau. Il suffit alors de plonger une plaque d'argent ou de plaqué d'argent dans ce liquide, pour qu'elle prenne rapidement une teinte violette due à la présence d'une légère couche de chlorure d'argent, et qu'elle devienne impressionnable à l'action du spectre dont elle reproduit les nuances principales. Les lames d'argent employées doivent être d'une très-grande pureté et décapées avec soin.

Ce mode de préparation a seulement l'inconvénient de ne pas permettre d'augmenter à volonté l'épaisseur de la couche impressionnable; aussi M. E. Becquerel a-t-il préféré pour ses expériences délicates lui substituer un autre

procédé moins simple et moins facile, qui consiste à amener peu à peu à la surface des lames d'argent, au moyen d'un courant électrique, du chlore à l'état naissant qui attaque l'argent et donne la couche impressionnable. Le liquide dans lequel on plonge la lame en la faisant servir d'électrode positive, est de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique dans la proportion de huit litres d'eau pour un d'acide ordinaire ; on peut, en interposant un voltamètre dans le circuit, régler la quantité convenable de chlore qui doit être déposée sur la plaque d'argent. Il faut opérer entre les limites de 4 à 7 centimètres cubes de chlore par décimètre carré, suivant l'épaisseur de la couche dont on a besoin. Plus la couche est mince, plus la substance est impressionnable, mais aussi moins les nuances colorées sont belles. Pour avoir de bons effets, il faut préparer la lame dans l'obscurité et mettre environ 6<sup>cc</sup>,50 de chlore par décimètre carré de surface ; ce qui donne une couche mince violette du quatrième ordre des anneaux colorés.

En recevant sur une lame ainsi préparée, le spectre solaire, on voit d'abord s'impressionner les parties qui sont frappées par les rayons les plus lumineux, c'est-à-dire par la partie du spectre qui correspond au vert, au jaune, à l'orangé et au rouge ; elles prennent des teintes correspondantes à celles de ces rayons. En laissant continuer l'action, le bleu et le violet ne tardent pas à paraître, en même temps que les autres parties de l'impression prismatique prennent plus d'éclat. Au bout de plusieurs heures, si le spectre est peu intense, on a une très-belle reproduction du spectre lumineux avec toutes ses nuances ; le rouge seul entre *B*. et *A* est un peu trop sombre ; mais on doit remarquer qu'au commencement de l'im-

pression est très-rouge et de même nuance que celle du rouge même du spectre. Ce n'est que la prolongation de l'action nécessaire pour la reproduction des autres couleurs qui la fait foncer davantage. Une trop longue exposition de la plaque à l'action du spectre développe une teinte grise qui se montre d'abord dans le jaune et dans le vert, et qui gagne peu à peu les autres parties du spectre à mesure que l'action se continue, et l'on finit par avoir une impression d'une seule couleur provenant de la décomposition complète de la substance impressionnable dans toute l'étendue du spectre. C'est donc lors du passage d'un état à un autre de la matière impressionnable, que chaque rayon imprime sa couleur à cette matière, et lorsque la transformation chimique que les rayons provoquent est entièrement terminée, les couleurs ont disparu. Le courant électrique auquel donne naissance l'altération qu'éprouve, par l'action de la lumière, le sous-chlorure d'argent est toujours dirigé dans le même sens, quel que soit celui des rayons colorés qui agisse ; il en résulte qu'on ne peut admettre qu'il y ait autant de réactions chimiques différentes qu'il y a de couleurs dans le spectre. Il y a donc une seule et même transformation chimique de la matière impressionnable, qui est accompagnée d'une modification superficielle de cette matière, différente suivant la réfrangibilité des rayons actifs.

C'est aussi probablement à une modification dans l'état physique de la substance impressionnable qu'est dû l'effet d'une exposition préalable de la lame d'argent chlorurée à une température de 30 à 35° pendant plusieurs jours. Cette espèce de recuit a l'avantage d'arrêter toute impression au delà du violet et de diminuer la teinte foncée qui se produit au delà du rouge extrême. Elle per-

met aussi de conserver dans l'obscurité les lames qui l'ont éprouvée jusqu'au moment où l'on en a besoin pour obtenir une image du spectre solaire qui s'imprime très-bien avec toutes ses couleurs, surtout si la lame a été peu chauffée et que sa surface ait seulement une teinte bois, c'est-à-dire un peu rougeâtre.

On peut donc, ainsi que nous venons de l'indiquer, obtenir sur les lames des traces de coloration au delà du violet et une teinte amarante au delà du rouge, surtout si le recuit n'est pas suffisant. Mais on peut agir sur les rayons ultra-violetes par certains écrans transparents, tels qu'un écran liquide de bisulfate de quinine qui les absorbe, de sorte qu'un pareil écran mis sur la route d'un faisceau de rayons solaires avant sa réfraction arrête toute action à partir des rayons correspondants à *H*. L'action de cet écran est très-précieuse dans certains cas, pour la reproduction des images colorées de la chambre noire; en effet, grâce à l'absorption que ce liquide fait éprouver aux rayons ultra-violetes, la matière sensible n'est plus impressionnée qu'entre les mêmes limites de réfrangibilité que la rétine. On n'a pas jusqu'ici trouvé d'écran qui puisse enlever la portion du rayonnement située au delà du rouge; ce n'est qu'à l'aide du recuit qu'on peut diminuer beaucoup cette action et quelquefois la faire disparaître entièrement. Quant à l'effet de verres colorés placés sur la route de la lumière blanche, ils consistent en général, à peu d'exceptions près, en ce que les rayons qui les traversent produisent sur la lame une coloration semblable à la leur; mais seulement les impressions sont moins nettes et moins pures qu'avec les rayons du spectre solaire.

Sans m'arrêter aux détails que donne M. E. Becquerel sur les essais qu'il a faits pour la reproduction des

images colorées de la chambre noire, ainsi que des estampes coloriées, mais jusqu'ici assez peu satisfaisants au point de vue pratique, je signalerai un point important qui explique les difficultés que rencontre dans l'application sa belle découverte de la fixation des couleurs. C'est l'altération qu'éprouvent à la lumière les images photographiques solaires. On peut les conserver indéfiniment dans l'obscurité, mais à la lumière elles s'altèrent, le sous-chlorure d'argent continuant à l'impressionner suivant la couleur des rayons avec lesquels on l'éclaire. Tous les lavages et autres procédés essayés pour empêcher cette altération ont été jusqu'ici infructueux.

Si donc au point de vue pratique la reproduction des couleurs par l'action de la lumière laisse encore beaucoup à désirer, la découverte d'une substance jusqu'ici unique dans son genre qui a la faculté de reproduire les nuances des rayons lumineux actifs, et qui permet de *peindre avec la lumière*, présente par contre, au point de vue scientifique, un immense intérêt.

Jusqu'ici le sous-chlorure d'argent violet est le seul corps chimiquement impressionnable qui, véritable rétine minérale, jouisse de la propriété remarquable de reproduire les nuances des rayons lumineux actifs ; à quoi tient cette propriété, se demandera-t-on. Les rayons lumineux ne diffèrent entre eux, au point de vue physique et chimique, que par la longueur de leurs ondulations ; et la couleur n'est qu'un phénomène psychologique en rapport avec ces longueurs d'ondulation ; comment donc peut-il se faire que, en frappant le sous-chlorure d'argent violet, un rayon d'une certaine longueur d'ondulation, y laisse l'empreinte de la couleur qui correspond à cette longueur ? M. E. Becquerel croit qu'on peut expli-

quer cet effet en admettant que la substance sensible qui a été impressionnée par des ondulations lumineuses d'une certaine longueur, a acquis la faculté de vibrer plus facilement sous l'action des ondulations de cette même longueur. Il en résulterait que, lorsqu'un faisceau de lumière viendrait frapper une image produite par l'action de rayons de différentes couleurs, chaque partie de l'image vibrerait de préférence sous l'influence des rayons de même longueur d'onde que ceux qui ont agi pour la produire; et alors les rayons réfléchis par les divers points de cette image se trouveraient identiques à ceux qui lui ont donné naissance. Ce serait un phénomène analogue à celui qui se passe quand une réunion de sons vient frapper une corde tendue; on sait qu'il n'y a que les sons de même hauteur que celui que rendrait la corde, qui mettent celle-ci en vibration.

L'explication que nous venons de donner, en faisant considérer l'apparition de l'image colorée comme une espèce de phosphorescence, nous montre la liaison qui existe au fond entre l'influence chimique et l'influence phosphogénique de la lumière. Ce rapprochement ressortira d'une manière encore plus frappante de l'étude rapide que nous allons faire maintenant de la partie de l'ouvrage de M. E. Becquerel, qui se rapporte aux effets lumineux produits par la lumière.

### III.

La lumière produit de la chaleur, elle détermine des actions chimiques et enfin elle rend lumineux les corps qui ne le sont pas par eux-mêmes. Parmi les corps il en est qui ne sont lumineux que pendant que la lumière les frappe; il en est d'autres qui restent lumineux plus ou

moins longtemps après que la lumière a cessé de les frapper. Cette propriété constitue la phosphorescence; connue d'ancienne date, elle paraissait n'appartenir qu'à un nombre de corps très-limité, et en particulier à certains sulfures alcalino-terreux désignés sous les noms de phosphores de Canton et de phosphores de Bologne. Ces matières, qui sont des sulfures de calcium, de barium et de strontium, peuvent, après avoir été exposées à l'insolation, luire pendant plusieurs heures dans l'obscurité, mais en présentant des lueurs décroissant rapidement d'intensité dans les premiers instants, puis allant ensuite en s'affaiblissant plus lentement. Il n'est pas besoin de dire que la lueur est émise dans le vide comme dans les gaz, et que l'action n'est accompagnée d'aucun effet chimique; elle est donc le résultat d'une modification physique temporaire.

Le nombre des substances susceptibles de phosphorescence s'est graduellement accru; ce sont d'abord quelques minéraux et en particulier le diamant et la chaux fluatée, plusieurs autres composés à base de chaux, un grand nombre de composés de barium et de strontium, puis encore la magnésie, la soude, la potasse et quelques-unes de leurs combinaisons, etc. En général, l'état moléculaire et la présence de l'eau exercent une grande influence sur le pouvoir de phosphorescence de la plupart de ces corps, car, après avoir été fondus, ils perdent ce pouvoir. Les composés métalliques sont rarement phosphorescents; la plupart des matières organiques jouissent au contraire de cette propriété.

M. E. Becquerel entre dans beaucoup de détails sur la préparation des divers sulfures phosphorescents et sur les diverses circonstances qui influent sur la durée, l'in-

tensité et la couleur de la lumière qu'ils émettent, circonstances qui semblent dépendre uniquement de l'état moléculaire de ces composés. Nous ne nous y arrêterons pas, mais nous insisterons par contre sur l'un des points les plus importants du sujet, celui qui tient à la durée de la persistance de l'impression lumineuse sur les corps, et qui se rattache à l'une des plus brillantes découvertes de l'auteur.

Jusqu'à cette découverte on n'avait pu observer les phénomènes de phosphorescence que dans les cas très-particuliers où les corps présentent une persistance assez grande dans l'impression exercée sur eux par la lumière. En imaginant un appareil qu'il a nommé *phosphroscope*, M. E. Becquerel a pu constater que le phénomène de la phosphorescence est beaucoup plus général qu'on ne le pensait, et a réussi à préciser les conditions dans lesquelles il se produit.

Au moyen de cet appareil les corps sont vus par l'observateur après qu'ils ont été frappés par la lumière, de façon que le temps qui sépare le moment de l'observation de celui de l'action lumineuse est aussi court que l'on veut et peut être mesuré; les effets lumineux sont en même temps continus. Nous ne pouvons décrire ici cet appareil fondé sur la rotation rapide imprimée à deux disques portés sur le même axe et percés à leur circonférence d'ouvertures qui ne correspondent pas, mais disposées de façon que si par les ouvertures de l'un des disques de la lumière arrive sur un corps placé entre les deux, la lumière provenant de la phosphorescence de ce corps arrivera à l'œil par les ouvertures du second disque. L'appareil qui réalise cette disposition permet de voir les corps d'une manière continue après qu'ils ont reçu l'impression lumineuse, et cela

en vertu de la lumière qu'ils ont acquis la faculté d'émettre. Toute trace de lumière incidente est éliminée, même quand la durée de l'impression lumineuse n'est que de  $\frac{1}{5000}$  de seconde. Si le corps, au lieu d'être transparent est très-mince tout en étant opaque, il est indifférent qu'il soit vu par transparence du côté opposé à celui par lequel la lumière incidente vient le frapper; mais dans d'autres cas on dispose l'appareil de façon que le corps soit vu du côté même par lequel la lumière extérieure vient l'influencer.

L'emploi du phosphoroscope a montré qu'un très-grand nombre de corps peuvent devenir lumineux quand ils sont éclairés fortement par la lumière solaire ou électrique concentrée avec une lentille. Parmi les corps simples le soufre possède, comme le carbone à l'état de diamant, cette propriété d'une manière marquée; les métaux jusqu'ici n'ont présenté aucune trace de phosphorescence. Les bases alcalines et alcalino-terreuses, ainsi que la plupart de leurs combinaisons, sont les corps qui présentent les effets les plus prononcés; l'alumine surtout et ses composés sont dans ce cas. Par contre la silice ne manifeste aucune action, sauf dans les circonstances spéciales où ses composés laissent prédominer l'effet des bases qui se trouvent combinées avec elle.

M. E. Becquerel a fait un très-grand nombre de recherches intéressantes avec le phosphoroscope; nous ne pouvons les examiner toutes; nous n'insisterons que sur celles qui nous paraissent fondamentales.

L'emploi du phosphoroscope fait reconnaître qu'il existe une intensité maximum de la lumière émise par un corps pour une intensité lumineuse incidente déterminée. Cela tient à ce que le temps au bout duquel le corps placé

dans le phosphoroscope acquiert son effet maximum, dépend non-seulement de l'intensité de la lumière incidente, mais encore de la capacité que possède le corps lui-même de recevoir l'impression lumineuse, et de son pouvoir absorbant. Une fois qu'on a le moyen d'étudier ainsi l'action exercée par de la lumière sur un corps en arrivant à une vitesse telle que l'on observe le maximum d'effet, il est nécessaire d'examiner comment, avec la même substance, l'intensité de la lumière émise varie, alors que l'intensité de la lumière incidente change entre des limites déterminées. Or, un grand nombre d'expériences montrent qu'entre les limites de 1 à 100 pour la lumière solaire, l'intensité de la lumière émise par chaque substance en vertu de son action propre, est sensiblement proportionnelle à l'intensité de la lumière incidente. Ainsi avec l'alumine (rubis) le rapport des intensités lumineuses est de 16,4 ; avec le verre d'urane, il est de 16,9. Quant à l'intensité absolue de la lumière émise par diverses substances, on trouve qu'elle est lors du maximum d'action, c'est-à-dire au maximum de vitesse du phosphoroscope, de 138,75 pour le double phosphate d'urane et de chaux, étant 100 pour l'azotate d'urane, tandis qu'elle n'est que de 6 pour le sulfure de strontium, de 4,261 pour le sulfure de calcium, de 2,817 pour le sulfure de barium, de 0,184 pour le verre (crown), etc.

Un corps qui vient d'être exposé à l'influence de la lumière, s'il se trouve subitement placé dans l'obscurité, émet de la lumière pendant un temps plus ou moins long, suivant sa nature et son état physique ; son extinction peut avoir lieu après une fraction de seconde, comme on l'observe avec la plupart des corps placés dans le phosphoroscope, ou bien après plusieurs heures comme le

montrent les sulfures alcalino-terreux. Il est intéressant de savoir si la loi de l'extinction est la même pour tous les corps ou si elle ne varie pas avec l'intensité de la lumière active. Quand il s'agit de la vitesse de déperdition de la lumière émise par un corps phosphorescent dont l'émission est de courte durée, la loi de l'extinction lumineuse des corps est analogue à celle qui représente leur refroidissement quand ils sont réchauffés ; mais il n'en est plus de même quand les matières impressionnables présentent une persistance dans l'impression lumineuse pouvant durer plus d'une seconde ; et cela tient très-vraisemblablement à l'émission simultanée de rayons d'inégale durée.

Nous n'avons jusqu'ici à peu près rien dit sur la nature de la lumière qu'émettent les corps phosphorescents, ni sur l'influence qu'exerce dans la production de la phosphorescence le degré plus ou moins grand de réfrangibilité des rayons lumineux actifs. Ces deux points, qui sont traités avec détails dans l'ouvrage de M. E. Becquerel, méritent que nous nous y arrêtions quelques instants. Nous commencerons par nous occuper du second.

On peut s'assurer d'abord, en promenant un fragment d'un corps très-phosphorescent dans l'étendue d'un spectre très-concentré, qu'il n'y a aucun rapport entre la couleur des rayons actifs et celle de la lumière émise par le corps phosphorescent. On voit de plus que le fragment s'illumine dans les rayons les plus réfrangibles qui sont les plus actifs, et que là il y brille de sa couleur propre. Pour faire avec soin ce genre d'observations, il faut enduire une surface blanche d'une poudre phosphorescente et l'exposer pendant quelques instants à l'action du spectre. On observe après cette action que certaines par-

ties sont devenues lumineuses avec la nuance qui est propre à la substance phosphorescente ; les portions du spectre qui produisent cet effet varient un peu avec les substances, mais ne dépassent guère la raie F du bleu en remontant vers le rouge. On observe encore que, si avant d'exposer la surface susceptible de phosphorescence à l'action du spectre, on la rend phosphorescente par l'action de la lumière diffuse ou solaire, elle est restée lumineuse partout où elle l'était précédemment, sauf à l'endroit où elle a été frappée par les rayons les moins réfrangibles du spectre, mais que là elle est devenue complètement obscure. Par contre elle est devenue plus lumineuse dans celles de ses parties qui ont reçu les rayons les plus réfrangibles. Ainsi donc il y aurait dans la lumière blanche, non-seulement des rayons actifs et des rayons inactifs, mais ces derniers ne seraient pas seulement inactifs, ils auraient la propriété de détruire l'effet de phosphorescence produit par les autres. Il faut seulement prolonger l'action du spectre pendant plusieurs secondes pour que la partie de la surface phosphorescente frappée par les rayons les moins réfrangibles devienne obscure.

Indépendamment des deux genres d'effets que nous venons d'indiquer, il en est un troisième d'une nature toute spéciale, c'est celui désigné par M. Stokes sous le nom de fluorescence, et que M. E. Becquërel regarde comme n'étant qu'un cas particulier de phosphorescence. Il avait déjà observé que lorsque le spectre solaire frappe une substance telle que le sulfure de calcium phosphorescent, le papier sur lequel est déposé cette substance paraît lumineux, non-seulement de A en H, mais encore jusqu'en P, c'est-à-dire dans la partie obscure qui est au

delà du violet. M. Stokes, de son côté, avait observé cet effet avec des substances qui ne sont pas naturellement phosphorescentes, telles que le bisulfate de quinine, le verre d'urane, une dissolution alcoolique de chlorophylle. Pour bien étudier ce phénomène, il suffit de promener le long d'un spectre solaire suffisamment pur, pour qu'on puisse voir les différentes raies noires, un tube cylindrique plein d'une dissolution de sulfate acide de quinine ou bien d'une dissolution alcoolique de chlorophylle. Si l'on part du rouge extrême en marchant vers le violet, tant qu'on n'est pas arrivé tout près de l'extrémité la plus réfrangible du spectre, la lumière passe sans modification à travers le tube. Mais un peu avant d'atteindre l'extrême violet, on voit apparaître une lumière bleue avec le sulfate de quinine, et rouge avec la dissolution de chlorophylle. Cette lumière continue à briller quand le tube a dépassé les rayons violets et qu'il se trouve dans les rayons invisibles ultra-violets du spectre. Un grand nombre de substances, surtout organiques, peuvent aussi émettre une lumière d'une autre nature que celle des rayons du spectre qui les frappent. M. Stokes a observé que ces rayons ont toujours une longueur d'onde plus grande que celle des rayons qui les produisent, en d'autres termes que la lumière émise par le corps est toujours moins réfrangible que la lumière incidente.

M. Stokes avait attribué ces effets à une propriété nouvelle de la lumière qu'il avait nommée fluorescence, et qui consisterait en un changement dans la vitesse de vibration, et par conséquent dans la longueur d'ondulation, des rayons lumineux très-réfrangibles après qu'ils ont frappé la surface de certains corps.

M. E. Becquerel estime que ce sont seulement des

phénomènes de phosphorescence qui ne durent qu'un temps très-court, et analogues à ceux qu'il a observés avec le phosphoroscope. En effet, la plupart des corps qui, placés dans la partie ultra-violette du spectre, donnent naissance à la fluorescence, présentent une émission de lumière semblable dans le phosphoroscope quand on les voit après qu'ils ont reçu l'action de la lumière. Il n'y a que les dissolutions organiques qui ne paraissent pas visibles. Cela tiendrait-il à ce que dans les liquides la durée de la persistance des impressions lumineuses est bien plus petite que dans les solides. C'est possible; cependant c'est un point à éclaircir et quoiqu'il soit probable que le phénomène de la fluorescence puisse rentrer dans celui de la phosphorescence, la chose ne nous paraît pas encore complètement démontrée.

Une manière commode de répéter les expériences de phosphorescence que nous venons de décrire, consiste à faire passer les rayons solaires qui doivent produire le phénomène, à travers des écrans en verre colorés en bleu foncé par le cobalt, ou de teinte violette. Ces écrans laissent passer les rayons les plus réfrangibles qui sont les plus actifs, et comme ils arrêtent en même temps les rayons colorés les plus intenses, on peut percevoir les phénomènes lumineux qui se manifestent pendant l'action du rayonnement. Du reste, indépendamment de la lumière du soleil, bien des lumières artificielles peuvent produire les mêmes phénomènes. Sous ce rapport la lumière électrique est une des plus énergiques. En faisant passer à travers des tubes vides d'air remplis d'une matière phosphorescente, les décharges d'une machine électrique, et encore mieux celles d'un appareil d'induction, on obtient des effets de phosphorescence très-remarquables, dont

plusieurs persistent encore un certain temps après que les décharges ont cessé de passer.

Ce mode d'expérimentation est, comme l'emploi des rayons violets obtenus avec les écrans, éminemment propre à montrer l'action exercée par la lumière sur les corps dans lesquels la durée de la persistance de l'impression lumineuse ne subsiste que pendant un temps très-court, tels que le bisulfate de quinine, le verre d'urane, etc. Je transcris ici la liste des substances dont les effets lumineux sont les plus tranchés pour les expériences dont il s'agit, telle que la donne M. Becquerel.

*Corps liquides à courte persistance.*

Dissolution acide de sulfate de quinine.

Dissolution aqueuse d'esculine (écorce de marron).

Dissolution alcoolique de chlorophylle.

Les deux premières émettent une lumière bleue; la dernière une lumière rouge.

*Corps solides à courte persistance.*

Verre d'urane.

Azotate d'urane.

Platino-cyanure de potassium.

Papier enduit de bisulfate de quinine.

Les deux premiers émettent une lumière verte; les deux suivants une lumière bleue.

*Corps solides à longue persistance.*

Sulfure de barium. — Lumière orangée.

Sulfure de strontium. — Lumière verte.

Sulfure de calcium. — Lumière vert bleuâtre.

Il nous reste à nous occuper de la nature de la lumière émise par les corps, dont la phosphorescence a une durée plus ou moins longue. Pour cette étude, M. E. Becquerel a fait usage de son phosphroscope disposé de façon à pouvoir être éclairé seulement par des rayons d'une réfrangibilité déterminée, rayons qu'on obtient soit au moyen du passage de la lumière à travers un prisme, soit en transmettant un rayon solaire à travers un écran; ainsi un écran obtenu au moyen d'une dissolution de sulfate de cuivre ammoniacal ne laisse passer que la partie la plus réfrangible de la lumière. Parmi les substances soumises à l'expérience, nous ne citerons que celles qui présentent les résultats les plus remarquables. A la tête se trouve l'alumine et tous ses composés; l'alumine précipitée d'un sel d'aluminium, puis desséchée dans le vide pneumatique et par conséquent hydratée, donne une lumière verdâtre quelquefois assez faible; mais si elle a été calcinée pendant longtemps à une température élevée, elle devient anhydre et elle émet alors au phosphroscope une lumière rouge foncée très-belle et très-pure. Si l'alumine est fondue ou qu'elle soit cristallisée, les effets ne changent pas, mais sont plus faciles à observer, la matière étant transparente. Les pierres précieuses naturelles, aussi bien que les artificielles, telles que les coryndons blancs, les saphirs, les rubis, qui ont pour base l'alumine, sont toutes lumineuses avec une belle nuance rouge; ce qu'il y a de curieux, c'est que ces substances et par conséquent l'alumine sont impressionnées par toute la partie visible du spectre à partir du rouge extrême jusqu'au delà du violet, en donnant lieu à des rayons qui sont toujours sensiblement de la même nuance; mais le maximum d'intensité a lieu au commen-

cement du vert, là où se trouve le maximum de lumière du spectre. La composition de la lumière émise par l'alumine montre que le rouge y domine de beaucoup, et on y remarque les raies noires jusque dans les parties les moins lumineuses. Cette composition est exactement la même, quelle que soit la partie du spectre qui ait agi sur la substance, même quand c'est la partie ultra-violette. Elle diffère seulement légèrement quant à la distribution des parties obscures et claires, d'une des classes de composés d'alumine à une autre; ainsi, il y a quelques légères différences entre l'alumine proprement dite, le silicate d'alumine, l'aluminate de magnésie et la topaze.

Le carbone à l'état de diamant présente aussi un effet remarquable qui tient évidemment à la constitution moléculaire de ce corps, puisque le charbon ordinaire ne jouit pas des mêmes propriétés. La plupart des diamants naturels ou taillés, transportés dans une chambre obscure après avoir été exposés à l'action des rayons solaires, paraissent phosphorescents en émettant une lumière jaune plus ou moins vive, quoiqu'en général faible, mais assez persistante puisqu'elle peut durer plus d'une heure. Les diamants cependant diffèrent beaucoup entre eux quant à leur degré de phosphorescence. Ainsi placés dans le phosphoroscope et éclairés par les rayons solaires, ils deviennent presque tous lumineux avec une teinte jaune légèrement orangée; mais ceux qui ne sont pas très-phosphorescents conservent cette teinte jaune quelle que soit la vitesse du phosphoroscope, et même lorsque cette vitesse est telle que le temps qui sépare le moment où l'on voit le corps du moment où il est frappé par la lumière blanche, n'est que de un demi-millième de seconde. Il n'en est pas de même de ceux qui sont très-phos-

phorescents ; ceux-ci ne sont jaune-orangés que par une faible vitesse du phosphoroscope ; la lumière change avec la vitesse de rotation de façon à passer à une teinte bleue claire, en présentant des nuances violacées intermédiaires. Sans nous arrêter aux détails, remarquons que le diamant présente deux effets lumineux bien tranchés ; d'abord une lumière jaune-orangée plus ou moins vive, que l'on observe avec tous les échantillons essayés et qui semble tenir à la constitution moléculaire du corps ; en second lieu une lumière bleue dont l'intensité peut être très-vive, dont la persistance est variable, et qui est en général d'une durée ne dépassant pas  $\frac{1}{3}$ , ou  $\frac{1}{4}$  de seconde. Ce second effet est loin de se manifester avec tous les diamants, ce qui n'est pas le cas pour la lumière jaune ; aussi on peut croire qu'il dépend d'un état physique particulier qui n'est pas essentiel à la constitution du corps. L'analyse spectrale montre que ces effets lumineux ne résultent pas d'une émission de rayons simples, mais que les teintes jaunes et bleues sont des teintes composées par la réunion de rayons différemment réfringibles. On reconnaît encore, au moyen de l'analyse de la lumière émise, que lorsque la lumière bleue se produit, l'intensité lumineuse totale ne fait qu'augmenter et que la lumière jaune primitive existe toujours. Ces résultats montrent donc que des vibrations de vitesse différente n'ayant pas la même persistance peuvent exister simultanément dans le même corps sans se nuire. Enfin, remarquons qu'en éclairant divers diamants au phosphoroscope par les rayons différemment réfringibles du spectre, les limites des rayons actifs sont différentes pour chacun d'eux.

Les composés de calcium présentent des effets d'une intensité remarquable et la chaux semble donner à la plu-

part d'entre eux la faculté d'émettre de préférence des rayons jaunes et orangés. Parmi les résultats intéressants que présente leur étude, nous nous bornerons à signaler le fait exceptionnel présenté par l'arragonite qui donne de la lumière d'un bleu verdâtre sans trace de jaune et d'orangé; certains cristaux de spath d'Islande deviennent bleuâtres quand l'appareil s'arrête, mais après avoir émis de la lumière jaune-orangée; toutefois la plupart ne présentent que cette dernière teinte, tandis que l'arragonite présente exclusivement la teinte bleu-verdâtre.

Ainsi, tandis que l'alumine donne toujours la même couleur plus ou moins intense, la chaux même dans ceux de ses composés qui sont les mêmes, présente des nuances bien différentes. C'est une preuve que la propriété dont nous nous occupons ne tient pas uniquement à la nature chimique des corps, mais aussi à leur arrangement moléculaire. Il est possible, en particulier, que l'arragonite doive la différence qui existe entre elle et les autres échantillons de chaux carbonatée, à la température élevée qui a présidé, à ce qu'il paraît, à sa cristallisation.

La température peut, en effet, influencer d'une manière permanente sur l'aptitude des corps à devenir phosphorescents et sur l'intensité de leur phosphorescence; tel est le cas avec les composés d'alumine; ainsi, quoique les corindons limpides et incolores soient à peine lumineux, il suffit de les avoir portés à une température très-élevée pour augmenter leur activité lumineuse; mais la composition de la lumière reste toujours la même, quelle que soit son intensité.

L'action temporaire de la chaleur est toute différente: elle tend à diminuer et même à anéantir l'intensité de la lumière émise par les corps en vertu de leur action

propre après l'influence du rayonnement; elle modifie également la composition de la lumière émise, et ce changement peut être tel qu'une substance comme le sulfure de strontium lumineux, de bleue qu'elle est à la température ordinaire, elle peut passer par toutes les nuances prismatiques comprises entre le violet et l'orangé, et cela entre les limites de température de 20° à 150°.

Nous ne reviendrons pas sur l'influence que nous avons eu souvent l'occasion de signaler de l'état physique du corps, solide ou liquide, sur sa propriété phosphorescente; nous nous bornerons à rappeler qu'il résulte des nombreuses observations de M. E. Becquerel, que l'état liquide semble contraire aux conditions physiques qu'exige la manifestation du phénomène, et que les différentes dispositions moléculaires que peut présenter l'état solide, exercent une grande influence sur cette manifestation.

#### IV.

L'étude que nous venons de faire de l'ouvrage de M. Becquerel, en particulier l'analyse détaillée que nous avons donnée des deux parties, à notre avis, les plus originales de cet ouvrage, nous ont amené naturellement à considérer dans sa généralité le rôle que joue la lumière dans les phénomènes de la nature. Sans entrer dans tous les développements que mériterait ce sujet, nous croyons cependant pouvoir résumer en peu de mots les idées que nous a suggérées l'examen que nous venons de faire.

La lumière, ne l'oublions pas, est un mouvement, savoir un mouvement ondulatoire qui a lieu dans un milieu très-subtil, très-élastique, répandu dans tout l'univers et occupant dans les corps tous les intervalles que laissent entre elles les particules pondérables. Une expérience impor-

tante de M. Fizeau a montré que cet éther intermoléculaire se compose de deux parties, une qui est libre, et l'autre qui est intimement unie aux particules pondérables et qui forme probablement autour de chacune d'elles une atmosphère plus ou moins étendue et plus ou moins dense. Cette atmosphère d'éther qui est inséparable de la particule fait un tout avec elle et contribue autant que son poids à lui imprimer son caractère spécifique. Le mouvement ondulatoire qui se propage dans l'éther libre a son origine dans celui qu'imprime la particule à l'atmosphère d'éther qui l'entoure, et qui varie en intensité et en longueur d'onde avec la nature de cette particule. Ce même mouvement ondulatoire qu'éprouve l'éther libre peut aussi à son tour se communiquer à l'atmosphère de la particule et pénétrer jusqu'à elle. Voilà, ce me semble, l'idée la plus exacte qu'on puisse se former de ce mouvement que nous appelons *lumière* quand il agit sur l'organe de la vue pour y opérer la vision, mais qui existe indépendamment de la sensation qu'il détermine. Sa nature, du reste, est parfaitement connue, et on sait que les ondulations qui le constituent ont des longueurs variables entre certaines limites, et que, parmi ces ondulations il en est qui n'agissent pas sur l'œil; ce sont les plus longues et les plus courtes; les plus longues produisent seulement de la chaleur et les plus courtes des effets chimiques.

Ceci dit, ces ondulations qui se propagent dans l'éther produisent, quand elles rencontrent un corps pondérable, des effets de divers genres, chaleur, phosphorescence, action chimique. Produisent-elles aussi des effets simplement moléculaires, c'est-à-dire déterminent-elles chez les corps de simples changements dans l'arrangement de leurs molécules, sans en modifier la nature. C'est pro-

bable ; mais c'est un point qui mériterait, comme je l'ai déjà dit, d'être encore étudié avec soin.

Revenant aux trois genres d'actions que nous venons d'indiquer, nous remarquerons d'abord que ce sont en général les ondulations les plus longues qui produisent la chaleur, quelle que soit la nature du corps qui se trouve sur leur route. Il n'en est pas de même des effets de phosphorescence et des effets chimiques, et quoiqu'en général les ondulations les plus courtes soient les plus actives dans la production de ces effets, cependant il y a de nombreuses exceptions, et suivant la nature du corps exposé à leur action, ce peut être tantôt des ondulations d'une certaine longueur, tantôt des ondulations d'une autre longueur, qui produisent le maximum d'effet. Il est même toute une classe de phénomènes chimiques, ceux de la végétation proprement dite pour lesquels les rayons les plus efficaces sont les rayons dont les ondulations sont d'une longueur moyenne et qui correspondent à la partie la plus lumineuse du spectre. Ce fait établit d'une manière remarquable l'analogie qui existe à cet égard entre les divers effets physiologiques, puisque ce sont les rayons les plus actifs dans l'acte de la vision, qui agissent aussi le plus fortement dans l'acte de la végétation.

On peut se demander maintenant en quoi consistent ces divers genres d'actions de la lumière ; ils ne peuvent être évidemment que le résultat d'une communication ou transformation de mouvement. De même qu'une ondulation sonore qui se propage dans l'air en arrivant sur un corps solide le fait vibrer, c'est-à-dire met ses molécules en mouvement, de même l'ondulation lumineuse, quand elle rencontre des molécules pondérables, communique à ces molécules ou à l'atmosphère d'éther qui les enveloppe,

tout ou partie de son mouvement qui se transforme en chaleur, en phosphorescence ou en action chimique, peut-être aussi en quelque autre mouvement moléculaire que nous ne pouvons percevoir, comme lorsqu'il y a absorption de lumière sans manifestation d'aucun effet sensible.

L'effet le plus général est, avons-nous dit, l'effet calorifique, car il est plus ou moins indépendant de la nature du corps, et ce sont les ondulations les plus longues qui produisent le maximum d'effet dans la plupart des cas. Or, comme la chaleur n'est que le résultat d'un mouvement particulier, imprimé aux particules du corps, il faut conclure que parmi toutes les ondulations que détermine dans l'éther une source lumineuse telle que le soleil, les plus longues sont celles qui, en rencontrant des particules pondérables, leur impriment de la manière la plus énergique le mouvement qui constitue la chaleur. Il est probable que ce mouvement leur est imprimé par l'intermédiaire de l'atmosphère d'éther qui les entoure et qui reçoit les ondulations venant du dehors, comme à son tour le mouvement des particules se transmet à cette même atmosphère, pour de là se propager dans l'éther ambiant et libre, sous forme de chaleur rayonnante. Lorsqu'il s'agit du mouvement qui détermine la phosphorescence, nous pouvons dire que les ondulations de l'éther, en rencontrant les particules pondérables de la surface d'un corps, leur donnent la propriété de provoquer dans l'éther ambiant des ondulations analogues, toujours probablement par l'intermédiaire de leur propre atmosphère d'éther ; seulement les ondulations engendrées sont toujours plus longues que les ondulations génératrices, ou tout au plus sont-elles de la même longueur, ce qui est

très-rare. Mais ce qui est caractéristique, c'est que la longueur d'ondulation nécessaire pour provoquer dans un corps des ondulations lumineuses varie avec la nature de ce corps. Il y a plus : il existe un grand nombre de cas dans lesquels, lorsque des ondulations d'une certaine longueur ont rendu un corps phosphorescent, des ondulations plus longues, en arrivant sur ce corps, détruisent l'effet des plus courtes. Ainsi donc le mouvement imprimé par les dernières, loin d'être semblable à celui imprimé par les premières, lui est contraire, mais comme ces deux mouvements se neutralisent, il faut qu'ils soient de même nature, et comme il ne peut y avoir destruction, mais seulement transformation de mouvement, il est probable que c'est de la chaleur qui résulte de ce conflit.

L'action chimique de la lumière qui se manifeste tantôt sous forme de combinaisons, tantôt sous celle de décompositions, très-distincte de celle de la chaleur, quoiqu'il y ait sous ce dernier rapport quelque analogie entre les deux genres d'actions, me paraît très-importante à étudier au point de vue de la théorie de l'affinité. Elle montre que dans l'explication de l'affinité il faut tenir compte de l'état et du mouvement de l'éther qui entoure les particules, mouvement et état qui peuvent être modifiés par un grand nombre de causes, non-seulement par la lumière, mais aussi par la chaleur, par l'électricité, qui ne sont elles-mêmes aussi que des mouvements particuliers de l'éther.

On peut se représenter en effet que, quand les particules<sup>1</sup> dissemblables sont très-rapprochées, leurs atmosphères d'éther étant douées de mouvements d'une nature

<sup>1</sup> J'emploie ici le mot *particule* dans le sens qu'on donne, en général, au mot *atome*, et je désigne par *molécule* le groupement de deux ou plusieurs particules.

très-différente, ces mouvements peuvent se combiner de manière à faciliter un rapprochement plus intime entre elles, et produire ainsi la combinaison chimique; tandis que ces mouvements étant identiques dans des particules semblables, leur rapprochement ne peut dépasser une certaine limite à cause de la répulsion qui résulte de l'action mutuelle de leurs atmosphères. Une fois que les deux particules dissemblables se sont combinées de manière à faire une molécule composée, celle-ci, au lieu d'exercer sur l'éther une double action, n'en exerce plus qu'une seule qui est la résultante des deux actions individuelles que les deux particules exerçaient chacune séparément avant la combinaison. C'est là ce qui établit la grande différence entre la simple attraction moléculaire et la combinaison chimique, différence qui se manifeste par le fait que dans le premier cas les particules gardent leur caractère particulier (couleurs, apparences, etc.), tandis que dans le second elles en revêtent un nouveau commun qui n'est ni celui de l'une, ni celui de l'autre. Du reste, la formation de cette résultante qui constitue l'acte de la combinaison chimique est nécessairement accompagnée d'une perturbation momentanée dans l'état de l'éther, perturbation qui se manifeste sous forme de chaleur, de lumière et d'électricité; mais une fois formée, la molécule composée agit sur l'éther exactement de la même manière que la particule simple, seulement avec plus ou moins d'énergie, et en y excitant des ondulations plus ou moins longues que celles auxquelles donnaient naissance les particules élémentaires avant l'acte de la combinaison.

On comprend, par contre, que tout mouvement de l'éther libre qui, sous forme de lumière, de chaleur ou d'action chimique, viendra atteindre une molécule composée,

pourra apporter à son tour une perturbation dans l'action que cette molécule exerçait sur l'éther, et en reconstituant les molécules élémentaires avec leurs atmosphères d'éther, amener leur séparation les unes des autres, c'est-à-dire la décomposition chimique de la molécule composée.

Cette manière d'envisager l'action chimique, en y faisant intervenir l'action de l'éther, me paraît plus satisfaisante que celle qui n'y voit qu'un effet de l'attraction moléculaire. Que cette attraction y joue un rôle, c'est évident; mais à elle seule elle ne peut expliquer la grande différence que présentent ses effets, suivant qu'elle s'exerce entre particules semblables ou entre particules dissemblables.

En résumé, les phénomènes physiques et chimiques dépendent, non-seulement des mouvements des particules pondérables, mais surtout et encore plus des mouvements de l'éther qui les entoure, et qui sont eux-mêmes intimement liés avec la nature de ces particules, tout en pouvant être modifiés par ceux de ces mouvements qui constituent la lumière, la chaleur et l'électricité; ils peuvent même l'être par le simple rapprochement de molécules hétérogènes, rapprochement qui, en altérant l'état de leurs atmosphères respectives d'éther, produit et l'action chimique et l'électricité dite de contact qui la précède immédiatement. Quant à ces manifestations des mouvements de l'éther, soit isolés comme dans la lumière et la chaleur rayonnante, soit combinés avec ceux de la matière pondérable, comme dans la chaleur intérieure des corps, dans l'électricité, et dans les actions chimiques, ce serait une grande erreur que d'essayer, ainsi qu'on ne l'a fait que trop souvent, de les subordonner les uns aux autres comme causes ou effets; on est bien plus dans le vrai en les considérant comme dépendant également d'une cause géné-

rale commune à toutes, ce qui établit entre elles un lien nécessaire tout en leur laissant leur caractère spécial.

La conclusion qui découle naturellement de ce qui précède, c'est que, pour pénétrer plus intimement dans la connaissance des phénomènes chimiques et physiques, il faut étudier expérimentalement, plus complètement encore qu'on ne l'a fait, le rôle que jouent les mouvements de l'éther dans les phénomènes que présente la matière pondérable. Mais comme c'est surtout dans la lumière que nous pouvons saisir les mouvements de l'éther dans leur forme la plus simple et la mieux connue, c'est dans l'étude de l'action chimique de la lumière, dans celle de l'influence qu'exerce sur sa réfraction, sa dispersion et sa polarisation rotatoire, soit naturelle, soit magnétique, la nature des substances placées sur sa route, qu'on pourra arriver à déterminer mieux que par tout autre moyen, les rapports qui existent entre l'éther et la matière pondérable. Une fois ces rapports établis, il deviendra plus facile de se rendre compte des phénomènes fondamentaux de la physique et de la chimie dont les causes, quoique nous puissions les entrevoir, ne nous apparaissent encore, il faut le reconnaître, que d'une manière bien confuse <sup>1</sup>.

A. DE LA RIVE.

---

<sup>1</sup> A peine l'impression de cet article était-elle achevée que je recevais de M. Tyndall une notice du plus grand intérêt relative à l'action chimique de la lumière sur quelques substances gazeuses composées ; c'est déjà une réponse anticipée au vœu que j'exprime en terminant. On trouvera cette notice plus loin, p. 317. A. D. L. R.

# L'ESPAGNE SCIENTIFIQUE

PAR

**Ed. MAILLY**

Docteur ès sciences, etc.

ANUARIO DEL REAL OBSERVATORIO DE MADRID, anno VIII, 1868.—  
OBSERVACIONES METEOROLOGICAS, etc., 2 vol. Madrid, 1867.

---

J'ai eu déjà l'occasion de parler à plusieurs reprises, dans la partie scientifique de la *Bibliothèque universelle*, de notices fort instructives et intéressantes, insérées par M. Mailly, le plus ancien des astronomes-adjoints de l'observatoire de Bruxelles, dans l'*Annuaire* de cet observatoire, que publie depuis 35 ans son directeur, M. Adolphe Quetelet. M. Mailly y a passé successivement en revue les établissements scientifiques et les observatoires du Midi de l'Italie, des Etats-Unis d'Amérique, de la Grande-Bretagne et de l'Irlande. C'est dans l'*Annuaire* de cette année qu'a paru son mémoire relatif à l'Espagne; il y occupe 110 pages de format in-18, et l'auteur ne l'a rédigé qu'après avoir visité ce pays en 1865. Sa Notice offre d'autant plus d'intérêt, que les travaux scientifiques espagnols sont, en général, peu connus dans le reste de l'Europe, et ne sont souvent pas suffisamment appréciés. Je vais en faire une légère analyse, en y joignant, d'après diverses publications espagnoles que nous avons reçues récemment, quelques détails de plus, soit sur l'observa-

toire de Madrid, soit sur les observations météorologiques qui se font actuellement en un grand nombre de stations de ce royaume.

M. Mailly a d'abord esquissé rapidement l'histoire des sciences en Espagne à l'époque des Arabes, puis à celles d'Alphonse X, d'Isabelle la catholique et du seizième siècle. L'époque d'Alphonse, au treizième siècle, a été remarquable par le zèle de ce roi de Castille pour l'astronomie. Il conçut l'idée et dirigea l'exécution des *Tables* qui portent son nom. Son *Code du savoir astronomique* a été publié de 1863 à 1866, en 4 volumes in-folio, par Don Manuel Rico y Sinobas, par ordre de la reine Isabelle II, comme un monument à la mémoire d'Alphonse et de l'antique académie de Tolède. Dans le seizième siècle, l'empereur Charles-Quint protégea les sciences en Espagne. L'université de Salamanque fut la première dans laquelle on adopta l'ouvrage de Copernic comme texte pour les leçons publiques, et elle fut consultée par le pape Grégoire XVI, lors de sa réforme du calendrier.

Notre auteur parle ensuite des travaux du père Zargoza au dix-septième siècle, de ceux des officiers de marine Don Jorge Juan et Don Antonio de Ulloa, qui se joignirent, en 1735, aux académiciens français pour la mesure d'un arc de méridien terrestre sous l'équateur. Ce fut par l'entremise du premier de ces savants, et par les soins de Godin, qu'un observatoire fut construit à Cadix en 1753. Varela et Tofino y ont fait des observations, dont il y a eu deux volumes in-4° publiés en 1776 et 1777. Le ministre Salazar fit bâtir, en 1797, à San Fernando, près de Cadix, un autre observatoire monumental, destiné spécialement à la marine, et dont le directeur de-

vait publier un Almanach nautique. C'est Don Sanchez Cerquero qui, depuis sa nomination en 1825, y a déployé le plus d'activité. Une lunette méridienne de 10 pieds de longueur focale et un cercle-mural de 6 pieds de diamètre, de l'artiste anglais Jones, y ont été établis en 1833 et 1835. Des observations ont été publiées peu après, et l'Almanach nautique a été perfectionné. Montojo a succédé à Cerquero, en 1850, et a organisé à l'observatoire de San Fernando un système d'observations météorologiques. Don Francisco Marquez, qui dirige cet établissement depuis 1855, a publié, entre autres, divers travaux de révision des tables employées dans le calcul de l'Almanach nautique. Un cercle-méridien et un grand équatorial ont été commandés en Angleterre pour cet observatoire.

Don Jorge Juan avait aussi suggéré au roi Charles III l'idée d'établir un observatoire à Madrid, mais ce ne fut que sous Charles IV que l'architecte Villanueva en termina le plan, et fit choix d'un emplacement dans le jardin royal du Buen Retiro. On mit la main à l'œuvre en 1790, mais les travaux se poursuivirent lentement. Un télescope à réflexion d'Herschel, de 25 pieds de longueur focale et de 2 pieds de diamètre, commandé par Mendoza y Rios, arriva à Madrid en 1802, et fut placé, sous un dome tournant, dans le voisinage de l'observatoire; mais il fut détruit, quelques années plus tard, par les troupes françaises, ainsi que d'autres instruments. Il y a eu dès lors, après la rentrée des Bourbons en Espagne, divers essais en faveur de l'observatoire de Madrid: mais ce n'est qu'en 1846, sur le rapport du directeur de l'instruction publique Don Antonio de Zarate, que le ministre Pidal a pris

des mesures efficaces pour restaurer et achever cet établissement. L'architecte Colomer a terminé l'édifice, dont la première pierre avait été posée plus d'un demi-siècle auparavant. Il est de style grec et a un aspect fort élégant, d'après la représentation en miniature qui en est donnée sur la couverture de l'*Annuaire*. Il a coûté en tout près de 610,000 francs, d'après M. Mailly.

Le directeur actuel de l'observatoire de Madrid est Don Antonio Aguilar y Vela, qui était auparavant professeur de mathématiques à l'université de Santiago. Il est aussi, maintenant, professeur à celle de Madrid et secrétaire de l'Académie des sciences de cette ville. C'est en 1851 qu'il a été attaché comme astronome à l'observatoire, et il a actuellement sous sa direction, un premier astronome, deux adjoints et un aide. L'établissement est sous l'inspection d'un commissaire royal, auquel le directeur doit adresser de temps en temps des rapports analogues, pour le plan et les détails, à ceux de l'astronome royal de Greenwich. J'ai sous les yeux celui de M. Aguilar, en date du 31 janvier 1867, qui occupe 72 pages in-12 de l'*Annuaire* de cet observatoire pour 1868.

Les principaux instruments de l'observatoire de Madrid sont: 1° Un cercle-méridien de Repsold, muni de deux cercles verticaux d'un mètre de diamètre. La lunette a 15 centimètres, soit 5  $\frac{1}{2}$ , pouces d'ouverture et environ 2 mètres de distance focale. Les lectures se font à l'aide de 4 microscopes micrométriques. L'éclairage des fils du réticule peut s'y effectuer soit dans un champ éclairé, soit dans un champ obscur. L'instrument est pourvu de tous les accessoires requis pour son usage et sa rectification, tels que: niveau collimateur horizontal,

bain de mercure, appareil de retournement, etc. Il a été établi en août 1854. 2° Un équatorial de Merz, dont l'objectif a 27 centimètres, soit 10 pouces d'ouverture, et 5<sup>m</sup>,42 de distance focale. Le cercle horaire y a 38 centimètres de diamètre et le cercle de déclinaison 58. La lunette est pourvue de 18 oculaires de forces diverses, et de plusieurs micromètres. Cet instrument est arrivé à Madrid en février 1858, et un nouvel édifice, muni d'un dome tournant, a été construit pour son usage.

L'observatoire possède, depuis 1854, une pendule de Dent, réglée sur le temps sidéral; et il a été successivement pourvu de divers instruments portatifs d'astronomie et de géodésie, ainsi que d'un assortiment complet d'appareils météorologiques.

Les observations régulières avec le cercle-méridien ont commencé en janvier 1855; elles ont été poursuivies dès lors, au nombre de trois à cinq mille par an, tant pour la détermination de l'ascension droite des astres que pour celle de leur déclinaison. On a commencé la réduction de ces observations, mais de fréquentes variations dans le personnel des employés de l'observatoire, et leur petit nombre actuel, joint à l'accumulation de leurs charges, ont nui à ce travail, ainsi qu'à un usage habituel du grand équatorial et à la publication des observations. M. Mailly dit avoir rapporté d'Espagne, en 1865, des planches qui doivent figurer dans le premier volume d'*Annales* de cet observatoire, et qui contiennent le plan du terrain et des édifices dont il se compose, ainsi que les dessins détaillés de ses principaux instruments.

Le gouvernement espagnol, sur la demande de l'académie des sciences de Madrid, a pris, en 1860, toutes les

mesures nécessaires pour faciliter aux astronomes du pays et de l'étranger l'observation de l'éclipse totale de soleil du 18 juillet de cette année-là, visible dans une zone étendue de la péninsule Ibérique. M. Aguilar a fait cette observation, avec le P. Secchi, au Desierto de las Palmas; M. le professeur Plantamour de Genève l'a faite à Castellon de la Plana, avec plusieurs astronomes allemands. MM. de Aranda et Novella et M. Le Verrier l'ont faite à Tarazona en Aragon, avec mon neveu M. Emile Gautier<sup>1</sup>. Une autre expédition relative à cette éclipse, dirigée par M. Marquez, a eu lieu au Cap d'Oropesa, et les résultats obtenus par les astronomes espagnols doivent être actuellement publiés.

M. Aguilar a été chargé, depuis 1857, de la direction de la partie astronomique des opérations ayant pour but la construction d'une grande carte topographique de l'Espagne. La différence de longitude entre les observatoires de Madrid et de San Fernando a été déterminée télégraphiquement en juin 1860, et la position géographique d'un grand nombre de points importants du pays a été obtenue successivement. En 1863, on a lié télégraphiquement l'observatoire de Madrid à celui de Paris, en prenant Biarritz pour station intermédiaire, et M. Le Verrier a publié dans les Annales de ce dernier observatoire les résultats de l'opération.

Un Annuaire astronomique et géographique de l'observatoire royal de Madrid, un peu analogue à ceux de Paris et de Bruxelles, a commencé à paraître en 1860,

<sup>1</sup> Voyez les Notices sur cette observation, publiées par MM. Plantamour et E. Gautier, en 1860, avec planches, dans les tomes VIII et IX des *Archives*.

par les soins de M. Aguilar et de ses adjoints. Celui pour l'année 1868 comprend, en 458 pages de format in-12, des éléments assez étendus sur notre système solaire, des tables de mesures et de monnaies, une description sommaire du globe terrestre, des notices géographiques sur l'Espagne, le rapport du directeur cité plus haut, et un mémoire de 143 pages sur les météores aqueux par Don Miguel Merino, premier astronome.

Un système d'observations météorologiques a été commencé à Madrid en 1854, sous la direction de Don Manuel Rico y Sinobas, et il a été poursuivi sous celle de M. Aguilar, à partir de 1859. Sur le rapport de la commission de statistique, un décret royal du 5 mars 1860 a établi, en divers points de l'Espagne, 22 stations d'observations de la température, de la pression atmosphérique, de l'état hygrométrique de l'air, de la direction et de la force du vent, de la pluie, de l'état du ciel, etc. Ces observations y ont été continuées dès lors, et j'ai annoncé plus haut la publication faite par M. Aguilar, en 1867, de deux volumes de format in-12, contenant ces observations et leurs résultats, pour l'année météorologique comprise entre les mois de décembre 1865 et de novembre 1866.

L'un de ces volumes renferme, en 175 pages, les observations faites à Madrid et les calculs qui y sont relatifs. Ces observations sont rapportées en détail, jour par jour, de 3 en 3 heures, à l'exception de celles de 3 heures du matin qui n'ont pas été faites. On y trouve les valeurs moyennes de chaque élément météorologique, calculées par jour, par décades, par mois et par année; et de plus les valeurs *maxima* et *minima*, des observations occasion-

nelles de l'irradiation solaire et terrestre et de la température de l'intérieur de la terre à cinq profondeurs différentes, comprises entre six dixièmes de mètre et 3<sup>m</sup>,7; ainsi que des remarques spéciales pour chaque mois. Un résumé annuel très-étendu renferme aussi les moyennes horaires pour chaque saison, calculées d'après des formules d'interpolation, ainsi que les variations des divers éléments, leur corrélation entre eux et le calcul des moyennes mensuelles, d'après diverses combinaisons d'observations. On y voit encore tracées, en plusieurs feuilles, les courbes représentant la marche moyenne diurne des divers éléments météorologiques dans chaque saison et dans l'année. Les calculs ont été faits, soit par M. Merino, soit par deux astronomes auxiliaires, Don José Bonet et Don Edouard Pardo.

Le second de ces volumes contient, en 360 pages, des résumés des observations météorologiques faites dans la même année (Déc. 1865 — Nov. 1866) en 25 stations d'Espagne et de Portugal. On y trouve les moyennes de chaque décade de l'année pour le baromètre, le thermomètre et le psychromètre en chaque station, ainsi que pour les oscillations moyennes et extrêmes de ces éléments, pour leurs valeurs *maxima* et *minima*, pour l'état général de l'atmosphère, la quantité et le nombre des jours de pluie, la direction et la force approximative du vent. Les valeurs moyennes et extrêmes de ces divers éléments, dans chacune des quatre saisons et pour l'année entière, y sont données aussi, de même que les moyennes de mois, de saisons et d'année pour chaque station considérée à part, et la comparaison entre elles des variations mensuelles des divers éléments.

Je me bornerai à rapporter ici la partie du tableau final du volume relative aux températures et aux quantités d'eau tombée, dans l'année dont il s'agit, en chaque station; et j'y ajouterai, d'après un autre tableau, leurs latitudes et leurs altitudes. Plusieurs de ces dernières, n'étant encore qu'approximatives, sont suivies d'un point de doute. Les stations sont ordonnées suivant la région à laquelle elles appartiennent. Celles de Portugal sont Oporto et Coimbre. Il y en a deux en Espagne, la Corogne et Jaen, qui ne se trouvent pas dans le tableau, parce que les observations n'y ont pas été complètes. Il y aura probablement aussi des observations ultérieures à Tarifa, dans le détroit de Gibraltar, et dans une station des îles Canaries.

On remarque, dans un des tableaux de ce volume, que le nombre des jours de neige a été assez grand dans quelques stations. Il y en a eu un seul à Palma, chef-lieu des îles Baléares, deux à Villa Viciosa et à Grenade, trois à Bilbao et à Santiago, quatre à Madrid et à Ciudad-Réal, neuf à Salamanque, douze à Valladolid, dix-huit à Léon, trente-un à Soria et trente-cinq à Burgos. Les autres stations n'en ont point eu.

Les températures extrêmes les plus élevées ont été, cette année-là, de 46° centigrades à Badajoz, le 15 juillet, et de 45°,4 à Séville, le 16 août. Les plus basses ont été de —13° à Huesca, le 22 décembre 1865, et de —12° à Salamanque, le 23 décembre. Les extrêmes à Madrid ont été de —4°,6 le 23 décembre et de 38°,4 le 29 juillet. Le tableau suivant fait voir que ce sont les stations situées près des bords de la mer Méditerranée où la température moyenne annuelle est le plus élevée : tandis que

Burgos, Léon, Valladolid, Huesca, Soria, Salamanque, Santiago, Oviédo, et même Madrid, n'ont guère dépassé en fait de température annuelle, celle de quelques-unes de nos stations météorologiques du midi de la Suisse. On y voit aussi, qu'en Espagne comme en Suisse, les quantités de pluie sont très-différentes suivant les localités. Ainsi, tandis que dans l'année dont nous nous occupons, il n'est tombé que 293,3 millimètres d'eau à Salamanque; 324,6 à Murcie; 342,3 à Badajoz; 342,6 à Saragosse, etc., il en est tombé 1986 à Santiago; 1458,6 à Oporto et 1261 à Bilbao. Il n'y a eu à Alicante que 46 jours pluvieux dans l'année, tandis qu'il y en a eu 207 à Santiago.

M. Aguilar a fait précéder ce second volume, qui a paru quelques mois après l'autre, d'une introduction dans laquelle il décrit les stations, les instruments et la série de tableaux qui composent le volume, et donne la liste de tous les observateurs; ce sont, en général, des professeurs de mathématiques, de physique, de chimie ou d'histoire naturelle, soit dans les universités, soit dans divers instituts. La formation des tableaux est due aux seconds astronomes de l'observatoire, Don C. Aguilar et Don E. Jimenez. La direction suprême de ces observations dépend, maintenant, du ministère royal *del Fomento*.

Tableau des moyennes annuelles de la température et de l'eau tombée, observées en diverses stations de la Péninsule Ibérique, de décembre 1865 à novembre 1866.

Noms des stations.	Latitudes des stations en degrés et minutes.	Altitudes des stations en mètres.	Température moyenne annuelle en degrés centigrades.	Amplitude annuelle d'excursion de la température.	Eau de pluie et de neige en millimètres,	Nombre de jours pluvieux dans l'année.
Bilbao . . . .	43° 15'	10 <sup>m</sup> ?	15,2	40,8	1261 <sup>mm</sup>	165 jours
Oviédo . . . .	43. 23.	219	12,9	31,7	930	156 .
Santiago. . .	42. 53.	270	12,7	32,1	1986	207 .
Oporto . . . .	41. 9.	85	15,7	32,8	1458,6	113 .
Coimbre . . .	40. 14.	141	15,5	36,5	892,8	147 .
Salamanque	40. 58.	780 ?	11,7	48,2	293,3	83 .
Valladolid. .	41. 39.	730 ?	11,4	48,0	382,2	114 .
Léon . . . . .	42. 36.	850	10,5	45,0	543,9	75 .
Burgos. . . .	42. 20.	859 ?	10,4	44,0	797,8	111 .
Soria . . . . .	41. 44.	1058 ?	11,6	42,7	867,0	98 .
Saragosse <sup>1</sup> .	41. 39.	184 ?	11,6	46,0	342,6	76 .
Huesca . . . .	42. 7.	450 ?	11,6	49,0	746,2	90 .
Balaguer . . .	41. 48.	230	14,7	40,2	582,7	37 .
Barcelone. . .	41. 22.	15	17,2	26,4	616,7	68 .
Palma <sup>2</sup> . . . .	39. 33.	6	18,4	33,4	381,8	68 .
Valence . . . .	38. 28.	18	17,3	36,5	357,6	52 .
Alicante . . . .	38. 21.	28	18,2	41,2	388,3	46 .
Murcie . . . .	37. 59.	43	18,0	40,3	324,6	70 .
Albacète. . . .	39. 0.	700	13,4	43,0	425,3	67 .
Ciudad-Real	38. 59.	650	14,9	48,2	376,3	76 .
Villaviciosa.	40. 21.	685	14,8	41,7	603,2	67 .
Madrid . . . .	40. 24.	655	13,1	43,0	503,3	100 .
Badajoz . . . .	38. 54.	155	16,6	51,0	342,3	68 .
Séville . . . .	37. 23.	90	19,1	45,8	354,6	81 .
Grenade . . . .	37. 11.	686	15,1	40,7	552,9	76 .

<sup>1</sup> Les observations de la température en décembre 1865 ont manqué à Saragosse. On y a observé, cependant, un *minimum* annuel de  $-5^{\circ},7$  le 25 décembre, lequel avec le *maximum* de  $40^{\circ},3$  observé le 12 juillet, a donné lieu à l'amplitude annuelle totale d'excursion thermométrique de  $46^{\circ}$ . Les températures moyennes du printemps, de l'été et de l'automne y ont été respectivement de  $14^{\circ},5$ ;  $23^{\circ},6$  et  $16^{\circ},1$ .

<sup>2</sup> Ile de Majorque.

Après m'être un peu étendu sur le réseau météorologique espagnol actuel, je dois dire encore quelques mots sur le mémoire de M. Mailly, pour en donner un aperçu plus complet.

Le paragraphe XI de son mémoire est relatif aux astronomes espagnols du dix-huitième siècle. Outre ceux que j'ai déjà cités, il parle entre autres des Tables de Mendoza y Rios à l'usage de la marine, des calculs de Ferrer sur le passage de Vénus de 1769 et de ses déterminations de positions géographiques. Il mentionne encore la part que Don José Rodriguez et Don José Chaix ont prise aux opérations géodésiques exécutées sur le littoral de l'Espagne par Biot et Arago.

M. Mailly consacre trois paragraphes aux académies en Espagne, et il expose, entre autres, l'organisation de l'Académie royale des sciences, fondée à Madrid en 1847, et les services qu'elle a déjà rendus par ses travaux et ses propositions au gouvernement. Il passe ensuite aux universités d'Espagne et traite ce sujet fort en détail dans 14 paragraphes. Je me bornerai à dire d'après lui, qu'à une époque déjà ancienne le nombre de ces universités s'élevait à près de 40. Il n'en restait que 23 au commencement du siècle actuel. La réforme générale de l'instruction publique qui a été effectuée en 1845, a donné lieu à l'organisation sur un grand pied de l'université de Madrid, et au maintien plus ou moins complet de neuf autres. Le nombre total des étudiants qui les ont fréquentées pendant l'année scolaire 1860 à 1861 a été de 8611. Sur ce nombre, Madrid en a compté 3689, Barcelone 1492, Séville 719, Santiago 618, Valladolid 559, Valence 469, Grenade 424, Saragosse 312, Salamanque 218 et Oviédo 111.

Les quatre derniers paragraphes du mémoire de M. Mailly sont relatifs à la statistique, qui a été organisée en Espagne par une suite d'arrêtés royaux publiés de 1856 à 1861. La *Junta générale de statistique* a été subdivisée en plusieurs sections. Celle de géographie s'est occupée de la direction d'opérations géodésiques, topographiques et cadastrales, ainsi que de travaux géologiques, hydrauliques et forestiers. Celle de statistique a dirigé des opérations de recensement. La Junta publie un *Annuaire* de statistique, subdivisé en parties morale, intellectuelle, industrielle et administrative, relatives à l'Espagne et à ses colonies.

On voit, par ce qui précède, que, depuis quelque temps, le gouvernement espagnol, à travers de nombreuses révolutions, a fait de louables efforts pour développer, au sein de cette noble nation, les diverses branches des sciences, ainsi que les institutions et les entreprises d'utilité générale qui s'y rattachent; et l'on doit savoir gré à M. Mailly de les avoir signalés. Il est fort à désirer que ces efforts se soutiennent, et que les établissements scientifiques et leurs directeurs continuent à jouir, d'une manière libérale et durable, de la protection et des encouragements dont ils ont besoin. La grande révolution politique dont l'Espagne vient encore d'être le théâtre, semble devoir être favorable aux progrès de ce genre: mais ce ne sera qu'à la longue, quand la tranquillité sera rétablie et consolidée, qu'on pourra en espérer de bien réels. Quoi qu'il en soit, il est juste de ne pas oublier ce qui a été déjà fait sous ce rapport; et ce souvenir peut servir de stimulant à de nouveaux pas, dans la carrière du développement de l'instruction et de la vie intellectuelle.

A. GAUTIER.

---

RECHERCHES PRÉALABLES  
SUR LES  
PRINCIPES IMMÉDIATS DU BAUME DU PÉROU  
PAR  
M. MARC DELAFONTAINE.

---

Le baume du Pérou a été l'objet de nombreuses recherches, dues surtout à MM. Richter, Plantamour, Frémy, Kopp et Scharling. Les travaux des chimistes que je viens de nommer sont loin de concorder entre eux, et leurs conclusions divergentes paraissent souvent assez difficiles à concilier.

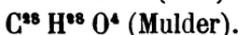
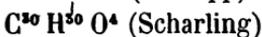
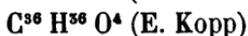
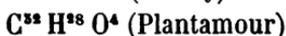
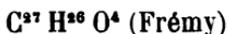
Comme chacun le sait, le baume du Pérou se compose essentiellement de résine, d'acide cinnamique libre et d'un liquide oléagineux, appelé *cinnaméine*. Les proportions relatives de ces trois corps varient d'un échantillon à l'autre; de plus il arrive assez souvent que le baume soit falsifié avec une huile grasse, avec de l'huile de ricin, par exemple, et du baume sec de Tolu, ce qui est loin de faciliter les recherches.

La constitution de la cinnaméine fera l'objet de cette première notice.

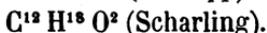
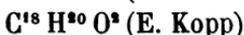
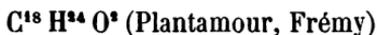
*Cinnaméine.*

Le travail que j'offre sur ce corps a bien moins pour but d'enrichir la science de résultats nouveaux ou importants, que de chercher à tirer au clair une histoire confuse et embrouillée.

En effet, si tous les chimistes sont d'accord sur l'existence de la cinnaméine, il s'en faut de beaucoup qu'ils le soient sur sa composition; je n'en veux pour preuves que les formules suivantes qui ont été proposées pour la représenter.



Le désaccord persiste en ce qui concerne les produits de dédoublement auxquels donne naissance la *cinnaméine* soumise à l'action de la potasse caustique. Ces produits sont, d'une part, de l'acide cinnamique et, de l'autre, un liquide bouillant à 180°, appelé *péruvine*, dont la composition est représentée par



En outre, M. Plantamour a obtenu un second liquide, bouillant à 205°, qu'il a identifié avec le cinnamate d'éthyle. Dans une de ses préparations, M. Scharling a vu aussi se former un produit qui bouillait également à 205°.

D'après M. Kopp, la cinnaméine serait simplement du cinnamate cinnamique (styracine), et la péruvine de l'alcool cinnamique (styracone).

M. Kraut, qui paraît d'ailleurs n'avoir pas fait d'expériences sur ce sujet, a donné l'interprétation suivante des faits que je viens de relater. Ce chimiste attribue à la cinnaméine la formule  $C^{52} H^{28} O^4$ , et il considère cette

substance comme du cinnamate benzylique. Selon lui, la péruvine est un mélange d'alcool benzoïque et de *toluol*. L'éther éthyl-cinnamique de M. Plantamour serait de l'alcool benzoïque, inconnu en 1839. M. Cannizarro a montré, il y a une quinzaine d'années, que cet alcool soumis à l'action de la potasse alcoolique, se dédouble en acide benzoïque et en toluol que M. Plantamour aurait confondus avec l'acide cinnamique et l'alcool ordinaire. Enfin l'acide *carbobenzoïque* ou *myroxylique*, trouvé par M. Plantamour dans les eaux-mères de l'acide cinnamique ne serait autre chose que l'acide benzoïque amorphe de M. Kopp.

Les recherches auxquelles je me suis livré ces deux dernières années confirment une partie des interprétations de M. Kraut, et elles m'ont donné la clef d'un bon nombre des divergences que je viens de signaler entre les chimistes qui ont consacré leur attention au baume du Pérou. Voici les résultats principaux auxquels je suis arrivé :

J'ai préparé la cinnaméine en agitant à froid le baume du Pérou avec la moindre quantité possible d'une solution aqueuse de potasse caustique, en ajoutant de l'eau au savon obtenu et en soutirant au moyen d'une pipette l'huile mise en liberté par cette opération. Cette huile lavée plusieurs fois avec de l'eau froide, puis desséchée, constituait la matière première de mes expériences.

Il ne me paraît pas que la cinnaméine puisse être considérée comme une espèce chimique distincte. C'est un mélange en proportions variables de cinnamates benzylique et cinnamique, le premier volatil et le second non distillable. Quand on la soumet à la distillation, elle bout vers 305°, mais se décompose d'une manière partielle

en laissant un résidu abondant résinoïde. Si la distillation est conduite avec rapidité, la quantité de cinnaméine décomposée n'est pas très-considérable; si au contraire l'opération marche avec lenteur, on voit souvent apparaître dans le col de la cornue un sublimé abondant formé d'aiguilles blanches solubles dans l'eau bouillante et l'alcool, décomposant les solutions de carbonates alcalins; ces aiguilles sont formées d'acide cinnamique; il se dégage en même temps des hydrocarbures gazeux, empyreumatiques, combustibles avec une flamme bleue, et le liquide distillé bout pour ainsi dire à toutes les températures comprises entre 200 et 310°.

Pour éviter autant qu'il dépendait de moi, toute réaction secondaire, j'ai saponifié la cinnaméine non distillée, au moyen de la plus petite quantité possible de potasse dissoute dans l'alcool; j'ai obtenu ainsi une masse butyreuse douée d'une odeur éthérée agréable. Cette masse a été traitée par l'eau qui a dissous l'alcool et le cinnamate potassique: un liquide oléagineux s'est séparé. Ce dernier enlevé avec une pipette, lavé une ou deux fois à l'eau, a été soumis à une distillation fractionnée.

Il a passé d'abord dans le récipient une minime proportion d'eau et d'alcool ordinaire. Le thermomètre a monté jusqu'à 205° environ et est resté stationnaire à ce point. Le liquide recueilli dans ce moment-là a offert les réactions d'un alcool, de l'alcool benzylique. Traité par l'acide cinnamique et un courant de gaz chlorhydrique, il a régénéré un éther composé bouillant à une température élevée. L'acide nitrique y a développé l'odeur d'amandes amères.

La température s'est élevée ensuite jusqu'à 222° et il a passé alors une quantité d'alcool cinnamique *liquide*

presque incolore représentant environ la moitié de celle de l'alcool benzylique obtenu.

Ces deux alcools constituent la majeure partie du liquide soumis à la distillation ; je dois ajouter cependant que le thermomètre a continué à monter, très-lentement, et qu'il a eu un arrêt entre 250° et 260° ; je n'ai pas encore fait l'examen du corps jaune, peu odorant, recueilli à ce moment-là ; enfin j'ai négligé le résidu résinoïde resté dans la cornue.

De ces faits-là découle bien la conclusion, que la cinnaméine que j'ai examinée est un mélange de deux éthers composés que la saponification dédouble, l'un en alcool benzylique et acide cinnamique, l'autre en acide et alcool cinnamiques.

Des échantillons de cinnaméine préparés par M. Plantamour, il y a trente ans, et conservés dans des flacons bien remplis et bouchés, m'ont donné des résultats semblables.

Toutefois, je dois dire que ceux qui portaient l'indication de cinnaméine redistillée ne fournissaient pas autant d'alcool cinnamique. Un flacon étiqueté *cinnaméine brute*, c'est-à-dire renfermant un produit qui n'avait pas subi les nombreux lavages à l'alcool auxquels M. Plantamour soumettait sa cinnaméine, s'était pris en une masse cristalline imprégnée d'une portion demeurée liquide, effet dû à la cristallisation de la styracine. Saponifié par la potasse dans l'alcool, il n'a pas fourni un liquide huileux comme les autres cinnaméines, mais une poudre blanche.

Je vais citer maintenant une expérience qui ajoutera quelques faits à ceux qui viennent d'être exposés. Dans une expérience j'ai attaqué de la cinnaméine par un *excès de potasse alcoolique* ; une fois le savon produit, j'ai ajouté

une petite quantité d'eau pour rendre la matière un peu plus fluide et j'ai versé le tout dans une cornue. Cette cornue a été chauffée au bain-marie pour expulser la plus grande partie de l'alcool; le résidu repris par l'eau, a fourni, comme dans les autres cas, une dissolution de cinnamate alcalin et une huile insoluble dans l'eau. La distillation fractionnée de ce dernier m'a donné, en premier lieu, douze grammes environ d'un liquide incolore très-réfringent, bouillant entre 110° et 115°, qui possédait toutes les propriétés du *toluol* C<sup>14</sup> H<sup>10</sup>, puis les alcools benzylique et cinnamique et le corps dont le point d'ébullition est à 255° environ.

La production de toluol dans ce cas, tandis qu'elle n'a pas eu lieu quand je ne chauffais pas la cinnaméine avec la solution alcoolique de potasse, me semble bien indiquer que cet hydrocarbure ne préexistait pas dans le baume ou la cinnaméine; mais qu'il faut le considérer comme résultat d'une réaction secondaire, savoir celle de la potasse à chaud sur l'alcool benzylique, réaction déjà signalée dans le temps par M. Cannizarro.

Voilà d'une manière succincte le résultat de mes recherches préliminaires sur le baume du Pérou. Il me reste à traiter quelques points de détail, ce sera l'objet d'un mémoire subséquent.

Genève, novembre 1868.

SUR UNE  
NOUVELLE SÉRIE DE RÉACTIONS CHIMIQUES  
PRODUITES PAR LA LUMIÈRE

PAR  
M. J. TYNDALL <sup>1</sup>.

---

Je demande à la Société royale la permission d'attirer l'attention des chimistes sur une forme d'expérience qui, quoique évidente, est, à ce qu'on me dit, inconnue et qui, je n'en doute pas, deviendra entre leurs mains une nouvelle puissance expérimentale. Elle consiste à faire subir aux vapeurs des liquides volatils, l'action de rayons concentrés provenant du soleil ou de la lumière électrique.

*Action de la lumière électrique.*

On dispose longitudinalement un tube de verre de 2<sup>pièds</sup>,8 de longueur et de 2<sup>pouces</sup>,5 de diamètre intérieur (tube que j'avais souvent employé dans mes recherches sur la chaleur rayonnante). A l'un des bouts on place la lampe électrique, dans une position et à une hauteur telle que l'axe du tube de verre coïncide avec celui du faisceau parallèle sortant de la lampe. Le tube est fermé tantôt par des plaques de sel gemme tantôt par des plaques de verre.

De même que dans de précédentes publications, j'appelle ce tube, pour abrégé, le *tube expérimental*.

<sup>1</sup> Traduction d'une Note insérée dans les *Proceedings of the Royal Society*, 1868, n° 108.

Le tube expérimental a été réuni à une pompe à faire le vide, ainsi qu'à une série de tubes destinés à dessécher et à purifier l'air.

Un certain nombre de tubes éprouvettes, une cinquantaine, ont été converties en flacons de Woolf. Chacune d'elles était fermée avec un bouchon au travers duquel passaient deux tubes, dont l'un (*a*) se terminait immédiatement au-dessous du liège, tandis que l'autre (*b*) descendait au fond du flacon, son orifice inférieur était rétréci et n'avait que 0,03 pouce de diamètre. Le bouchon était soigneusement cimenté.

Le petit flacon ainsi fermé, était en partie rempli avec le liquide dont on avait à étudier la vapeur. On le plaçait ensuite dans le passage du courant d'air purifié.

Le tube expérimental étant vide d'air, on ouvre avec précaution le robinet qui permet d'introduire l'air purifié : l'air entre dans le flacon par le tube *b* et pénètre par le petit orifice au bas de *b* dans le liquide. Il s'échappe en bulles en se chargeant de vapeur, et le mélange d'air et de vapeur, passant du flacon par le tube *a* pénètre dans le tube expérimental où il est soumis à l'action de la lumière.

La faculté du rayon électrique de révéler l'existence de la moindre chose dans le tube expérimental ou les impuretés du tube lui-même, est extraordinaire. Quand l'expérience a lieu dans une chambre obscure, un tube qui, au grand jour, paraît tout à fait propre, semble extrêmement malpropre dès qu'on y fait pénétrer la lumière.

Voici quelques-uns des résultats que l'on a obtenus au moyen de cet arrangement.

*Nitrite d'amyl* (point d'ébullition 91 à 96° C.). — On

permet d'abord à la vapeur de ce liquide d'entrer dans le tube expérimental pendant que le rayon de la lampe électrique le traversait. De curieux nuages se formèrent vers l'entrée et furent ensuite emportés en tourbillons au travers du tube.

Le tube ayant été de nouveau vidé d'air, l'air mélangé et la vapeur y furent introduits dans l'obscurité. Le faisceau légèrement convergent de la lampe électrique fut alors dirigé au travers de toute la longueur du tube. Pendant un instant le tube fut *optiquement vide* : on ne voyait rien dans son intérieur; mais au bout d'une seconde, une pluie de sphérules se précipita sur le rayon, condensant ainsi un nuage dans le tube. Le nuage devint plus dense à mesure que la lumière continuait d'agir, présentant à quelques endroits de vives teintes irisées.

Le faisceau de la lampe électrique fut amené à converger de manière à former dans le tube entre son extrémité et le foyer un cône de rayons de huit pouces de long. Le tube fut nettoyé et de nouveau rempli dans l'obscurité. Quant la lumière le traversa, la précipitation sur le faisceau fut si rapide et intense que le cône, un moment invisible, s'éclaira subitement comme un fer de lance lumineux.

L'effet fut le même lorsque l'air et la vapeur entrèrent dans le tube dans un jour diffus. Cependant, le nuage qui brillait avec un éclat si extraordinaire sous le rayon électrique, était invisible à la lumière ordinaire du laboratoire.

La proportion d'air et de vapeur mélangés dans le tube expérimental pouvait se régler à volonté. La rapidité de l'action diminuait avec l'atténuation de la vapeur. Quand, par exemple, la colonne de mercure communiquant au tube expérimental était déprimée de cinq pouces, l'action n'était

pas aussi rapide que lorsque le tube était plein. Dans ces cas cependant, il était très-intéressant de voir, après quelques secondes, un mince courant d'un nuage d'une teinte bleu-blanc délicate se formant le long de l'axe du tube et enfin se gonflant de manière à le remplir.

Lorsqu'on emploie de l'oxygène sec pour transporter la vapeur, l'effet est le même qu'avec l'air.

Quand l'hydrogène est employé comme véhicule, l'effet est encore le même.

L'effet n'est donc pas dû à une action de la vapeur du nitrite sur son véhicule.

Ceci a été amplement démontré par l'action produite sur la vapeur seule. Quand on l'introduit dans le tube sans la mélanger avec l'air ou avec un autre gaz, l'effet était en fait le même. Le siège de l'action observée est donc dans la vapeur elle-même.

Quant à l'air et au verre du tube expérimental, le rayon employé dans ces expériences était parfaitement froid. Il avait été *tamisé* en passant au travers d'une solution d'alun, et au travers de l'épaisse et double lentille de la lampe. Quand le rayon non tamisé était employé, l'effet était toujours le même : les rayons calorifiques obscurs ne paraissent donc pas intervenir dans le résultat.

Je ne me suis point assuré du caractère de cette action, mon but ayant été simplement d'indiquer aux chimistes une méthode expérimentale qui révèle de nouvelles et belles séries de réactions ; c'est à eux à en déterminer la nature. La molécule du nitrite d'amyl est dissociée par certaines ondes spécifiques du rayon électrique, formant de l'oxyde nitrique et d'autres produits, entre autres du nitrate d'amyl. Les fumées brunes de l'acide nitreux se mélaient au nuage dans le tube expérimental.

Le nitrate d'amyl étant moins volatil que le nitrite ne se maintenait pas à l'état de vapeur, mais était précipité en sphérules liquides le long de la trace du rayon.

Dans les parties antérieures du tube a lieu une action d'absorption élective par la vapeur, qui diminue l'action chimique dans les portions postérieures. Dans quelques expériences le nuage précipité ne s'étendait qu'à la moitié du tube. Dans ces circonstances, lorsque la lampe était disposée de manière à lancer un rayon à l'autre extrémité du tube, la précipitation y avait lieu aussi.

#### *Action de la lumière solaire.*

La lumière solaire cause la décomposition de la vapeur du nitrite d'amyl.

Le 10 octobre, je rendis partiellement obscure une petite salle de l'Institution royale, et j'y fis entrer la lumière du soleil au travers d'un trou percé dans le volet. Sur la trace du rayon, je plaçai une grande lentille plan-convexe qui faisait apparaître derrière elle un cône convergent dans la poussière de la chambre. Le tube expérimental avait été rempli dans le laboratoire, couvert d'un drap noir et porté dans la chambre partiellement obscurcie. En disposant l'un des bouts du tube dans le cône de rayons derrière la lentille, il se produisit une précipitation immédiate et abondante. La vapeur à l'extrémité éloignée du tube était en partie protégée par celle de devant et était aussi plus faiblement atteinte à cause de la divergence des rayons. En retournant le tube, un second cône semblable était précipité.

#### *Considérations physiques.*

J'ai essayé de déterminer la portion spéciale du faisceau

blanc qui produit les effets ci-dessus mentionnés. Lorsqu'avant de traverser le tube expérimental, le rayon passait au travers d'un verre rouge, l'effet était fort affaibli, mais non éteint. Tel a aussi été le cas avec divers échantillons de verre jaune. Un verre bleu introduit avant l'enlèvement du verre jaune ou du rouge, a augmenté la précipitation le long de la trace du rayon bleu lorsqu'on a enlevé l'autre verre. Les rayons les plus réfrangibles sont, en conséquence, dans ce cas, ceux dont l'action chimique est le plus énergique.

La couleur du nitrite d'amyl liquide indique qu'il doit en être ainsi. Il est faiblement, mais franchement jaune; en d'autres termes, la portion jaune du rayon est transmise librement. Or ce n'est pas la portion transmise du rayon qui produit l'action chimique, mais la portion absorbée. Le bleu, comme couleur complémentaire du jaune est absorbé : de là provient l'action plus énergique des rayons bleus. Le raisonnement, cependant, fait penser que les mêmes rayons sont absorbés par le liquide et par la vapeur.

Une solution de chromate jaune de potasse, dont la couleur peut être presque, sinon complètement semblable à celle du nitrite d'amyl liquide, est bien plus énergique pour arrêter les rayons chimiques que le verre jaune ou rouge; mais de toutes les substances, le nitrite même est le plus puissant pour arrêter les rayons qui agissent sur sa propre vapeur. Une couche de  $\frac{1}{8}$  de pouce d'épaisseur suffit pour absorber toute la force chimique du rayon concentré de la lumière électrique.

La relation étroite qui existe entre un liquide et sa vapeur, au point de vue de leur action sur la chaleur

rayonnante, a déjà été complètement démontrée<sup>1</sup>. Pour ce qui concerne le nitrite d'amyl, cette relation est plus caractéristique que dans les cas cités; car le constituant particulier du rayon qui détermine la décomposition de la vapeur est arrêté par le liquide.

Une question d'une importance extrême se présente ici: Quel est le mécanisme réel de cette absorption et où en est le siège<sup>2</sup>?

Je me représente, ainsi que bien d'autres personnes, une molécule comme formée d'un groupe d'atomes retenus par leurs attractions réciproques, mais cependant susceptibles d'un mouvement relatif des uns par rapport aux autres. La vapeur de nitrite d'amyl est un assemblage de ces molécules. La question se pose ainsi. Dans l'acte de l'absorption est-ce que ce sont les molécules ou leurs atomes constituants qui produisent l'action? Est-ce que la force vive des ondes interceptées est transférée à la molécule entière ou bien à ses parties constituantes?

L'ensemble de la molécule ne peut vibrer qu'en vertu des forces qui s'exercent entre elle et les molécules voisines. L'intensité de ces forces, et par conséquent le nombre des vibrations, serait dans ce cas une fonction de la distance qui sépare les molécules.

Or l'absorption identique exercée par le nitrite d'amyl à l'état liquide ou de vapeur indique une période de vibration identique de la part du liquide et de celle de la vapeur, et ceci me paraît être une démonstration expérimentale de ce que l'absorption a lieu en fait dans l'intérieur de la molécule. En effet, on ne peut supposer que

<sup>1</sup> *Philos. Transact.*, 1864. — *Archives*, 1864, tome XX, p. 152.

<sup>2</sup> Mon attention a été attirée sur ce sujet il y a quelques années par une conversation avec mon ami M. le professeur Clausius.

si cette action résidait dans la molécule envisagée comme un tout, elle continuât à affecter les ondes de la même période après que la substance a passé de l'état gazeux à l'état liquide.

En fait, la décomposition du nitrite d'amyl est elle-même jusqu'à un certain point un exemple de cette absorption moléculaire interne; car si l'absorption était effectuée par la molécule envisagée comme un tout, les mouvements relatifs de ses atomes constituants ne seraient pas modifiés et il n'y aurait pas de cause mécanique pour leur séparation. C'est probablement le synchronisme des vibrations d'une portion de la molécule avec les ondes incidentes qui permet à l'amplitude de ces vibrations d'augmenter jusqu'à ce que le lien qui relie ensemble les parties de la molécule soit rompu.

Le nitrite d'amyl liquide est probablement aussi décomposé par la lumière; mais la réaction, si elle existe, est incomparablement moins rapide et moins évidente que sur la vapeur. Du nitrite d'amyl a été soumis aux rayons concentrés du soleil jusqu'à l'ébullition, et on a continué l'ébullition pendant longtemps, sans qu'il ait paru de changement dans le liquide.

Je présume que le fait qu'un liquide et sa vapeur absorbent les mêmes rayons est très-général, s'il n'est pas constant. Une couche de chlore liquide que je fais préparer maintenant, privera, je crois, beaucoup mieux la lumière de sa faculté de déterminer la combinaison du chlore et de l'hydrogène que toute autre substance interposée. Les rayons qui donnent au chlore sa couleur n'influent pas sur la combinaison; les rayons réellement actifs sont ceux qui sont absorbés par le chlore. Un ballon mince contenant du chlore et de l'hydrogène dans les proportions exacte-

ment nécessaires pour la formation de l'acide chlorhydrique a été placé à l'une des extrémités du tube expérimental, le rayon de la lampe électrique pénétrant par l'autre extrémité du tube. Le ballon n'a pas sauté quand le tube était plein de chlore, tandis qu'une explosion violente et immédiate s'est produite quand le tube était plein d'air. Je présume que le chlore liquide aurait une action semblable, mais bien plus énergique que celle qui a lieu lorsqu'on emploie le gaz.

Si tel est le cas, ce sera un argument en faveur de l'idée que le chlore lui-même est composé de *molécules* et non d'*atomes isolés*. J'espère pouvoir présenter prochainement d'autres cas du même genre à la Société royale.

*Production du bleu céleste par la décomposition du nitrite d'amyl.*

Lorsque la quantité de vapeur de nitrite est considérable et que la lumière est intense, l'action chimique est extrêmement rapide et les particules précipitées sont en masse assez considérable pour *blanchir* le rayon lumineux. Il n'en est pas de même quand la vapeur est introduite en petite proportion dans le tube expérimental. L'effet que nous allons décrire a été obtenu avec la plus grande perfection, lorsque la vapeur du nitrite provenait d'un résidu humide du liquide qui s'était accidentellement introduit dans le passage au travers duquel l'air sec pénètre dans le tube expérimental.

Dans ce cas, le rayon électrique traverse le tube pendant plusieurs secondes sans action visible. La décomposition commence visiblement alors et continue lentement. Les particules précipitées d'abord sont trop petites pour

être aperçues à la loupe ; et quand la lumière est très-forte, le nuage affecte une couleur bleue laiteuse. Au contraire, si l'on modère l'intensité de la lumière, le bleu devient pur et profond. Dans les importantes expériences de Brücke sur le bleu du ciel et sur le rouge du matin et du soir, on emploie du mastic pur et dissous dans l'alcool, puis versé dans l'eau et bien remué. Lorsque la proportion du mastic est convenable, la résine se précipite en particules si ténues qu'elles échappent aux plus forts grossissements du microscope. Avec la lumière réfléchie, ce milieu paraît bleu par suite de la transmission de la lumière jaune, couleur qui, lorsque la quantité du précipité augmente, peut passer à l'orangé ou au rouge.

Mais la même coloration dans la vapeur en petite proportion de nitrite d'amyl, quoiqu'admettant la même explication, est certainement plus semblable à ce qui a lieu dans notre atmosphère. Le bleu est plus pur et plus semblable au bleu du ciel que celui que l'on obtient par le milieu trouble de Brücke. Il ne saurait guère y avoir de preuve plus imposante de la manière newtonienne d'envisager la couleur du firmament que celle qui s'observe dans ce cas ; car jamais, même dans le ciel des Alpes, je n'ai vu un bleu plus riche et plus pur que celui qu'on obtient en disposant convenablement la lumière qui tombe sur la vapeur précipitée. Est-ce que la vapeur aqueuse de notre atmosphère agit de la même façon ? et ne pouvons-nous pas en conclure que c'est à des particules liquides de dimensions infiniment petites que l'on doit attribuer les teintes observées par M. le Principal Forbes au-dessus de la soupape de sûreté des machines à vapeur, et qu'il a comparées si ingénieusement avec les couleurs du ciel ?

En faisant le vide dans le tube contenant le mélange d'air et de vapeur de nitrite d'amyl, il est difficile d'éviter sous les pistons de la pompe pneumatique des explosions semblables à celles que j'ai décrites comme ayant lieu avec les vapeurs de bisulfure de carbone et d'autres substances. Quoique la quantité de vapeur dans ces cas fût minime, son explosion suffisait pour détériorer les soupapes de la pompe.

*Iodure d'Allyl* (point d'ébullition  $101^{\circ}$  C.). — Parmi les liquides jusqu'ici soumis à la lumière électrique concentrée, l'iodure d'allyl au point de vue de la rapidité et de l'intensité de l'action, se rapproche le plus du nitrite d'amyl. Avec le iodure d'allyl, j'ai employé l'oxygène et l'hydrogène aussi bien que l'air comme véhicule, et j'ai trouvé que les effets étaient essentiellement les mêmes dans tous les cas. La colonne de fumée était extrêmement belle, mais ses formes étaient différentes de celles du nitrite d'amyl. Toute la colonne tournait autour de l'axe du rayon qui la décomposait, elle s'amincissait à certains endroits comme une clepsidre, autour des deux renflements de laquelle de délicats filaments de nuages se tordaient en spirales. Elle se contournait aussi en circonvolutions ressemblant à des coquilles. Dans certaines conditions de l'atmosphère dans les Alpes, j'ai souvent observé des nuages d'un lustre perlé particulier; quand l'hydrogène était le véhicule de la vapeur de l'iodure d'allyl, un lustre pareil se montrait de la manière la plus exquise. Avec une disposition convenable de la lumière, la teinte pourpre de la vapeur d'iode brillait vivement dans le tube.

La remarque que nous avons déjà faite sur la relation

de la décomposition du nitrite d'amyI par la lumière avec la question de l'absorption moléculaire s'applique aussi ici ; car si l'absorption résultait de l'action de la molécule, envisagée comme un tout, l'iode ne se séparerait pas de l'allyl avec lequel il est combiné. Le non-synchronisme de l'iode avec les ondes de la chaleur obscure est démontré par sa merveilleuse perméabilité pour cette chaleur. Est-ce que son synchronisme avec les ondes lumineuses dont il s'agit ici ne peut pas être la cause de sa séparation d'avec l'allyl ? Je projette de nouvelles expériences sur ce point.

*Iodure d'Isopropyl.* — L'action de la lumière sur la vapeur de ce liquide est d'abord plus faible que sur l'iodure d'amyI, et même plusieurs réactions curieuses peuvent échapper à cause de cette lenteur dans le commencement. Après quelques minutes, cependant, les nuages commencent à se former et on les voit croître en densité et en beauté, tant que la lumière continue à agir. Dans toutes les expériences faites jusqu'ici avec cette substance, la colonne de nuages qui remplissait le tube expérimental était partagée en deux parties distinctes vers le milieu du tube. Dans une des expériences un globe de nuages s'est formé au centre, d'où, à droite et à gauche, partait un axe qui réunissait le globe avec les deux cylindres adjacents. Le globe et les cylindres étaient tous deux animés d'un mouvement de rotation commun. L'action continuant, il se manifestait des paroxysmes de mouvement ; les différentes parties du nuage se précipitaient au travers les unes des autres avec une violence subite. Pendant ces mouvements il se développait de magnifiques formes de nuages les plus bizarres. Dans quelques endroits la masse

nébuleuse se rayait sous forme de côtes, de manière à ressembler au grain du bois; un mouvement longitudinal développait parfois dans la masse une série de bandes courbes transversales, l'influence retardatrice des parois du tube provoquant une apparence semblable, sur une petite échelle, aux bandes de boues de la Mer de glace. Dans la portion antérieure du tube, ces commotions subites étaient très-intenses; des bourgeons de nuages germaient et croissaient en quelques secondes, atteignant la forme de fleurs parfaites. L'apparence la plus curieuse que j'aie vue est celle d'un nuage ressemblant à la tête d'un serpent; il croissait rapidement, la bouche se forma, puis de la bouche sortit rapidement une corde de nuage, ressemblant à une langue. Le nuage de l'iodure d'Isopropyl avait un caractère à lui et différait sensiblement de tous les autres que j'ai observés. Une belle couleur mauve se développait dans les derniers douze pouces du tube; il s'y trouvait de la vapeur d'iode et il se peut que ce soit le bleu de ciel, produit par les molécules précipitées, qui se mélangeant au pourpre de l'iode, produise cette splendide teinte mauve. Comme dans d'autres cas, ces effets sont dus à la lumière; ils ne se présentaient jamais dans l'obscurité.

Je me garderai d'en dire plus que les faits observés ne le permettent relativement aux effets chimiques produits par la lumière dans les trois substances suivantes; mais les apparences physiques sont si singulières que je n'hésite pas à les décrire.

*Acide bromhydrique.* — La solution aqueuse de cet acide fut placée dans un petit flacon de Woulfe et trans-

portée dans le tube expérimental par un courant d'air.

Le tube était rempli d'un mélange d'acide, de vapeur aqueuse et d'air ; le rayon fut lancé au travers, la lentille étant à ce moment disposée de manière à produire un cône de lumière intense. Pendant deux minutes on ne vit rien ; mais ensuite un faible nuage bleuâtre fit son apparition et parut se suspendre à la portion la plus concentrée du rayon.

Bientôt un second nuage se forma cinq pouces plus loin dans le tube expérimental. Les nuages étaient reliés par un mince cordon de la même teinte bleuâtre.

Tandis que l'action de la lumière continuait, le premier nuage se changea graduellement dans une série de disques parallèles d'une exquise délicatesse ; les disques tournaient autour d'un axe perpendiculaire à leurs surfaces, et enfin ils se confondirent pour produire une surface hélicoïdale avec une génératrice inclinée. Cette surface se changea graduellement en un entonnoir nuageux, de l'extrémité duquel le cordon s'étendait vers le nuage en avant. Cette apparence fut bientôt modifiée ; elle se résolut en une série de strates ressemblant à celles de la décharge électrique. Quelque temps après, et par des changements qu'il était difficile de suivre, les deux nuages offrirent l'apparence d'une série d'entonnoirs concentriques placés les uns dans les autres, les entonnoirs intérieurs se voyant au travers des parois des entonnoirs extérieurs. Ceux du nuage éloigné ressemblaient à des verres à bordeaux. Il y avait jusqu'à six entonnoirs ainsi disposés les uns dans les autres, les deux séries étant reliées par le cordon délicat de nuage dont il a déjà été question. D'autres cordons et d'autres minces tubes se formèrent ensuite, et s'enroulèrent en spirales autour et aux environs des entonnoirs.

En donnant plus de lumière le long de la corde de communication, elle diminuait d'épaisseur et blanchissait. C'est une conséquence de l'augmentation de ses particules. La corde finit par disparaître tandis que les entonnoirs se fondaient en deux pellicules en forme de parasol. Ces pellicules étaient à peine visibles, elles étaient d'une teinte bleue très-délicate ; elles semblaient tissées avec de l'air bleu. Les comparer avec des fils d'araignée ou avec de la gaze serait les assimiler à quelque chose de beaucoup trop grossier.

Dans un second essai le résultat fut à peu près le même. Un nuage qui prit bientôt la forme d'une ombrelle se forma en avant, et cinq pouces plus loin il se développa un autre nuage, dans lequel les entonnoirs déjà mentionnés étaient très-effilés. Il était relié comme auparavant par un filament avec le nuage en avant, et se terminait en une pointe de lance qui s'étendait à douze pouces plus avant dans le tube.

Après bien des changements la pellicule en avant prit la forme d'une cloche à sa surface convexe de laquelle se relia un cylindre creux de deux pouces de long. Au bout de quelques instants ce cylindre se détacha de la cloche et se forma en un anneau irrisé qui, sans connexion apparente avec le reste, tournait sur son axe au milieu du tube. Le diamètre intérieur de cet anneau avait environ un pouce et son diamètre extérieur un pouce et demi.

Tout le nuage composé de ces parties hétérogènes était animé en entier d'un mouvement de rotation. La rapidité de la rotation s'augmentait lorsqu'on augmentait l'intensité du rayon. Les disques, les entonnoirs, les couches et les circonvolutions du nuage présentaient parfois des

couleurs de diffraction qui changeaient de nuance à chaque mouvement de l'œil de l'observateur.

L'humidité semble favorable à la production de ces phénomènes ; il fallait donc s'assurer jusqu'à quel point ils étaient vraiment produits par la lumière ; l'acide bromhydrique, même en dissolution, fume au contact de la vapeur aqueuse de l'air ; sa dissolution dans l'eau paraît ne pas suffire pour satisfaire son affinité pour le liquide. On sait que l'on observe la même chose avec la dissolution d'acide chlorhydrique. Ces nuages de formes si extraordinaires ne se forment-ils pas par suite d'une action de même nature, la présence de la lumière n'étant qu'accidentelle ?

L'acide bromhydrique fut introduit dans le tube expérimental et y fut laissé cinq minutes exposé à la lumière diffuse du jour. Puis on rendit la chambre obscure et l'on fit arriver un rayon électrique : le tube était optiquement vide. Après deux minutes d'action de la lumière, les nuages apparurent et commencèrent à se transformer avec la même variété que nous l'avons décrit ci-dessus.

Il importe peu que l'acide bromhydrique reste longtemps dans le tube : l'action ne commence à se manifester que lorsqu'on fait jouer le rayon lumineux. Le tube rempli du mélange d'air, de vapeur aqueuse et d'acide bromhydrique fut placé pendant quinze minutes dans l'obscurité. En faisant passer le rayon au travers du tube, on le trouva optiquement vide ; mais l'action de la lumière pendant deux minutes fit naître les nuages comme avant.

Lorsqu'on fait passer le rayon au travers d'une couche d'eau avant d'entrer dans le tube expérimental, on n'observe aucune diminution dans l'énergie chimique. En le faisant passer au travers d'une dissolution d'acide bromhy-

drique de la même épaisseur, l'énergie chimique du rayon est entièrement détruite. Ceci prouve que les vibrations de l'acide dissous sont synchroniques avec celles de l'acide gazeux, et c'est une nouvelle confirmation de ce que ce sont les atômes constituants de la molécule, et non pas la molécule elle-même, qui sont le siège de l'absorption.

*Acide chlorhydrique.* — La solution aqueuse de cet acide a été employée et traitée comme la dissolution d'acide bromhydrique. Je me propose de demander à quelque artiste de chercher à reproduire les effets qui résultent de l'action de la lumière sur cette substance. Mais je crains que le talent de l'artiste même ne puisse en donner une représentation passable. Le nuage a cru lentement, il a fallu quinze à vingt minutes pour son entier développement. Il s'est subdivisé en quatre ou cinq sections, dont les deux adjacentes étaient reliées par une mince corde axiale. Chacune de ces sections avait une structure très-compliquée et très-ornée montrant des côtes, des fers de lance, des entonnoirs, des feuilles, des spirales et des fleurs de lys irrises. Cependant la structure du nuage du commencement à la fin était parfaitement symétrique; il avait une forme de révolution, dont les points correspondants étaient à égale distance de l'axe du rayon. Il y a bien des points de ressemblance entre le nuage de l'acide chlorhydrique et celui de l'acide bromhydrique, et tous deux sont très-distincts de ceux que l'on obtient avec les substances mentionnées ci-dessus. En fait, tous les liquides semblent avoir leur nuage propre, ne s'écartant qu'entre des limites étroites du type normal. La formation du nuage dépend de ses propres forces inhérentes plutôt que des corps environnants. Il est vrai que, en chauffant

ou en refroidissant le tube expérimental à certains endroits, il se développe des courbures extraordinaires et des tourbillons; mais pour un état bien constant du tube, il se manifeste des différences spécifiques dans la structure du nuage et chaque substance semble imprimer son caractère sur la vapeur précipitée qui naît de sa décomposition.

Quand le rayon, avant d'entrer dans le tube expérimental, traverse une couche d'acide aqueux, treize minutes d'exposition à la lumière ne déterminent aucune action. Si l'on substitue une couche d'eau à la couche d'acide, une minute suffit pour déterminer la décomposition.

*Acide iodhydrique.* — La solution aqueuse de cet acide a été employée de la manière suivante. Lorsqu'on la soumit pour la première fois à l'action de la lumière, il n'y eut pas d'effet; mais les essais suivants en ont déterminé un très-extraordinaire. Il y a une ressemblance de famille entre les nuages des acides iodhydrique, bromhydrique et chlorhydrique. Dans les trois cas, l'action a commencé par la formation de deux petits nuages, reliés par un cordon; le phénomène était très-lent et la croissance du nuage en densité et en beauté très-graduelle. Le vert le plus vif et le cramoisi le plus brillant que j'aie encore vus, se montrèrent dans cette substance au commencement de l'action. Le développement du nuage ressemblait à celui d'un organisme, partant d'une masse informe pour arriver à une structure d'une complexité merveilleuse. Je n'ai rien vu d'aussi étonnant que l'effet produit, le 20 octobre, avec l'acide iodhydrique. Le nuage s'étendait sur dix-huit pouces le long du tube, jusqu'à son extrémité la plus éloignée. La partie abandonnée par le nuage lui-même était

remplie d'une brume amorphe, et la décomposition progressait plus loin et y paraissait complète. Un cône spectral tournait son sommet vers l'extrémité éloignée du tube; et de sa base circulaire tombait comme une frange membraneuse. Sur la base du cône se trouvait un vase d'une forme exquise, de l'intérieur duquel sortait un autre vase de même forme; au-dessus des bords de ces vases tombaient les nuages les plus légers. Du centre du vase supérieur un cordon droit de nuage passait à une faible distance le long de l'axe du tube, et à chaque bout de cette corde il se développait deux tourbillons compliqués et très-irrisés. La partie frontale du nuage, qui était pénétrée par la corde, prit successivement les formes de roses, de tulipes et de tournesols. Elle prit ensuite l'apparence d'une série de magnifiques flacons placés les uns dans les autres. Une fois elle prit la forme d'un poisson avec des yeux, des branchies et des tentacules. La lumière fut interceptée pendant quelques minutes et le tube et son nuage demeurèrent dans l'obscurité. Lorsque l'on ralluma la lampe, le nuage était immobile dans le tube; il avait perdu de sa couleur, mais la beauté de sa forme s'était conservée. Plusieurs de ses parties rappelaient l'apparence des décharges de Gassiot; mais quant à la complexité et à la beauté, les décharges ne supporteraient pas la comparaison avec les formes des nuages. Un ami à qui je montrais le nuage le compara à l'un de ces individus gélatineux marins qu'une membrane à peine capable de réfléchir la lumière rend visible. En fait, aucune autre comparaison n'est si juste et non-seulement la symétrie parfaite de l'extérieur donnait cette idée, mais la succession exquise des replis de la membrane sur elle-même donnait l'idée de l'économie intérieure d'un organisme

très-complicqué. Je suis resté deux heures à admirer cette merveilleuse production <sup>1</sup>.

Les conditions précises nécessaires pour produire les effets observés avec les acides bromhydrique, chlorhydrique et iodhydrique n'ont pas encore été fixées avec certitude. L'air, en outre, est le seul véhicule qui ait été expérimenté dans ce cas. Je ne hasarde aucune opinion sur la nature chimique de ces réactions. Les acides secs, du reste, n'ont point été étudiés.

<sup>1</sup> « C'est parfait comme si c'était fait au tour ; ce serait très-utile aux dessinateurs de modèles, » furent les remarques faites par mes aides qui suivaient les expériences. M. Ladd, qui connaît très-bien les phénomènes de la décharge électrique au travers de milieux raréfiés, fit la remarque qu'aucun effet qu'il eût déjà vu ne saurait rivaliser, pour la beauté et la complexité, avec les apparences décrites ici si incomplètement. Je dis ceci pour montrer comment ces phénomènes ont affectés d'autres yeux que les miens.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE.

## ASTRONOMIE.

RÉV. P. A. SECCHI. SUR LE SPECTRE DES PROTUBÉRANCES SOLAIRES  
OBSERVÉ EN PLEIN SOLEIL <sup>1</sup>. (Traduit du *Bulletin météorolo-  
gique de l'observatoire du Collège romain*, 30 nov. 1868.)

Nos lecteurs savent qu'on attendait de grands résultats scientifiques des expéditions faites dans l'Inde orientale pour observer l'éclipse totale de Soleil du 18 août de cette année. Les fruits commencent à paraître. En laissant de côté ce qui n'a été qu'une confirmation de ce qui avait été vu dans les éclipses précédentes, et spécialement en Espagne dans l'année 1860, le but principal des observations actuelles était de résoudre deux problèmes.

Le premier était de reconnaître la nature des proéminences rosées qui se manifestent autour de la lune pendant l'éclipse; on conjecturait qu'elles étaient gazeuses, mais cela n'était pas démontré.

Le second était de savoir si la couche rose qui enveloppe tout le Soleil, et d'où se détachent les dites protubérances, peut être, par son absorption, la cause des lignes noires, dites de Fraunhofer, qu'on voit dans le spectre solaire.

L'observation du spectre de ces protubérances devait décider ces questions. Si les raies paraissaient lumineuses dans ce spectre, au lieu d'être noires, les substances elles-mêmes devaient être gazeuses, et être la cause de l'absorp-

<sup>1</sup> Nous devons rappeler, à ce sujet, la traduction du discours du P. Secchi sur les premières découvertes spectroscopiques, qui a paru dans les *Archives*, juillet 1865, tome XXIII, p. 145.

tion qui produit les lignes noires. L'expérience a démontré que les choses se passaient ainsi.

Malgré le mauvais temps qui a dérangé plusieurs observateurs, il y en a eu de fortunés sur tous les points. Les plus heureux ont été les savants français MM. Janssen et Rayet (sur la côte de Siam). MM. Herschel et Tennant (à Guntoor) ont confirmé leurs découvertes; et les astronomes allemands (à Aden), moins favorisés que les autres, ont en partie obtenu les mêmes résultats.

Les protubérances qui ont paru pendant l'éclipse totale ont été au nombre de 4, et toutes ont donné un spectre formé de lignes lumineuses dans un champ obscur. Il y en a eu une énorme, de trois minutes de degré de hauteur, ou d'environ dix diamètres terrestres, analysée par M. Rayet dans deux directions normales, et sur le spectre de laquelle il a compté neuf lignes lumineuses. Il a estimé que leur position approximative était celle des lignes caractéristiques du gaz hydrogène.

M. Janssen a fait, en cette occasion, une découverte plus importante encore, et désirée depuis longtemps par les astronomes: c'est celle de donner le moyen de reconnaître la présence de ces protubérances, même en dehors de l'époque des éclipses. Nous avons, comme d'autres, fait inutilement usage d'éclipses artificielles, et nous n'avions réussi, en employant des oculaires polarisateurs, qu'à apercevoir des voiles rosés dans l'intérieur des taches solaires; mais jamais nous n'avions pu en voir, ni moi ni le célèbre astronome Dawes, sur le bord du disque. La connaissance de cette découverte est arrivée en Europe, au moment même où elle était aussi faite par M. Lockyer, savant anglais, avant que les lettres de M. Janssen eussent été publiées. Il suffit réellement, pour reconnaître ces protubérances, d'avoir un bon spectroscopie, et une lunette à long foyer qui procure une plus grande image.

Comme l'avis de la découverte a été donné, sans la description des détails nécessaires pour pouvoir répéter l'expé-

rience, nous croyons rendre service aux astronomes en leur indiquant le procédé qui nous a réussi pour la confirmer.

On a appliqué à l'équatorial de Merz un excellent spectroscope de M. Hoffmann de Paris, composé de deux prismes de flint lourd, en réduisant l'ouverture de la lunette à huit centimètres, de crainte que trop de chaleur ne compromît l'appareil. En faisant alors coïncider le limbe solaire avec la petite fente de l'instrument, après une courte recherche le phénomène s'est présenté dans toute sa beauté.

On a vu, au sommet sud du disque du Soleil, les lignes noires *C* et *F* du spectre solaire se transformer, dans la moitié de leur longueur, en lignes lumineuses, le noir étant la continuation du spectre dû à la lumière extérieure au disque. En déplaçant légèrement l'instrument, on a réussi à ce que la ligne lumineuse occupât le milieu du spectre, en restant détachée du bord solaire, ce qui prouvait que la protubérance à laquelle cette ligne était due était isolée du disque solaire. La ligne *C*, qui est dans la région rouge, était beaucoup plus vive et plus longue que sa correspondante *F* qui est dans le bleu, et celle-ci paraissait encore en partie transformée en ligne lumineuse. Une ligne jaune à côté du groupe *D*, du côté du bleu, s'est notablement ravivée.

En cherchant d'autres points de la périphérie solaire, nous en avons trouvé un très-grand nombre donnant lieu aux mêmes lignes, mais beaucoup plus courtes. Les groupes principaux et les plus beaux étaient situés, l'un à environ 45 degrés et un autre à 160 du premier, du côté de l'ouest apparent. Un autre, intermédiaire entre ceux-là, a excité notre surprise par la scintillation intermittente qu'il émettait, scintillation qui, ayant duré quelques minutes et ayant été vue par plus d'un observateur, ne peut laisser de doute sur sa réalité.

Nous ne pouvons analyser encore entièrement un phénomène si nouveau, et nous devons en laisser le soin à d'autres personnes qui en ont été témoins. Nous noterons, cependant, trois points non encore signalés.

1° Nous n'avons pas vu partout la ligne noire *C* se transformer en ligne lumineuse, et il y a une lacune de cette ligne sur presque tout le contour du disque solaire.

2° Plusieurs lignes lumineuses changent notablement d'intensité près le bord du disque. Cela a lieu pour celle près de *D* indiquée ci-dessus, et il y en a aussi une spéciale, dans le groupe du magnésium, qui a paru se renforcer sensiblement, ainsi que plusieurs autres avec elle.

3° Ces points brillants sont plus nombreux près des taches et dans leurs zones.

La première de ces observations démontre que l'hydrogène existe, en général, sur tout le Soleil, mais qu'il n'est pas partout assez vif pour surpasser la lumière de la photosphère. La seconde ouvre un nouveau champ à plusieurs recherches qu'il est inutile d'exposer ici.

Puisqu'il est si facile de voir ce phénomène, on peut demander pourquoi il a si longtemps échappé aux recherches spectrales ? La réponse est simple : Nous nous étions proposé plusieurs fois de faire cette étude, mais nous en avons été détourné en voyant l'inutilité des tentatives d'autres observateurs. M. Lockyer lui-même avait abandonné cette recherche, après deux ans d'essais infructueux, et il ne l'a reprise qu'à l'ouïe des résultats obtenus par M. Rayet. Nous devons donc cette brillante découverte à l'éclipse du 18 août, qui a été le stimulant pour de si importantes études.

La connaissance de notre astre central s'avance par là d'un pas. La quantité d'hydrogène qu'on y trouve ne doit pas surprendre, puisque nos recherches ont démontré que la moitié des étoiles ne montrent d'autres raies distinctes que celles de ce gaz. Nous avons soupçonné d'abord que la raie solaire lumineuse près de *D* lui appartenait très-probablement ; mais nous nous sommes convaincus que non, par des mesures exactes, prises avec un tube de Geissler à hydrogène pur. Cette ligne est singulière et mérite attention ; elle ne correspond à aucune ligne noire notable ; il n'y en a aucune

noire à cette place dans la figure de Kirchhoff, et nous n'en avons point trouvé non plus avec un spectromètre à sept prismes. Cette raie lumineuse se trouve à une distance de  $D''$  égale à une fois et demie l'intervalle  $D'D''$  de Fraunhofer. En ajoutant aux deux prismes primitifs du spectroscope solaire, un autre prisme à vision directe, équivalant dans sa dispersion à ces deux prismes, nous n'avons pas vu de raie noire correspondant à celle qui devient lumineuse. Il y a de même, près de la première raie du magnésium, une autre raie dont la lumière se vivifie notablement.

Nous avons vu deux fois deux des raies attribuées à l'air par Kirchhoff, numérotées, l'une 85,8, l'autre 115,3, se renforcer fortement; et comme il y avait alors dans le ciel de petits nuages du genre des *cirri*, j'ai présumé qu'on pouvait leur attribuer cet effet; mais, avec un ciel nouvellement couvert de ces nuages, le phénomène n'a plus eu lieu. On pourrait conclure de là que, dans le premier cas, il y avait une protubérance d'azote ou d'oxygène. Quoi qu'il en soit, il y a là un grand champ ouvert à l'observation, et il pourra en résulter quelque modification importante à la théorie de Kirchhoff.

Nous nous proposons de suivre ces recherches de spectroscopie. Outre les singulières propriétés des divers types d'étoiles qu'elles nous ont fait découvrir, elles nous ont permis de vérifier que, tandis que la planète Vénus a une atmosphère à vapeur aqueuse analogue à la nôtre, il y a dans Jupiter un élément différent qui nous est encore inconnu.

#### *Addition du traducteur.*

Il a paru, dans le *Compte rendu* de la séance de l'Académie des Sciences de Paris du 23 novembre, une lettre du P. Secchi; elle renferme la plupart des détails précédents, avec quelques particularités de plus, qui nous semblent devoir être relatées ici.

« Quand la fente du spectroscopie, dit M. Secchi, est perpendiculaire au bord du disque solaire, la ligne lumineuse C n'est longue que de 10 à 15 secondes de degré, excepté dans le voisinage des taches où elle est quatre fois plus longue. On rencontre autour du disque beaucoup de points où cette ligne est séparée du bord ; ces points correspondent sans doute à des nuages isolés, comme l'a observé M. Janssen. Quand la fente est parallèle à la tangente du bord, on trouve partout une ligne brillante, qui parfois se partage en fragments, ce qui prouve que la couche gazeuse rose est continue, mais très-irrégulière dans son contour. La raie la plus facilement renversée (c'est-à-dire devenue lumineuse, de noire qu'elle était sur le disque) est C. La raie F l'est aussi, mais elle est plus faible et plus courte. Là où la raie C ne devient pas brillante, près le bord du Soleil, la raie noire ne paraît pas et le spectre devient uniforme, le renversement étant seulement partiel.

« Quant aux lignes lumineuses qui deviennent très-vives et brillantes dans certaines régions, il y en a une dans le rouge, au contact et au bord de la raie B du côté de C ; il y en a une autre à une petite distance de D, à environ  $1 \frac{1}{2}$  largeur de cette raie du côté du violet ; une autre se trouve dans le vert entre les deux larges raies du magnésium ; il y en a enfin plusieurs autres dans le fer. »

D'après une communication faite par M. Warren de la Rue à la séance de l'Académie du 9 novembre, M. Lockyer évalue à huit mille kilomètres l'épaisseur de la nouvelle enveloppe solaire gazeuse. Il dit qu'elle est régulière dans son contour, et que le spectroscopie révèle son existence au pôle comme à l'équateur du Soleil, à une distance sensiblement égale du disque de l'astre. M. Lockyer annonce qu'il fait voir, dans une communication adressée à la Société royale de Londres, comment on peut déterminer la *température* de cette nouvelle enveloppe.

A.G.

## PHYSIQUE.

**J.-C. POGGENDORFF. UNTERSUCHUNGEN, etc. RECHERCHES SUR LA TRANSMISSION DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LES GAZ RARÉFIÉS A PROPOS D'UN TUBE ÉLECTRIQUE IMAGINÉ PAR M. HOLTZ. (Monatsberichte, décembre 1867, et Poggend. Annalen, vol. CXXXIV, p. 1.)**

L'auteur commence par décrire le tube imaginé par M. Holtz et qui n'est qu'une forme particulière des tubes de Geissler. Il consiste en un cylindre en verre, long de 2 pieds, ayant un diamètre de 6 lignes environ, divisé en cinq compartiments par de petites cloisons intérieures en forme d'entonnoirs : il est rempli la plupart du temps d'hydrogène très-raréfié. Or, l'appareil ainsi construit présente la même propriété que la soupape de Gaugain, à savoir qu'il conduit mieux l'électricité dans un sens que dans l'autre, ce qui doit tenir évidemment à l'action des entonnoirs ; la disposition des stries dans l'intérieur de ce tube varie également, suivant le sens du courant. Appelons une fois pour toutes avec M. Poggendorff position positive, la position du tube dans le cas où les pointes effilées des entonnoirs sont tournées vers le pôle positif, et négative la position inverse. M. Holtz trouvait quatre stries dans chacune des subdivisions du tube positif, et cinq dans le cas contraire ; l'auteur a obtenu un résultat analogue avec d'autres tubes de Holtz, ce qu'il s'explique par le fait que dans le premier cas les stries sont repoussées de la pointe de chaque entonnoir dans l'intérieur du suivant où on ne les voit pas toutes, quoique leur nombre soit le même. Elles sont très-visibles dans les intervalles plus larges entre les entonnoirs, moins distinctes dans les parties effilées qui sont aussi les plus brillantes, et en avant desquelles il y a au contraire un espace obscur comme vers le pôle négatif.

Le fait que le tube de Holtz conduit mieux l'électricité dans un sens que dans un autre ressort avec évidence de

l'expérience suivante : Deux tubes identiques étant placés en sens inverse l'un à côté de l'autre et reliés avec la machine d'induction, le courant passe toujours dans celui des deux tubes qui occupe par rapport à lui la position positive, tandis que l'autre reste obscur ; quand on change le sens du courant on change en même temps les rôles des deux tubes, ce qui montre que ça ne tient pas à des propriétés différentes de ces deux tubes. Ayant voulu apprécier la différence de résistance des deux tubes, l'auteur la trouva égale à celle d'une corde mouillée de deux pouces de longueur, c'est-à-dire égale à peu près à 49140 unités de Siemens. Il opérait avec une très-forte bobine d'induction dont le fil secondaire présentait une résistance de 15610 unités de Siemens.

L'auteur passe ensuite à la description détaillée des divers phénomènes que présente le passage dans ces tubes du *courant d'influence* ou décharge de la machine de Holtz, suivant qu'il est *continu* ou *discontinu*, c'est-à-dire par étincelles ou *explosif*, tel qu'on l'obtient en faisant usage de la petite bouteille de Leyde tubulaire qui accompagne la machine de Holtz.

*La décharge continue* à travers un tube positif donne, dans les intervalles des entonnoirs, une série de colonnes lumineuses qui ne présentent point de stries, à moins que l'on ne touche le pôle positif, ce qui a pour effet de rendre le phénomène lumineux plus intense et de faire apparaître des stries. En touchant le pôle négatif on affaiblit au contraire l'éclat de la lumière et l'on ne produit point de stries. Dans le tube négatif la décharge continue donne une lumière violette sans stries, même lorsqu'on touche l'un ou l'autre des deux pôles. Si l'on a deux tubes de Holtz accouplés et de sens inverse, le courant ne passe que dans le tube positif. L'auteur n'a pu arriver à le faire passer par le tube négatif en introduisant dans le circuit du tube positif une forte résistance, telle que celle d'une corde mouillée de trente pieds de longueur. L'excès de résistance du tube négatif est donc beau-

coup plus fort dans le cas du courant d'influence que dans le cas du courant d'induction; on peut le vaincre néanmoins en introduisant une colonne de gaz raréfié dans le circuit du tube positif. Le courant passe presque indifféremment dans un tube négatif ou dans un système de deux tubes positifs placés à la suite l'un de l'autre, mais ce dernier l'emporte quand on vient à toucher le pôle positif.

*La décharge discontinue* produit un nuage violet très-brillant dans tout le tube sauf dans les espaces qui entourent les entonnoirs; au pôle négatif apparaît une belle fluorescence jaune, qui se retrouve également à la base des entonnoirs quand ils ont leurs pointes tournées vers le pôle positif. Le courant passe presque également dans les deux tubes accouplés en sens inverse.

*La décharge avec explosion* donne une lumière claire et sans stries, et il n'y a point de différence dans l'apparence des deux tubes. Dans le cas des deux tubes accouplés la décharge passe uniquement dans le tube positif quand l'étincelle de la machine est très-courte; mais lorsqu'elle dépasse quelques lignes, la décharge passe aussi un peu dans le tube négatif: elle passe même en entier dans ce dernier lorsqu'on introduit une corde mouillée d'un pied de long dans le circuit du tube positif.

Ici il faut distinguer deux cas, celui où la décharge avec bouteille de Leyde s'effectue sans qu'il y ait interruption dans le circuit qui conduit au tube, c'est-à-dire sans production d'étincelle, et celui où il y a interruption, c'est-à-dire étincelle. Aucun de ces deux modes de décharge ne produit des stries dans le tube. Mais on peut les obtenir dans le premier cas, en introduisant une faible résistance dans le circuit, telle que celle d'une colonne de gaz raréfié. Dans le second cas il faut une résistance plus considérable, et alors on a presque le même effet qu'avec le courant d'induction. En introduisant une corde mouillée de quinze pieds, on obtient quatre stries très-marquées dans chaque compartiment du

tube positif, et dans le tube négatif un brouillard presque invisible sans stries; puis, en raccourcissant la corde, l'on a dans les deux positions du tube des stries très-nombreuses et bien marquées, si toutefois les étincelles sont suffisamment grandes. Quand on emploie des résistances métalliques et pour peu que l'étincelle dépasse une ligne, il passe dans le tube deux courants, l'un direct, l'autre indirect. En réglant convenablement la longueur de l'étincelle, on arrive à séparer entièrement ces deux courants et à les faire passer chacun séparément dans l'un des deux tubes accouplés en sens inverse, mais on obtient encore mieux cet effet avec la soupape de Gaugain.

*La soupape de Gaugain* est un tube plein d'air raréfié dans lequel pénètrent deux électrodes de grandeurs très-différentes et ne laissant guère à cause de cela passer le courant que dans un seul sens; de là son nom. Celles sur lesquelles M. Poggendorff a opéré, consistaient en un tube de verre d'un pied à un pied et demi de long et de dix à treize lignes de diamètre, ayant comme électrodes d'un côté un disque d'aluminium d'une section égale à celle du tube, de l'autre un mince fil du même métal avançant dans l'intérieur du tube ou bien au contraire coupé à son entrée dans celui-ci de manière à ne présenter que sa section au passage du courant. Ces soupapes différaient de celles de Gaugain en ce qu'elles étaient pleines d'hydrogène aussi raréfié que le permettait une pompe à mercure.

L'auteur a fait diverses expériences sur le passage du courant d'induction au travers de ces soupapes et a trouvé que:

Lorsque le pôle négatif du courant de rupture est du côté du disque, ce courant passe seul;

Lorsque deux soupapes sont placées l'une à côté de l'autre dans le même sens et de manière que le fil d'aluminium soit le pôle négatif du courant de rupture, les deux courants passent dans chacun des deux tubes;

Enfin lorsque les deux soupapes sont accouplées en sens

contraire, le courant de rupture passe seulement dans celle dont le disque est du côté de son pôle négatif, tandis que le courant de fermeture passe uniquement dans l'autre. Mais ces résultats dépendent en partie de l'intensité du courant d'induction.

Avec le courant d'influence le phénomène est exactement inverse, c'est-à-dire que ce dernier passe au travers du tube dans lequel le disque est l'électrode positive plutôt que dans l'autre, et cela malgré la résistance que l'on peut introduire dans le circuit du premier. Le disque de la soupape de Gaugain joue donc le même rôle que les pointes des entonnoirs dans les tubes de Holtz.

Enfin, l'auteur termine son mémoire en indiquant quelques procédés à l'aide desquels on peut produire des stries dans l'intérieur d'un tube à gaz raréfié quand elles ne s'y produisent pas naturellement. Nous avons vu plus haut qu'il avait dans certains cas favorisé la production des stries en touchant avec le doigt l'une des électrodes du tube de manière à former un courant de dérivation. L'auteur arriva à un résultat analogue en disposant un anneau en étain au milieu du tube et touchant cet anneau avec le doigt : il obtint alors des stries très-marquées dans la moitié du tube adjacente au pôle positif.

Enfin, il indique comme dernier procédé, une élévation de température. En effet, ayant échauffé le milieu de son tube avec une flamme à alcool, il vit apparaître des stries de part et d'autre de cette flamme, et cet état se prolonger après que le tube avait été refroidi du moins dans le cas du courant d'influence, car dans le cas du courant d'induction, le retour d'une température plus basse suffisait à rétablir l'état primitif.

L'auteur se déclare pour le moment incapable de donner une explication quelconque de ces faits qu'une étude plus complète de la question parviendra peut-être à éclaircir, mais sur lesquels la science manque encore presque entière-

ment des données suffisantes, surtout en ce qui tient à la stratification de la lumière électrique. E. S.

---

A. KUNDT. UEBER DIE SPECTREN, etc. SUR LES SPECTRES DES ÉCLAIRS.  
(*Pogg. Ann.*, v. CXXXV, p. 345.)

L'arc voltaïque donne un spectre très-net composé d'un certain nombre de raies brillantes dont les unes proviennent des particules métalliques arrachées aux conducteurs, les autres de l'air incandescent traversé par l'étincelle. En faisant varier la nature des électrodes, on peut reconnaître sans peine celles de ces raies qui appartiennent exclusivement à l'air, et ce sont celles-là évidemment qui doivent aussi constituer le spectre des éclairs.

L'auteur s'est servi pour faire ces observations d'un petit spectroscopie à vision directe de Hoffmann, dont il avait enlevé la lunette. De cette façon l'on obtient un spectre sans aucun grossissement, mais en revanche plus brillant et plus net dans lequel un œil suffisamment exercé peut apercevoir un grand nombre de lignes de Fraunhofer. Dans le cas d'un éclair composé d'une seule étincelle brillante en un seul point du ciel, on ne recevra en général dans l'appareil que la lumière réfléchiée par les nuages, mais dans le cas d'un éclair diffus, illuminant une grande partie du ciel, on peut opérer sur la lumière qui en émane directement.

L'auteur a observé trois séries d'éclairs durant trois orages différents et n'a pas tardé à reconnaître deux espèces de spectres fort distincts, les uns se composant d'un certain nombre de lignes brillantes très-tranchées, les autres de bandes plus larges, plus pâles, à intervalles à peu près réguliers. De plus, parmi ces derniers, il en est qui ne présentent de bandes que dans le bleu et le violet, d'autres qui en ont encore dans le vert et même dans le rouge.

Or, les spectres à raies brillantes correspondaient toujours à un sillon lumineux accompagné d'une détonation très-brus-

que et très-forte, éclair de première classe d'Arago ; tandis que les spectres à bandes provenaient sans exception d'éclairs diffus ou de seconde classe. La coloration si différente de ces deux classes d'éclairs faisait prévoir d'avance une grande différence dans leurs spectres ; car tandis que les premiers présentent toujours une lumière plus ou moins blanche, les autres sont généralement rouges, parfois aussi violets ou bleuâtres. Il en est sur ce point des éclairs comme de la décharge électrique, qui est d'une blancheur intense, quand elle consiste en une simple étincelle, qui au contraire devient rouge, violette ou bleu, quand elle se fait sous forme de faisceau ou d'aigrette, et qui enfin, suivant l'un ou l'autre cas, comme l'ont constaté Plucker, Hittorf et d'autres, donne un spectre à lignes brillantes ou à bandes. L'auteur conclut donc de ses observations que les éclairs répandus sur une grande portion du ciel sans présenter aucun sillon lumineux proviennent d'une décharge sous forme de faisceau ou d'aigrette. A ses yeux plusieurs circonstances concourent à favoriser ce mode de décharge : d'abord la forme irrégulière et la faible conductibilité des nuages qui tendent à produire un grand nombre de décharges, un faisceau plutôt qu'une seule et unique étincelle ; ensuite la raréfaction de l'air dans la portion du ciel où se produisent les orages. Dove a bien démontré que les éclairs de seconde classe sont discontinus et formés de plusieurs décharges.

De l'étude des éclairs l'auteur passe ensuite à celle du tonnerre. Il ne croit pas qu'il faille attribuer dans tous les cas l'absence de tonnerre à la trop grande distance, il admet au contraire qu'il peut se produire même à de petites distances des éclairs qui ne soient accompagnés d'aucune espèce de détonation, et ceux-là seraient précisément des décharges sous forme d'aigrette, lesquelles, comme on le sait, ne produisent presque aucun bruit.

Quant au roulement du tonnerre, on l'attribue tantôt aux zigzags que fait l'éclair, tantôt aux échos provenant des nua-

ges, tantôt à l'interférence des sons; mais aucune de ces explications n'est bien satisfaisante et l'auteur en trouve une nouvelle dans la forme qu'affecte la décharge électrique. En effet, les éclairs de première classe ne font entendre la plupart du temps qu'un seul coup de tonnerre sec, parce qu'ils ne proviennent que d'une seule décharge; ceux de deuxième classe au contraire, qui se prolongent plus longtemps et se composent d'une série de petites décharges simultanées, font entendre des roulements de tonnerre prolongés, lesquels, suivant M. Kundt, tiendraient avant tout à cette multiplicité de décharges. Il va sans dire qu'à côté de cette action prépondérante la réflexion du son par les nuages ou les montagnes, doit aussi jouer son rôle. Il est rare, il est vrai, de n'entendre qu'un seul et unique coup de tonnerre, cela tient à ce que la décharge principale d'un éclair de première classe est presque toujours accompagnée d'autres décharges plus faibles, et c'est ce que M. Kundt a constaté en voyant souvent un même éclair donner les deux espèces de spectres.

L'auteur insiste, en terminant, sur les différences qu'il a constatées entre les spectres de première classe quant au nombre et à la nature des lignes brillantes qui les composent. Il voit là jusqu'à un certain point une confirmation du fait avancé par Fusinieri, à savoir que les éclairs jaillissant entre la terre et un nuage entraînent toujours avec eux une certaine quantité de particules solides incandescentes variant avec la nature du lieu. C'est encore là cependant un point obscur sur lequel M. Kundt se propose de continuer ses recherches.

E. S.

---

### CHIMIE.

E. ADOR et A. BÆYER. SUR L'ALDÉHYDINE. (*Ber. der Deutsch. Chem. Gesell.*, 1868, p. 189.)

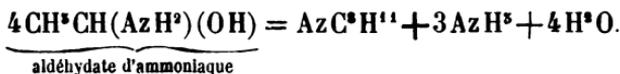
L'un des auteurs avait décrit, il y a quelque temps déjà,

une base volatile résultant de l'action de l'aldéhydate d'ammoniaque sur l'urée à chaud. M. Bæyer a repris ses recherches sur cette substance avec M. Ador, et ces chimistes ont trouvé que l'on obtient un produit plus abondant quand on chauffe à 120—130° l'aldéhydate et l'urée avec de l'acétate d'ammoniaque. Il se forme ainsi, avec un liquide aqueux, une huile, l'*aldéhydine*, qui bout à 175° et qui possède la composition  $AzC^8H^{11}$  (en atomes).

L'aldéhydine est une huile plus légère que l'eau dans laquelle elle est peu soluble; son odeur est forte, stupéfiante, semblable à celle de la conicine. Sa formule se différencie de celle de la conicine par une teneur de quatre atomes d'hydrogène en moins. Les auteurs ont cherché, sans succès, à y fixer de nouvelles proportions d'hydrogène au moyen de l'amalgame de sodium.

Le chlorhydrate d'aldéhydine est très-soluble dans l'eau; il cristallise en aiguilles; avec le bi-chlorure de platine il se résinifie; le ferricyanure de potassium et le nitrate de mercure y produisent un précipité cristallin.

L'aldéhydine dérive de l'aldéhydate d'ammoniaque d'après l'équation suivante:



Elle renferme une molécule d'eau de moins que la tétraldine de Schiff. C'est un poison faible qui agit comme narcotique sur le système central. M. D.

## ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. GOLTZ. OBSERVATIONS SUR L'EFFET QUE PRODUIT L'ABLATION DU CERVEAU CHEZ LES GRENOUILLES.

Dans la séance, tenue le 22 septembre dernier, du congrès des naturalistes et médecins allemands réunis à Dresde, M. le professeur Goltz a communiqué les résultats de ses obser-

vations sur des grenouilles auxquelles il avait enlevé le cerveau depuis quelques mois. Il a trouvé :

1° Que lorsqu'on ne les a pas irritées, elles demeurent parfaitement en repos, mais qu'elles voient et savent éviter par des efforts spontanés les obstacles placés sur leur route quand on les excite artificiellement à sauter ;

2° Qu'elles possèdent le plein contrôle de leur équilibre, et ne sont par conséquent point dépourvues de toute intelligence ;

3° Que si à l'ablation du cerveau on ajoute la destruction des lobes optiques, ces animaux deviennent incapables de se maintenir en équilibre ; néanmoins si on les place de force sur le dos, ils se retournent sur le ventre avec la même facilité qu'une grenouille à l'état normal. — Des faits précédents, M. Goltz conclut que le pouvoir intellectuel n'est pas limité à une portion déterminée du cerveau, mais qu'au contraire chaque partie cérébrale qui préside à un mode spécial de mouvement possède sa propre quantité déterminée d'intelligence ;

4° Que la moelle épinière seule paraît entièrement dénuée de puissance intellectuelle ;

5° Qu'avec l'ablation du cerveau, des lobes optiques et du cervelet s'éteint la faculté de déterminer des mouvements normaux coordonnés ;

6° Que d'une manière assez constante la seule ablation du cervelet entraîne une modification non correspondante de coloration de part et d'autre de la ligne médiane.

---

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

**M. le prof. E. PLANTAMOUR**

PENDANT LE MOIS DE NOVEMBRE 1868.

- 
- Le 1<sup>er</sup>, gelée blanche le matin, forte rosée le soir.
- 2, id. id brouillard de 6 h. à 10 h. matin.
- 3, gelée blanche le matin; belle couronne lunaire le soir.
- 4, gelée blanche le matin.
- 6, de 8 h. du soir, au lendemain à la même heure, il a neigé sans interruption, avec une forte bise depuis le 7 à midi. La hauteur de la neige tombée a été de 10 centimètres, et la neige est restée plusieurs jours sur le sol avant d'avoir fondu.
- 12, forte bise depuis 2 h. après midi jusqu'au lendemain à la même heure.
- 14, pluie et neige, à plusieurs reprises dans la journée.
- 17, gelée blanche.
- 18, brouillard presque tout le jour; dépôt de givre.
- 19, brouillard jusqu'après midi.
- 21, brouillard le soir, gelée blanche.
- 22, brouillard tout le jour.
- 23, brouillard le matin.
- 25, brouillard le matin.
- 30, gelée blanche le soir.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 à 10 h. matin .....	738,85	Le 6 à 9 h. soir .....	713,36
9 à 8 h. soir .....	723,53	10 à 4 h. soir .....	721,62
13 à 10 h. matin .....	734,89	15 à 6 h. matin .....	726,01
18 à 10 h. matin .....	733,38	19 à 2 h. soir .....	728,65
21 à 10 h. matin .....	731,43	23 à 7 h. matin .....	719,99
24 à 8 h. soir .....	725,35	26 à 2 h. soir . . . . .	719,25
30 à 10 h. matin . . . . .	726,58		

Jour du mois.	Baromètre.			Température C.			Tension de la vap.			Fract. de saturation en millimètres.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarié moy. du Ciel.	Temp. du Rhône.		Limnètre à 1 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale.	millim.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	millim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d les 24 h.	Nomb.			°	Midi.		Écart avec la temp. normale.	cm.
1	737,94	+14,56	0,3	+5,61	-1,45	0	+12,7	5,85	-0,58	848	+5	580	1000	...	SSO.	1	0,20	11,9	—	132	
2	735,77	+9,41	0,6	+5,32	-1,56	0,2	+14,0	6,20	-0,15	901	+58	710	1000	...	variable	1	0,30	11,9	0,1	131	
3	733,50	+7,13	0,2	+6,48	-0,23	0,2	+14,9	5,76	-0,31	785	+58	540	990	...	SO.	1	0,18	12,0	+0,3	129	
4	730,57	+4,19	+1,9	+8,33	+1,79	+1,9	+16,7	5,28	-0,91	638	-186	350	990	...	S.	1	0,00	12,0	+0,5	127	
5	724,38	-2,01	+5,3	+9,36	+2,99	+5,3	+12,0	5,98	-0,13	677	-167	580	850	0,7	SSO.	2	0,83	10,3	+0,1	124	
6	716,31	-10,09	0,0	+3,63	-2,57	0,0	+9,7	5,85	-0,19	997	+153	960	1000	19,3	N.	1	1,00	11,8	-0,5	122	
7	715,27	-11,14	0,1	+3,22	-2,81	0,1	+1,1	4,66	-1,41	998	+154	950	1000	22,4	NNE.	3	1,00	10,5	-0,6	120	
8	717,35	-9,08	+0,3	+4,46	-4,40	+0,3	+3,9	4,42	-1,48	886	+42	640	1000	0,9	NNE.	2	1,00	—	—	122	
9	722,98	-3,87	0,1	+4,44	-4,25	0,1	+3,9	3,45	-2,38	694	-151	550	790	...	variable	1	0,69	10,1	—	122	
10	721,97	-4,50	0,2	+3,47	-5,15	0,2	+3,2	3,82	-1,94	816	-29	630	970	...	S.	1	0,92	9,9	—	121	
11	726,27	-0,22	0,7	+0,85	-4,51	0,7	+3,0	3,81	-1,88	786	-59	690	940	...	NNE.	1	1,00	9,9	—	120	
12	729,34	+2,83	0,2	+2,50	-2,69	0,2	+4,5	4,31	-1,31	785	-60	710	920	...	NNE.	2	0,98	9,8	—	119	
13	734,31	+7,78	+2,9	+3,51	-1,52	+2,9	+4,2	4,12	-1,43	714	-131	670	740	...	NNE.	2	0,98	9,2	—	115	
14	728,01	+1,46	+0,9	+1,30	-3,56	+0,9	+4,1	4,27	-1,21	862	+16	800	950	0,9	variable	1	1,00	9,6	—	112	
15	726,73	+0,16	0,2	+0,87	-3,83	0,2	+2,0	3,89	-1,52	805	-41	730	880	...	NNE.	2	1,00	—	—	111	
16	720,92	+2,92	0,2	+0,07	-4,61	0,2	+4,0	3,76	-1,59	828	-18	600	940	...	variable	1	0,22	9,4	—	110	
17	730,04	+3,41	+4,2	+0,44	-4,79	+4,2	+5,2	4,54	-1,25	902	+56	670	1000	...	SSO.	1	0,30	9,3	—	108	
18	732,73	+6,04	-3,8	+0,24	-4,46	-3,8	+1,7	4,24	-0,98	929	+82	860	990	...	variable	1	1,00	9,0	—	105	
19	729,53	+2,81	+1,0	+0,91	-3,15	+1,0	+5,1	4,54	-0,63	925	+78	780	1000	...	N.	2	0,91	8,9	—	104	
20	729,79	+3,04	0,3	+0,51	-3,40	0,3	+1,4	3,94	-1,17	840	-7	900	960	...	NNE.	1	1,00	8,8	—	103	
21	730,78	+4,00	+2,8	+0,31	-4,07	+2,8	+2,3	3,95	-1,10	900	+52	740	1000	...	variable	1	0,78	8,7	—	103	
22	726,39	+0,42	3,0	+0,75	-4,36	3,0	+1,2	4,34	-0,66	991	+142	910	1000	...	SO.	1	1,00	—	—	104	
23	720,46	-6,38	0,1	+3,99	-0,53	0,1	+6,9	6,19	-1,24	991	+142	960	1000	4,4	variable	1	1,00	8,5	—	104	
24	723,85	-3,02	+4,0	+5,31	-2,00	+4,0	+7,0	6,55	-1,65	986	+137	930	990	7,2	variable	1	1,00	8,5	—	104	
25	721,83	-5,07	3,1	+5,36	-2,19	3,1	+7,7	6,12	-1,27	943	+63	810	980	...	variable	1	0,98	8,5	—	104	
26	719,53	-7,40	+4,2	+5,34	-2,32	+4,2	+6,9	6,20	-1,40	932	+82	880	980	2,9	SE.	1	1,00	8,7	—	105	
27	721,54	-5,42	3,9	+5,90	-3,02	3,9	+7,0	5,52	-0,77	796	-55	730	820	...	N.	1	0,99	8,7	—	106	
28	720,57	-6,43	+4,7	+5,22	-2,48	+4,7	+7,0	5,53	-0,83	846	-5	770	920	0,1	NNE.	1	0,99	8,7	—	104	
29	725,00	-2,03	3,3	+4,15	-1,56	3,3	+5,7	4,63	-0,02	762	+90	700	810	...	NNE.	1	0,93	8,7	—	103	
30	725,98	-1,09	+1,4	+2,95	-0,50	+1,4	+5,2	4,44	-0,17	810	-43	680	1000	...	NNE.	1	0,48	8,2	—	103	

## MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1868.

6 h. m.    8 h. m.    10 h. m.    Midi.    2 h. s.    4 h. s.    6 h. s.    8 h. s.    10 h. s

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	725,86	726,28	726,36	725,76	725,07	724,90	725,12	725,04	725,00
2 <sup>e</sup> " "	729,34	729,77	730,04	729,72	729,41	729,56	729,98	730,28	730,41
3 <sup>e</sup> " "	723,69	723,94	724,18	723,74	723,29	723,22	723,51	723,63	723,74
Mois	726,30	726,66	726,86	726,41	725,92	725,90	726,20	726,32	726,38

### Température.

	<sup>0</sup>	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}	^{0}
1 <sup>re</sup> décade	+ 1,87	+ 2,40	+ 5,20	+ 7,02	+ 7,92	+ 6,68	+ 4,83	+ 3,46	+ 3,01
2 <sup>e</sup> " "	— 0,27	+ 0,18	+ 1,29	+ 2,13	+ 2,82	+ 2,26	+ 1,43	+ 1,13	+ 0,80
3 <sup>e</sup> " "	+ 3,02	+ 3,21	+ 4,07	+ 4,99	+ 5,21	+ 4,86	+ 3,98	+ 3,61	+ 3,13
Mois	+ 1,54	+ 1,93	+ 3,52	+ 4,71	+ 5,32	+ 4,60	+ 3,41	+ 2,74	+ 2,31

### Tension de la vapeur.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	4,79	4,87	5,39	5,47	5,19	5,20	5,31	5,20	4,98
2 <sup>e</sup> " "	4,12	3,95	4,16	4,27	4,31	4,15	4,15	4,05	3,95
3 <sup>e</sup> " "	5,13	5,23	5,40	5,43	5,53	5,51	5,48	5,38	5,30
Mois	4,68	4,68	4,98	5,06	5,01	4,95	4,98	4,88	4,74

### Fraction de saturation en millimètres.

1 <sup>re</sup> décade	907	895	808	734	663	716	820	878	870
2 <sup>e</sup> " "	917	853	830	801	765	771	818	818	822
3 <sup>e</sup> " "	898	905	875	826	828	850	896	897	915
Mois	907	884	838	787	752	779	845	864	869

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
1 <sup>re</sup> décade	+ 0,39	+ 9,21	0,61	11,06	43,3	125,0
2 <sup>e</sup> " "	— 0,91	+ 3,52	0,84	9,32	0,9	110,7
3 <sup>e</sup> " "	+ 1,61	+ 5,69	0,91	8,56	11,6	104,2
Mois	+ 0,36	+ 6,14	0,79	9,64	55,8	113,3

Dans ce mois, l'air a été calme 0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,87 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 22<sup>o</sup>,7 E., et son intensité est égale à 30,0 sur 100.

# TABLEAU

## DES

### OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1868.

- Le 6, il a neigé tout le jour, mais le vent a emporté une partie de la neige tombée du pluviomètre.
- 7, brouillard une partie de la journée.
- 8, 9, id. tout le jour.
- 10, id. à 6 heures du matin.
- 14, id. une partie de la journée.
- 23, id. id. id. le vent a emporté une partie de la neige tombée dans la journée et aussi de celle tombée dans la nuit.
- 15, 16, id. toute la journée.
- 17, id. jusqu'à 8 heures du soir.
- 18, id. depuis 6 heures du soir.
- 19, id. jusqu'à midi.

#### *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

	MAXIMUM	MINIMUM.	
	mm	mm	
Le 1 à 6 h. soir . . . . .	573,83	Le 8 à 6 h. matin . . . . .	547,54
13 à 10 h. matin . . . . .	566,89	15 à 6 h. matin . . . . .	557,44
18 à midi . . . . .	567,19	20 à 6 h. matin . . . . .	562,29
21 à 8 h. soir . . . . .	565,38	23 à 6 h. soir . . . . .	560,41
24 à 8 h. soir . . . . .	562,26	26 à 6 h. soir . . . . .	555,24
30 à 10 h. soir . . . . .	562,03		

SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1868.

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.			Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.	
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.			Nombre d'heures.
	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.			
1	573,54	+10,35	572,56	0,15	+3,16	-2,0	+2,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,10
2	572,43	+9,30	571,51	+2,05	+5,49	-0,5	+5,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,03
3	569,74	+6,67	569,33	+1,65	+5,24	0,0	+4,2	.....	.....	.....	NE. 1	0,02
4	567,36	+4,36	566,92	+1,26	+5,00	0,5	+5,1	.....	.....	.....	NE. 1	0,01
5	561,62	+1,32	560,25	+0,60	+3,28	-3,7	+3,1	.....	.....	.....	SO. 1	0,73
6	554,05	-8,83	551,87	+3,53	+0,43	-4,1	+3,0	110	7,7	16	SO. 2	1,00
7	549,42	-13,40	548,65	-9,33	+5,17	-12,5	+2,5	160	21,3	16	NE. 1	1,00
8	550,18	-12,38	547,54	-12,32	+8,03	-13,2	-10,8	.....	.....	.....	NE. 3	1,00
9	554,03	-8,57	552,99	-13,60	+9,17	-14,5	-12,2	.....	.....	.....	NE. 2	0,93
10	554,25	-8,39	553,95	-12,90	+8,33	-16,0	-9,9	.....	.....	.....	NE. 2	0,17
11	559,17	-4,07	556,33	+5,50	+6,02	-13,4	+8,7	.....	.....	.....	NE. 1	0,04
12	562,24	-0,29	560,49	-10,72	+0,67	-8,8	+2,1	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
13	566,28	+3,80	565,53	-10,56	+1,39	-5,3	+1,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
14	559,00	+3,42	557,74	-10,56	+5,47	-13,7	+7,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,74
15	559,17	-3,20	561,04	-8,73	+5,58	-13,1	+8,1	.....	.....	.....	NE. 1	0,11
16	562,28	+0,04	561,55	-8,73	+3,38	-11,2	+5,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
17	563,76	+1,44	562,67	-4,28	+1,19	-6,0	+2,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
18	566,51	+4,34	565,63	-3,06	+2,53	-4,9	+0,1	.....	.....	.....	calme	0,00
19	563,67	+1,50	563,03	-3,42	+0,29	-6,5	+1,8	.....	.....	.....	calme	0,00
20	563,09	+0,97	562,29	-4,69	+0,67	-7,0	+2,6	.....	.....	.....	calme	0,30
21	564,84	+2,77	564,07	-5,65	+1,26	-6,1	+3,2	.....	.....	.....	calme	0,20
22	563,72	+1,69	562,93	-5,65	+0,42	-7,4	+3,4	.....	.....	.....	SO. 1	0,98
23	560,70	+1,28	560,41	-7,94	+1,76	-9,7	+6,8	40	1,7	8	SO. 3	1,00
24	561,25	+0,68	562,26	-6,40	+0,32	-6,6	+5,0	70	3,9	7	SO. 2	1,00
25	558,76	+3,13	557,89	-6,08	+0,11	-6,6	+5,2	.....	.....	.....	SO. 1	1,00
26	555,51	+6,34	555,24	-6,87	+0,36	-7,6	+4,8	.....	.....	.....	SO. 1	0,99
27	556,50	+5,31	555,65	-7,46	+2,51	-10,2	+7,8	.....	.....	.....	NE. 1	0,87
28	555,84	+5,97	555,60	-8,28	+1,45	-9,2	+7,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,44
29	558,84	-2,89	560,24	-4,86	+2,07	-7,3	+2,2	.....	.....	.....	calme	0,00
30	561,43	-0,26	560,39	-4,86	+2,07	-7,3	+2,2	.....	.....	.....	calme	0,00

\* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomètre placé dans l'air libre à l'ombre.

## MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1868.

6 h. m.   8 h. m.   10 h. m.   Midi.   2 h. s.   4 h. s.   6 h. s.   8 h. s.   10 h. s.

### Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	561,00	561,11	561,23	560,89	560,45	560,40	560,42	560,38	560,43
2 <sup>e</sup> " .	561,87	562,14	562,47	562,60	562,51	562,51	562,63	562,77	562,92
3 <sup>e</sup> " .	559,56	559,74	559,95	559,77	559,62	559,72	559,71	559,92	559,99
Mois	560,81	561,00	561,22	561,09	560,86	560,87	560,92	561,02	561,11

### Température.

1 <sup>re</sup> décade	4,96	5,05	4,29	2,93	2,98	4,11	5,22	5,96	5,55
2 <sup>e</sup> " .	8,15	7,68	6,63	4,23	4,54	6,03	7,20	7,50	7,32
3 <sup>e</sup> " .	7,25	6,84	6,49	5,45	5,42	6,25	6,91	7,24	7,04
Mois	6,79	6,52	5,80	4,20	4,31	5,46	6,44	6,90	6,64

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
1 <sup>re</sup> décade	— 6,70	— 1,82	0,50	29,0	270
2 <sup>e</sup> " .	— 8,99	— 3,97	0,09	0,0	0
3 <sup>e</sup> " .	— 8,05	— 4,98	0,66	5,6	110
Mois	— 7,91	— 3,59	0,41	34,6	380

Dans ce mois, l'air a été calme 32 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,90 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 25,6 sur 100.

\* Voir la note du tableau.



# BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

## TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXIII (NOUVELLE PÉRIODE)

1868. — N<sup>o</sup> 129 à 132.

	Pages
Théorie sur les relations qui existent entre certaines différences sexuelles de couleur chez les oiseaux et leur mode de nidification, par M. <i>A.-F. Wallace</i> .	5
Des effets chimiques produits dans les espaces capillaires, par M. <i>Becquerel</i> , père . . . . .	31
Les recherches récentes sur le fœhn, par M. <i>Ad. Hirsch</i> . . . . .	49
Résumé météorologique de l'année 1867 pour Genève et le Grand Saint-Bernard, par M. le professeur <i>E. Plantamour</i> . . . . .	89
Sur la correspondance entre les variations magnétiques et celles des courants électriques terrestres. Extrait d'une lettre de M. Airy à M. le professeur A. de la Rive. . . . .	129
Christian-Frédéric Schönbein . . . . .	136
Sur la chaleur latente de volatilisation du sel ammoniac et de quelques autres substances, par M. <i>C. Marignac</i> . . . . .	169
ARCHIVES, t. XXXIII. — Décembre 1868.	26

	Pages
Polarisation électrique et inégalité des électrodes de zinc amalgamé dans le sulfate de zinc, par <i>M. Édouard Patry</i> . . . . .	199
Notice sur la quatrième année des observations thermométriques et pluviométriques suisses, accompagnée de l'analyse de quelques travaux récents de météorologie helvétique, par <i>M. le professeur Gautier</i> . . . . .	204
Du magnétisme des combinaisons chimiques, par <i>M. Wiedemann</i> . . . . .	232
La lumière, ses causes et ses effets, par <i>M. Ed. Becquerel</i> . . . . .	257
L'Espagne scientifique, par <i>M. Ed. Mailly</i> . . . . .	298
Recherches préalables sur les principes immédiats du baume du Pérou, par <i>M. Marc Delafontaine</i> . . . . .	311
Sur une nouvelle série de réactions chimiques produites par la lumière, par <i>M. J. Tyndall</i> . . . . .	317

## BULLETIN SCIENTIFIQUE.

### ASTRONOMIE.

Rév. P. A. <i>Secchi</i> . Sur le spectre des protubérances solaires observé en plein soleil. . . . .	337
---	-----

### PHYSIQUE.

<i>Trèves</i> . Changement moléculaire produit par le magnétisme dans les barreaux d'acier. . . . .	74
<i>J. Stefan</i> . Application des vibrations de barres composées à la détermination de la vitesse du son. . . . .	76
<i>G. Magnus</i> . Sur la diathermansie de la Sylvine. . . . .	147

TABLE DES MATIÈRES.

363

Pages

<i>P. Desains.</i> Recherches sur les spectres calorifiques obscurs. ....	149
<i>Rodolphe Wolf.</i> Communications astronomiques. ....	242
<i>J.-C. Poggendorff.</i> Recherches sur la transmission de l'électricité dans les gaz raréfiés à propos d'un tube électrique imaginé par M. Holtz. ....	343
<i>A. Kundt.</i> Sur les spectres des éclairs. ....	348

**CHIMIE.**

<i>E. Frankland.</i> Sur la combustion de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone dans l'oxygène sous une forte pression. ....	77
<i>E. Ador et A. Bæyer.</i> Sur l'aldéhydine. ....	350

**MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.**

<i>J. Geikie.</i> Note sur la découverte d'un <i>Bos primigenius</i> dans le terrain erratique inférieur de l'Écosse. ....	154
<i>Raillard.</i> Sur la chaleur centrale de la terre. ....	155
<i>Delaunay.</i> Sur l'hypothèse de la fluidité intérieure du globe terrestre. ....	156
<i>J.-W. Judd.</i> Sur l'argile de Speeton. ....	158

**ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.**

Prof. <i>Goltz.</i> Observations sur l'effet que produit l'ablation du cerveau chez les grenouilles. ....	351
---	-----

**BOTANIQUE.**

<i>L. Rabenhorst.</i> Flora europæa Algarum aquæ dulcis et submarinæ. Sectio III : Chlorophyllophyceas, Melanophyceas et Rhodophyceas complectens. ....	159
---	-----

**OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES**

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

	Pages
Observations faites pendant le mois d'août 1868.....	81
<i>Idem.</i> pendant le mois de septembre.....	161
<i>Idem.</i> pendant le mois d'octobre.....	249
<i>Idem.</i> pendant le mois de novembre.....	353

---

# TABLE DES AUTEURS

POUR LES

## ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1868. Tomes XXXI à XXXIII (Nouvelle période).

### A

*Achard, Arthur.* Second principe de la théorie mécanique de la chaleur, XXXII, 89.

*Ador, Emile.* Analyse de divers travaux, XXXII, 74.

*Ador, E. et A. Bæyer.* Sur l'aldéhyde, XXXIII, 350.

*Aguilar (Don Ant. y Vela).* Travaux de l'observatoire de Madrid, XXXIII, 301.

*Airy, G.-B.* Correspondance entre les variations magnétiques et celles du courant électrique terrestre, XXXIII, 129.

### B

*Bæyer, A.* Voyez *Ador et Bæyer.*

*Balbani.* Infusoires, XXXI, 104.

*Becquerel, A. (père).* Effets chimiques produits dans les espaces capillaires, XXXIII, 31.

*Becquerel, Edmond.* La lumière, ses causes et ses effets, XXXIII, 257.

*Bert, P.* Mouvements de la sensitive, XXXII, 79.

*Blake, W.-P.* Les glaciers de l'Alaska, XXXI, 143.

*Brunner-de Wattenwyl.* Nouveau système des Blattaires, XXXI, 174.

*Bunsen, R.* Température des flammes d'oxyde de carbone et d'hydrogène, XXXI, 286.

### C

*Carpenter, W.* *Antedon rosaceus*, XXXI, 162.

*Champagneur.* Mouvement de l'eau par rapport à celui du vase dans lequel elle est contenue, XXXIII, 157.

*Claparède. Ed.* Lettre de M. C. Matteucci à M. E. Claparède, XXXI, 68. — Analyse de divers travaux, XXXI, 70, 75, 104, 162, 170, 171, 173, 337, 345; XXXII, 112, 159, 165, 168, 237, 250, 254, 255, 326.

*Claparède et Lachman.* Infusoires, XXXI, 104.

*Clark, John.* Voyez *Pattison et Clark.*

*Clausius, R.* Second principe de la

- théorie mécanique de la chaleur, XXXII, 89.  
*Cohnheim, J.* Sur l'inflammation et la suppuration, XXXII, 254.  
*Collingwood (Dr).* Arc-en-ciel horizontal, XXXI, 60.  
*Collomb, Ed.* Voyez *Martins et Collomb*.

**D**

- Debray, H.* Combinaisons de l'acide molybdique et de l'acide phosphorique, XXXII, 68. — Formule de l'acide molybdique et équivalent du molybdène, XXXII, 71.  
*De Candolle, Casimir.* Théorie de la feuille, XXXII, 32.  
*Delafontaine, M.* Principes immédiats du baume du Pérou, XXXIII, 311. — Analyse de divers travaux, XXXI, 152, 159, 160, 260, 261, 262, 330, 331, 335, 336; XXXIII, 350.  
*De Lapparent.* Voyez *Delesse et de Lapparent*.  
*De la Rive, Auguste.* Polarisation rotatoire magnétique, XXXII, 193. — Notice sur C. Matteucci, XXXII, 212. — Observation sur une lettre de M. Airy, XXXIII, 132. — Analyse de divers travaux, XXXI, 59, 274; XXXIII, 31, 257.  
*Delaunay.* Fluidité intérieure du globe terrestre, XXXIII, 156.  
*Delesse et de Lapparent.* Revue de géologie pour 1865 et 1866, XXXII, 157.  
*Denza, P.-F.* Electricité et ozone observés à Moncalieri à l'époque du choléra, XXXI, 148.  
*Desains, P.* Spectres calorifiques obscurs, XXXIII, 149.  
*De Saussure.* Voyez *Saussure*.  
*Donders, T.-C.* De la myopie, XXXII, 112.  
*Douglas.* Sur la source de la force musculaire, XXXII, 250.  
*Dove.* Sur l'époque glaciaire, le fœhn et le sirocco, XXXIII, 51. Le fœhn suisse, XXXIII, 70.

- Drechsel, E.* Réduction de l'acide carbonique en acide oxalique, XXXI, 260.  
*Dufour, H. (Général).* Analyse de divers travaux, XXXI, 67.  
*Dufour, L.* Le fœhn du 23 septembre 1866 en Suisse, XXXII, 5.

**E**

- Edlund, E.* Recherches sur l'arc voltaïque, XXXI, 227. — Nouvelle force électromotrice dans l'arc voltaïque, XXXII, 288.

**F**

- Favre, Alphonse.* Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisine du Mont-Blanc, XXXI, 123. — Station de l'homme de l'âge de la pierre à Veirier, XXXI, 246. — Analyse de divers travaux, XXXII, 157, 319.  
*Favre, Ernest.* Analyse de divers travaux, XXXI, 5, 65, 263.  
*Frankland, E.* Combustion de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone sous une forte pression, XXXIII, 77.  
*Fretz, J.* Sur les pluies en Suisse, XXXIII, 219.  
*Froehde, A.* Nouvelle réaction des matières albuminoïdes, XXXI, 336.  
*Fuchs, E.* Cartes géologiques de la Suisse, XXXII, 322.

**G**

- Gamgee, A.* Action des nitrites sur le sang, XXXII, 221.  
*Gautier, Alfred.* Observations météorologiques suisses, XXXIII, 204. — Analyse de divers travaux, XXXIII, 242, 298, 337.  
*Gautier, Emile.* Travaux de M. Spörer sur les taches du Soleil, XXXII, 177.  
*Gegenbaur, G.* Infusoires, XXXI, 107. — Développement de la colonne vertébrale chez le Lépidostée, XXXII, 237.

- Geikie, J.* Découverte d'un *Bos primigenius* dans le terrain erratique de l'Ecosse, XXXIII, 154.
- Gervais, P.* Zoologie et paléontologie générales, XXXII, 76.
- Goltz (Prof.)*. Ablation du cerveau des grenouilles, XXXIII, 351.
- Graber, Vitu.* Développement des orthoptères, XXXI, 78.
- Graham, Th.* Sur l'occlusion du gaz hydrogène par les métaux, XXXII, 148.
- Guthrie.* Conductibilité des liquides pour la chaleur, XXXII, 219. — Forme nouvelle de voltamètre et voltastat, XXXII, 314.

**H**

- Hæckel.* Les radiolaires, XXXI, 106.
- Hagenbach, Ed.* Notice sur la vie de C.-F. Schönbein, XXXIII, 136.
- Halske.* Voyez *Siemens et Halske*.
- Hann.* Sur le Fœhn, XXXIII, 58.
- Hirsch, Ad.* Sur le Fœhn, XXXIII, 49. Diminution de la température avec la hauteur, XXXIII, 211. L'interversion de température entre Neuchâtel et Chaumont et dans la Suisse en général, XXXIII, 212.
- Hæven (van der).* *Philosophia zoologica*, XXXI, 70.
- Horstmann, Aug.* Sur les relations entre les poids moléculaires et la pesanteur spécifique des corps à l'état gazeux, XXXII, 232. — Densité de vapeur de sulfure d'ammonium, XXXII, 236.
- Hunt.* Voyez *Sterry Hunt*.

**J**

- Janssen.* Spectre des protubérances solaires, XXXIII, 338.
- Judd, J.-W.* Sur l'argile de Speeton, XXXIII, 158.

**K**

- Keferstein, W.* Sur un némertien hermaphrodite de Saint-Malo, XXXI, 173.

- Kölliker, Alb.* Polymorphisme des Anthozoaires et structure des Tubipores, XXXI, 171.
- Kommerel.* Nouvelle expérience de physique, XXXII, 65.
- Krebs, G.* Retards d'ébullition, XXXII, 224.
- Kundt, A.* Vitesse du son dans des tuyaux, XXXI, 256. — Spectre des éclairs, XXXIII, 348.
- Kupffer, C.* Développement du système génito-urinaire, XXXI, 75.

**L**

- Lachman.* Voyez *Claparède et Lachman*.
- Lapparent.* Voyez *Delesse et de Lapparent*.
- Lartet, E.* Sur les stations de l'homme de l'âge de la pierre, XXXI, 254.
- Linnemann, E.* Transformation des ammines dans l'alcool monoatomique dont elles contiennent l'hydrocarbure, XXXI, 262.
- Lieberkuhn, N.* Tissu contractile des éponges, XXXII, 168.
- Lockyer.* Spectre des protubérances solaires, XXXIII, 338.
- Löwe, Jul.* Transformation de l'acide gallique en acide tannique, XXXI, 330.
- Loomis, Elias.* De l'aurore boréale, XXXI, 273.
- Lossier.* Analyse de divers travaux, XXXII, 208.
- Lowegren (Michel Kolmodin).* Sur la myopie, XXXII, 112.
- Lütken.* Pentacrinides des Indes occidentales, XXXI, 162.
- Luca (S. de) et P. Panceri.* Salive et organes salivaires du *Dolium galea*, XXXI, 170. — Organes salivaires du *Dolium galea* et d'autres mollusques, XXXI, 170.

**M**

- Magnus, G.* Sur la polarisation de la chaleur de 100° C., XXXII, 265. — Diathermansie de la sylvine, XXXIII, 147.

- Mailly, Ed.* L'Espagne scientifique, XXXIII, 298.
- Marcel, F.* Analyse de divers travaux, XXXII, 5.
- Marenzi (C<sup>te</sup> Fr. de).* Fragments de géologie, XXXI, 67.
- Marquet, J.* Observations météorologiques de Lausanne, XXXIII, 208.
- Marnignac (C. de).* Réduction du niobium et du tantale, XXXI, 89. — Chaleur latente du sel ammoniac et de quelques autres substances, XXXIII, 169. — Analyse de divers travaux, XXXII, 68, 71, 232, 236, 317.
- Martins, Ch.* Cartes géologiques de la Suisse, XXXII, 321.
- Martins, Ch. et Collomb, Ed.* Ancien glacier de la vallée d'Argelès, XXXII, 319.
- Matteucci, C.* Electrotonne des nerfs et de certains fils métalliques recouverts d'une couche humide, XXXI, 68. — Propagation des tempêtes de l'Atlantique vers les côtes d'Italie, XXXII, 144. — Notice sur sa vie, XXXII, 212.
- Mensbrugghe (G. van der).* Tension des lames liquides minces, XXXII, 226.
- Mitscherlich, A.* Méthode directe d'analyse quantitative pour l'hydrogène, l'oxygène et le carbone, XXXII, 74.
- Mojsisovics (E. de).* Géologie du Haut-Tatra, XXXI, 65.
- Mühry.* Sur le fœhn, XXXIII, 60.
- Muller, J.* Analyse de divers travaux, XXXIII, 159.
- O**
- Otto, R.* Réduction de l'acide hyposulfurique en acide sulfureux au moyen de l'hydrogène naissant, XXXI, 336.
- P**
- Parkes, E.-A.* Élimination de l'azote par les reins et l'intestin pendant le repos et le travail, XXXII, 250.
- Patry, Edouard.* Polarisation électrique et inégalité des électrodes de zinc amalgamé, XXXIII, 199.
- Pattison, M. et John Clark.* Séparation du cérium de ses deux congénères le lanthane et le didyme, XXXI, 335.
- Ptiantamour, Emile.* Résumé météorologique de l'année 1867, XXXIII, 89. — Des anomalies de la température observées à Genève pendant 40 années, XXXIII, 214. — Observations météorologiques, XXXI, 81, 177, 265, 353; XXXII, 81, 169, 257, 329; XXXIII, 81, 161, 249, 353.
- Poggendorff, J.-C.* Production de chaleur dans l'air traversé par des décharges électriques, XXXI, 28. — Nouveau phénomène électrique de mouvement, XXXI, 310. — Transmission de l'électricité dans les tubes de Holtz, XXXIII, 343.
- Q**
- Quincke, G.* Constantes de la capillarité dans les corps solides, XXXII, 228.
- R**
- Rabenhorst, L.* Flora europæa Algarum, XXXIII, 159.
- Raillard.* Chaleur centrale de la Terre, XXXIII, 155.
- Rankine, M.* Second principe de la théorie mécanique de la chaleur, XXXII, 89.
- Regnault, V.* Vitesse de propagation du son, XXXI, 316.
- Reinsch, P.* Composition des cendres du gui du pin, XXXII, 80.
- Reissenberger.* Sur le Fœhn, XXXIII, 62.
- Roscoe, H.-E.* Recherches sur le vanadium, XXXI, 331.
- S**
- Sarasin, Ed.* Analyse des divers travaux, XXXI, 256; XXXII, 65,

- 67, 145, 224, 226, 228 ; XXXIII, 344, 348.
- Sars, G.-O.* Développement des poissons marins, XXXII, 255.
- Saussure (Henri de).* Bourdonnement électrique des montagnes, XXXI, 15. — Filons du Kinzigthal, XXXI, 185. — Analyse de divers travaux, XXXI, 78.
- Schenk, R.* Voyez *Wanklyn et Schenk*.
- Schiff (prof.).* Circulation de la bile et cause de l'ictère, XXXII, 159. — Pouvoir digestif du suc entérique, XXXII, 165.
- Schimper.* Des calamites et prêles fossiles, XXXII, 325.
- Schönbein, C.-F.* Notice sur sa vie, XXXIII, 136.
- Schultze, Max.* Batonnets et cônes de la rétine, XXXI, 345. — Organes terminaux du nerf optique chez les articulés, XXXI, 345. — Remarque sur le mémoire de M. Steinlin, XXXI, 345. — Yeux composés des crustacés et des insectes, XXXI, 345.
- Schwalbe.* Vésicule contractile des Infusoires, XXXI, 141.
- Secchi (Rev. P. A.).* Spectre des protubérances solaires, XXXIII, 337.
- Semper.* Archipel des Philippines, XXXI, 337. — Nouvelle classe d'échinodermes, XXXII, 326.
- Siemens et Halske.* Compteur à alcool, XXXII, 208.
- Sorby, H.-C.* Couleur des nuages et du ciel, XXXI, 61.
- Spörer, G.* Taches du Soleil, XXXII, 177.
- Stacke, O.* Géologie du Haut Tatra, XXXI, 65.
- Sefan, J.* Application des vibrations des barres composées à la détermination de la vitesse du son, XXXIII, 76.
- Stein, Fr.* Infusoires, XXXI, 104.
- Steinlin.* Cônes et batonnets de la rétine, XXXI, 345.
- Sten Stenberg.* Matières amylicées des lichens, XXXII, 302.
- Sterry Hunt.* Chimie des premiers âges de la Terre, XXXI, 5.
- Studer, B.* Analyse de divers travaux, XXXI, 123.
- Suess.* Équivalent du Rothliegende dans les Alpes méridionales, XXXI, 263.

## T

- Than, Carl.* Oxy sulfure de carbone, XXXI, 160.
- Thomson, Wyville.* Embryologie de l'Antedon rosaceus, XXXI, 162.
- Treves.* Changement moléculaire produit par le magnétisme dans des barreaux d'acier, XXXIII, 74
- Tyndall, J.* Nouvelles réactions chimiques produites par la lumière, XXXIII, 317.

## U

- Ullik, F.* Acide molybdique et ses sels, XXXI, 152.

## V

- Van der Hæven.* Voyez *Hæven*.
- Van der Mensbrugge.* Voyez *Mensbrugge*.
- Villari, E.* De quelques phénomènes particuliers d'électro-magnétisme, XXXII, 67.

## W

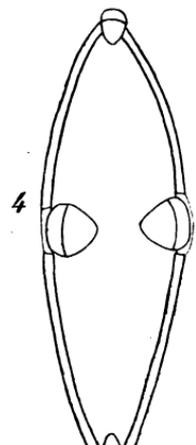
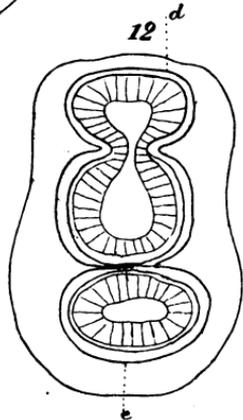
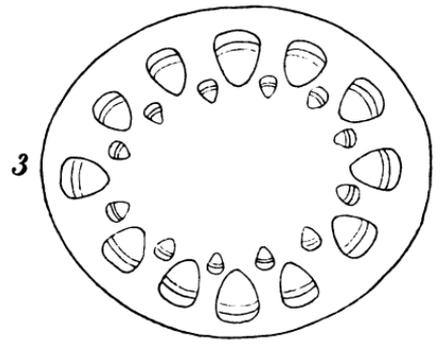
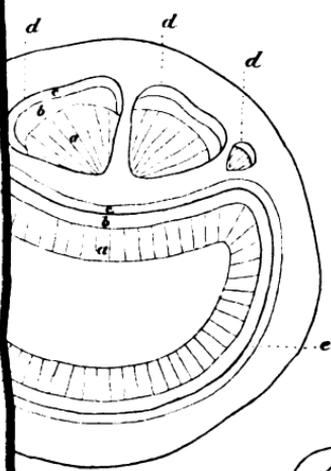
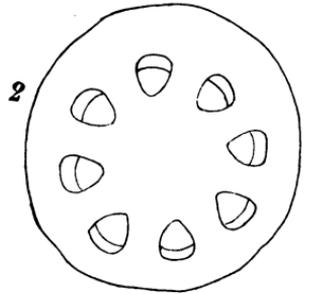
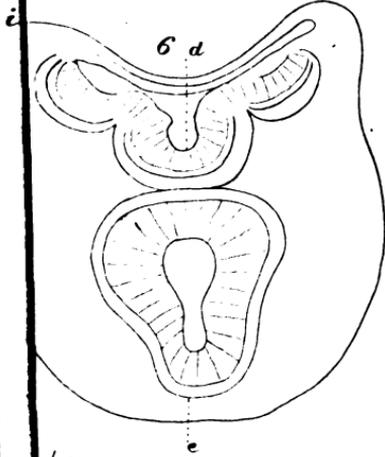
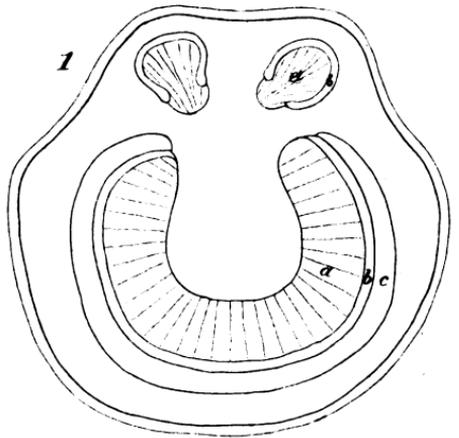
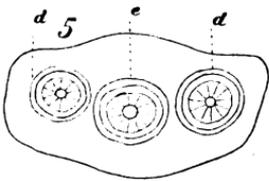
- Wallace, A.-F.* Relations qui existent entre certaines différences sexuelles de couleur chez les oiseaux et leur mode de nidification, XXXIII, 5.
- Wanklyn A. et R. Schenk.* Synthèse de l'acide caproïque, XXXI, 261.
- Wigner, G.-W.* File de Grove, XXXII, 310.
- Wild, H.* Pouvoir absorbant de l'air sur la lumière, XXXI, 308. — Le Föhn et l'époque glaciaire, XXXIII, 63.
- Wiedemann, G.* Magnétisme des

- |   |   |
|---|---|
| combinaisons chimiques, XXXIII,<br>232.<br><i>Wimmel, Th.</i> Point de fusion et de<br>solidification des graisses, XXXII,<br>145.<br><i>Wolf, R.</i> Observations météorolo-<br>giques suisses, XXXIII, 223. —<br>Communications astronomiques,<br>XXXIII, 242.<br><i>Wurtz, A.</i> Synthèse de la névrine<br>ou neurine, XXXI, 159. | <div style="text-align: center;"><b>Z</b></div> <i>Zenker.</i> Infusoires, XXXI, 111. —<br>Théorie de la perception des<br>couleurs, XXXI, 345.<br><i>Zschiesche, H.</i> Poids atomique du<br>lanthane, XXXII, 317. |
|---|---|

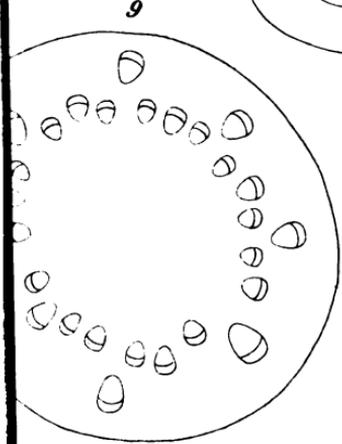
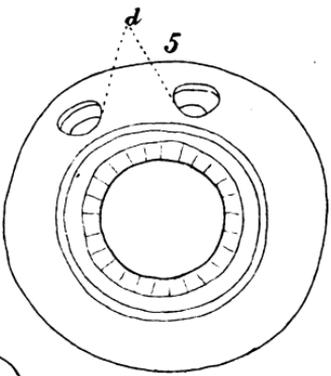
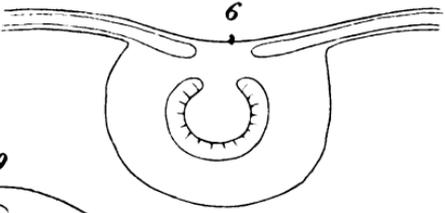
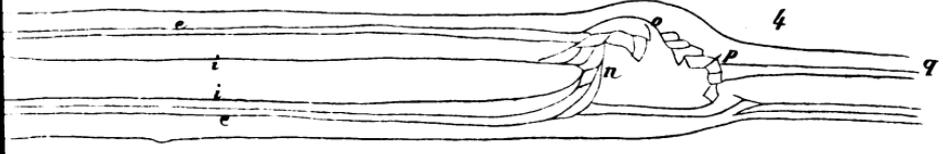
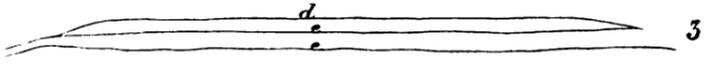
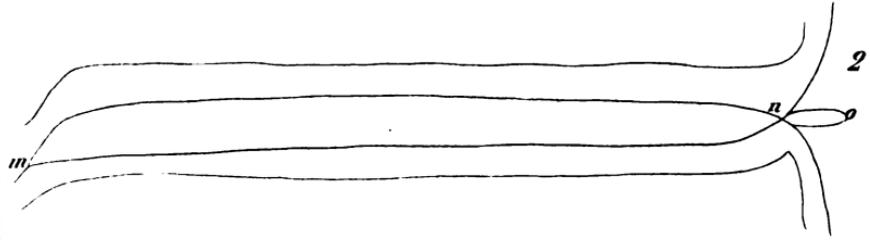
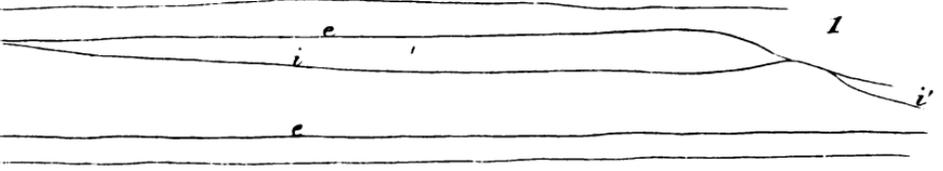




















2







