



John Adams Library,



IN THE CUSTODY OF THE
BOSTON PUBLIC LIBRARY.



SHELF N^o

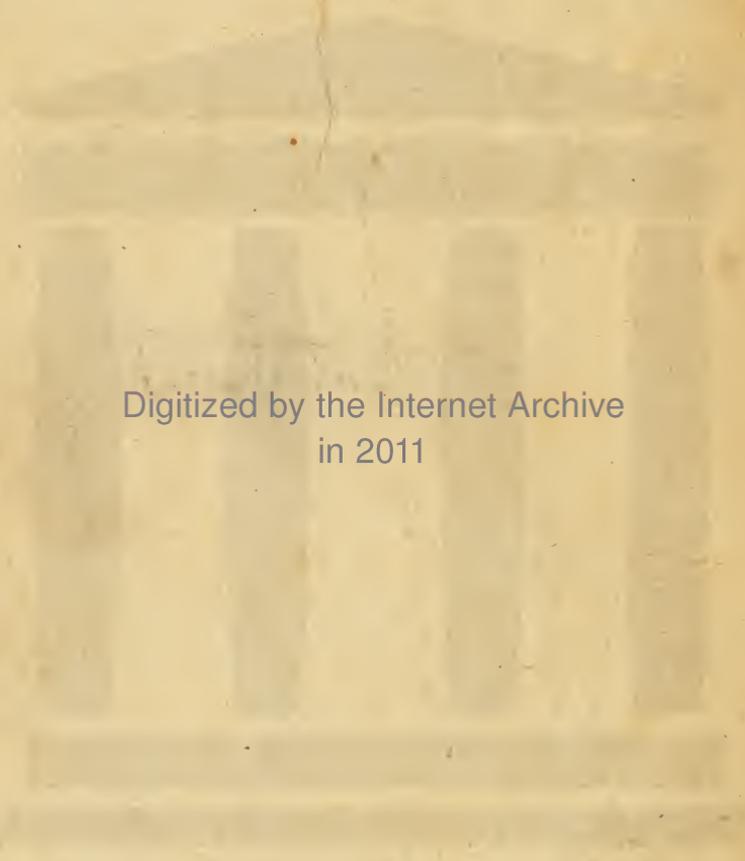
* ADAMS

* 282-12

V. 31



5-5



Digitized by the Internet Archive
in 2011

COURS D'ÉTUDE

POUR L'INSTRUCTION

DU PRINCE DE PARME.

COURS D'ÉTUDE

POUR L'INSTRUCTION

DU PRINCE DE PARME,

AUJOURD'HUI

S. A. R. L'INFANT

D. FERDINAND,

DUC DE PARME, PLAISANCE, GUASTALLE,

&c. &c. &c.

*Par M. l'Abbé de CONDILLAC, de l'Académie fran-
çoise & de celles de Berlin, de Parme & de Lyon,
ancien Précepteur de S. A. R.*

TOME TROISIEME.

ART DE RAISONNER.



A PARME,
DE L'IMPRIMERIE ROYALE.

M. DCC. LXXV.

xx

ADAMS

767.12

v.3



T A B L E
D E S M A T I E R E S .

Art de Raifonner.



Pag. 1.

L’histoire de la nature fe divife en science de vérités sensibles , & en science de vérités abstraites. La métaphysique embrasse tous les objets de notre connoissance. Deux métaphysiques : l’une de sentiment , l’autre de réflexion. Trois sortes d’évidence.

T A B L E



LIVRE PREMIER.

Où l'on traite en général des différents moyens
de s'assurer de la vérité.



CHAPITRE I.

De l'évidence de raison.

Pag. 9.

L'identité est le signe de l'évidence de raison. Exemple qui le prouve. Fig. 1. Planche I. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Autre exemple qui prouve que l'identité est le signe de l'évidence de raison. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.



CHAPITRE II.

Considérations sur la méthode exposée dans
le chapitre précédent.

Pag. 31.

Comment l'identité s'apperçoit dans une

suite de propositions. L'identité est sensible en arithmétique.

CHAPITRE III.

Application de la méthode précédente à de nouveaux exemples.

Pag. 36.

Ou nous connoissons l'essence véritable d'une chose, Ou nous n'en connoissons qu'une essence secondaire, ou nous n'en connoissons aucune essence. Il faut s'assurer des connoissances qu'on a à cet égard. Quand on ne connoît aucune essence, il ne reste qu'à faire l'énumération des qualités. Nous ne connoissons l'essence véritable ni du corps ni de l'ame. Nous en connoissons l'essence seconde. L'essence seconde du corps ne peut être identique avec l'essence seconde de l'ame. De l'essence seconde de l'ame, il s'ensuit que la réflexion n'est qu'une maniere de sentir. Il s'ensuit encore que l'ame est une substance simple. Avantage de la méthode qu'on a suivie dans les raisonnements précédents.

CHAPITRE IV.

De l'évidence de sentiment.

Pag. 46.

Il est difficile de remarquer tout ce qu'on sent. Il est difficile de s'assurer de l'évidence de sentiment. Parce que nous supposons ce qui n'y est pas. Parce que nous nous déguisons ce qui est en nous. Il y a cependant des moyens pour s'assurer de l'évidence de sentiment.

CHAPITRE V.

D'un préjugé qui ne permet pas de s'assurer de l'évidence de sentiment.

Pag. 54.

Pour s'assurer de l'évidence de sentiment, il faut apprendre à ne pas confondre l'habitude avec la nature. L'ame acquiert ses facultés comme ses idées. Il faut juger des qualités, que nous croyons avoir toujours eues, par celles que nous savons avoir acquises. Comment

nous pouvons juger de ce que nous avons acquis dès les premiers moments de notre vie.

CHAPITRE VI.

Exemples propres à faire voir comment on peut s'assurer de l'évidence de sentiment.

Pag. 60.

PREMIERE QUESTION.

Premier exemple.

SECONDE QUESTION.

Pag. 62.

Second exemple.

TROISIEME QUESTION.

Pag. 65.

Troisième exemple. Quatrième exemple.

CHAPITRE VII.

De l'évidence de fait

Pag. 69.

*Comment on connoît qu'il y a des corps.
Ce qu'on entend par un fait.*

CHAPITRE VIII.

De l'objet de l'évidence de fait & comment
on doit la faire concourir avec l'évi-
dence de raison.

Pag. 73.

*L'évidence de fait & l'évidence de raison
doivent concourir ensemble. Ce qu'on entend
par phénomène. Ce qu'on entend par obser-
vation. Ce qu'on entend par expérience. Ob-
jet que je me propose dans la suite de cet
ouvrage.*

LIVRE SECOND.

Où l'on fait voir par des exemples comment l'évidence de fait & l'évidence de raison concourent à la découverte de la vérité.

CHAPITRE I.

Du mouvement & de la force qui le produit.

Pag. 77.

Le mouvement est le premier phénomène. Le lieu d'un corps est une partie de l'espace. Nous ne connoissons que le lieu relatif. Nous ne connoissons que le mouvement relatif. La force qui est la cause du mouvement, ne nous est pas connue. La vitesse est comme l'espace parcouru dans un temps donné. Mais nous ne connoissons ni la nature de l'espace. Ni celle du temps. Ni celle de la matiere. Il ne faut donc considérer ces choses que par les rapports qu'elles ont entre elles & avec nous.

CHAPITRE II.

Observations sur le mouvement.

Pag. 84.

Un corps en repos persévère dans son état de repos. Un corps mu persévère à se mouvoir uniformément & en ligne droite. Nous ne connoissons pas la cause de ces phénomènes. Nous ne savons pas comment agit ce qu'on nomme force motrice.

CHAPITRE III.

Des choses qui sont à considérer dans un corps en mouvement.

Pag. 90.

Comment nous jugeons de la quantité de force. Comment nous jugeons de la vitesse. Rapport qui est entre les espaces parcourus par deux corps.

CHAPITRE IV.

De la pesanteur.

Pag. 94.

Attraction , cause inconnue de la pesanteur. Ce qu'on entend par poids. Les poids sont comme les masses. Les corps devroient donc tomber avec la même vitesse. Mais la résistance de l'air met de la différence dans la vitesse de leur chute. Comment agit l'attraction qu'on observe dans toutes les parties de la matiere.

CHAPITRE V.

De l'accélération du mouvement dans la chute des corps.

Pag. 99.

Espace parcouru dans la premiere seconde. Fig. 8. Supposition à ce sujet. Autre supposition. Fig. 8. Comment la pesanteur agit. Derniere supposition. Dans quelle proportion croît la force imprimée par la pesanteur.

Fig. 8. Usage des suppositions dans la recherche de la vérité. Loi de l'accélération du mouvement dans la chute des corps. La somme des espaces est égale au quarré des temps. Comment on peut connoître à quelle hauteur un projectile s'est élevé.

CHAPITRE VI.

De la balance.

Pag. 107.

Fig. 9. Lorsqu'un fléau se meut sur son centre, les vitesses de chaque point sont entr'elles comme les distances au centre. La force des corps suspendus à ces points est comme le produit de la masse par la distance. Fig. 10. Cas où il y a équilibre. Cas où l'équilibre cesse. Plusieurs corps en équilibre avec un seul. La force d'un poids est en raison composée du poids par la distance. Deux corps en équilibre pesent sur le même centre de gravité. Toutes les parties d'une boule sont en équilibre au tour du même centre. Tout le poids d'un corps est comme réuni dans son centre de gravité. Direction du centre de gravité. Fig. 11. Chûte d'un corps le long d'un

plan incliné. Fig. 11. Différence entre le centre de gravité & le centre de grandeur.

CHAPITRE VII.

Du levier.

Pag. 114.

Les machines sont pour les bras ce que les méthodes sont pour l'esprit. Fig. 12. Le levier quant au fond, est la même machine que la balance. Les principes sont les mêmes pour l'un & pour l'autre. Fig. 12. Considération sur les leviers recourbés. Fig. 14. Il y a trois sortes de leviers. Fig. 15. Fig. 16. Fig. 17.

CHAPITRE VIII.

De la roue.

Pag. 119.

La roue est formée d'une multitude de leviers, qui tournent autour d'un point d'appui. Fig. 18. La distance du poids est à la distance de la puissance, comme le demi-dia-

metre de l'aissieu est au rayon de la roue. Mais le poids s'éloigne du point d'appui à mesure qu'il s'éleve.

CHAPITRE IX.

De la poulie.

Pag. 121.

Le diametre d'une poulie est une balance. Planche II. Fig. 19. Par le moyen d'une suite de poulies une petite puissance soutient un grand poids. Fig. 20.

CHAPITRE X.

Du plan incliné.

Pag. 123.

Un poids sur un plan incliné est soutenu en partie par le plan. Fig. 22. Un poids est soutenu, sur un plan incliné, par la moindre puissance possible, lorsque la ligne de traction est parallèle au plan. Fig. 23. La puissance doit être au poids, comme la hauteur du plan

à

à la longueur. Fig. 23. Fig. 23. Vitesse avec laquelle un corps descend d'un plan incliné. Fig. 24. Son mouvement s'accélère dans la proportion 1, 3, 5, 7. Comment on connoît l'espace qu'il doit parcourir sur un plan incliné dans le même temps qu'il tomberoit de toute la hauteur. Qu'un corps tombe perpendiculairement ou le long d'un plan incliné, il acquiert la même force toutes les fois, qu'il tombe de la même hauteur.

CHAPITRE XI.

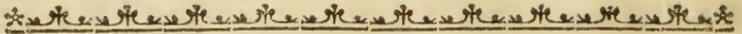
Du pendule.

Pag. 130.

Un corps qui tombe le long des cordes d'un cercle, les parcourt dans le même temps, qu'il parcourroit tout le diamètre. Fig. 25. Planche III. Un pendule fait ses vibrations dans le même temps qu'il parcourroit quatre diamètres du cercle dont il est le rayon. Fig. 25. Conditions nécessaires aux vibrations isochrones. Proportion entre la longueur du pendule & la durée des vibrations. Fig. 26. Pour déterminer la longueur d'un pendule, il faut connoître le centre d'oscillation. Fig. 27. Fig. 28. Fig. 29. Objet du livre suivant,

Tom. III.

b



LIVRE TROISIEME.

Comment l'évidence de fait & l'évidence de
raison démontrent le système de Newton.



CHAPITRE I.

Du mouvement de projection.

Pag. 139.

*E*ffet de la résistance de l'air & de la pesanteur sur un projectile poussé horizontalement. *Fig. 30.* Ce projectile parcourt la diagonale d'un parallélogramme dans le même temps qu'il auroit parcouru un de deux côtés. *Fig. 31.* En parcourant une suite de diagonales, il décrit une courbe. *Fig. 32.*

CHAPITRE II.

Du changement qui arrive au mouvement, lorsqu'une nouvelle force est ajoutée à une première.

Pag. 149.

Les forces agissent avec des directions qui conspirent ou qui se contrarient. Fig. 33. Effet des forces lorsqu'elles agissent dans la même direction. Effet des forces dont les directions sont contraires. La vitesse augmente lorsque deux forces agissent à angle droit. Fig. 33. Elle augmente encore lorsque les forces agissent à angle aigu. Si la seconde force fait avec la première un angle obtus, la vitesse sera la même, ou sera plus petite. Les propositions de ce chapitre sont identiques avec celles du chapitre précédent. La loi que suit la pesanteur, & celle que suit un corps mu par deux forces qui font un angle, seront identiques avec plusieurs phénomènes que nous expliquerons.

CHAPITRE III.

Comment les forces centrales agissent.

Pag. 155.

Ce qu'on entend par force centrifuge, centripete & centrale. Rapport des forces centrifuges & centripetes dans un corps mu circulairement. Fig. 34. Exemple. Fig. 34. La gravité ou l'attraction agit en raison directe de la quantité de matiere. Et en raison inverse du quarré des distances. Exemple, qui rend sensible cette derniere proposition Fig. 35. Planche IV. Le poids d'un corps à une distance quelconque est au poids sur surface de la terre comme l'unité au quarré de sa distance. La vitesse avec la quelle un corps descend, est en raison inverse du quarré de sa distance. Quelle est la force centripete de la lune. Quelle est sa force centrifuge. Fig. 36. Comment on connoît l'orbite qu'elle décrit. Comment les observations confirment les calculs qu'on fait à ce sujet. Pourquoi il est difficile d'expliquer les irrégularités apparentes de la lune. Fig. 37. Effet de l'attraction du soleil sur la lune.

CHAPITRE IV.

Des ellipses que les planetes décrivent.

Pag. 166.

Les ellipses s'expliquent par une suite de propositions identiques avec ce qui a déjà été prouvé. Fig. 38. Partie de l'ellipse, décrite par un mouvement accéléré. Partie de l'ellipse où le mouvement est retardé. L'augmentation & la diminution des angles n'est pas la seule cause qui accelere & qui retarde le mouvement.

CHAPITRE V.

Des aires proportionnelles aux temps.

Pag. 169.

Fig. 38. Ce qu'on entend par le rayon vecteur, & par les arts qu'il décrit. Les aires son proportionnelles aux temps. Cette vérité est sensible, lorsqu'une planete se meut dans une orbite circulaire. Preuve de cette vérité, lorsqu'une planete se meut dans une ellipse.

Fig. 38. Fig. 39. Les aires ne sont égales aux temps que dans la supposition qu'une planète est constamment dirigée vers un même centre. Conséquences qui résultent de cette vérité. Pourquoi une comète ne tombe pas dans le soleil, & pourquoi elle ne s'échappe pas de son orbite. Fig. 40. Sa gravitation obéit aux mêmes loix, que la pesanteur auprès de la surface de la terre. Les planetes & les cometes doivent continuellement se rapprocher du soleil. Comment une comète peut tomber dans le soleil. Fig. 41. L'excentricité des orbites des planetes est assez sensible pour être observée. Les révolutions sont plus courtes, à proportion que les planetes sont plus près du soleil.

CHAPITRE VI.

Du centre commun de gravité entre plusieurs corps, tels que les planetes & le soleil.

Pag. 179.

On retrouve la balance dans la révolution de deux corps autour d'un centre commun de gravité. Fig. 42. Dans la révolution, par exemple, de la lune & de la terre autour de

leur centre commun. Et dans la révolution de ces deux planetes autour du soleil. Différentes situations de la lune & de la terre pendant leur révolution autour du soleil. Fig. 43. Comment on détermine à peu près le centre commun de gravité entre les planetes & le soleil.

CHAPITRE VII.

De la gravitation mutuelle des planetes entre elles ; & des planetes avec le soleil.

Pag. 188.

Irrégularités que l'attraction du soleil produit dans le mouvement de la lune. Fig. 43. Pourquoi les irrégularités qu'elle cause dans les satellites de jupiter & de saturne , ne sont pas sensibles. Irrégularités produites dans le cours des planetes par leur gravitation mutuelle.

CHAPITRE VIII.

Comment on détermine l'orbite d'une planète.

Pag. 191.

On fait d'abord une première hypothèse. Que l'observation détruit. Fig. 44. Et on fait des hypothèses jusqu'à ce qu'elles soient confirmées par les observations. Planche V.

CHAPITRE IX.

Du rapport des distances aux temps périodiques.

Pag. 193.

Il y a nécessairement un rapport entre les distances, & les temps périodiques. Kepler l'a découvert en observant les satellites de Jupiter. Les planètes confirment cette observation. Newton la démontre par sa théorie. Avec la loi que suit l'attraction & les deux analogies de Kepler, il explique le système du monde.

CHAPITRE X.

De la pesanteur des corps sur différentes planètes.

Pag. 197.

On est parvenu à déterminer le poids des mêmes corps sur différentes planètes. Le poids d'un corps est plus grand à la surface d'une planète qu'à toute autre distance. Fig. 45. La masse & le diamètre d'une planète étant connus, on peut juger du poids des corps à sa surface. Sur la surface de jupiter un corps a le double du poids, qu'il auroit sur notre globe.

CHAPITRE XI.

Conclusion des chapitres précédents.

Pag. 201.

L'univers n'est qu'une balance. Toutes les vérités possibles se réduisent à une seule.



LIVRE QUATRIEME.

Des moyens par lesquels nous tâchons de
suppléer à l'évidence.



CHAPITRE I.

Réflexion sur l'attraction.

Pag. 204.

Ce seroit une erreur de supposer que l'attraction suit toujours la même loi. Il faut être en garde contre la manie de généraliser. Les Newtoniens ne sont pas tout-à-fait exempts de reproches à cet égard. Attraction qui n'a lieu qu'au point du contact ou que très près de ce point. Exemples de cette attraction. Combien l'attraction agit différemment, suivant la variété des circonstances. Comment d'après l'attraction, les Newtoniens expliquent la solidité & la fluidité. La dureté. La mollesse. L'élasticité, la dissolution, la fermentation & l'ébullition. Défaut de ces explications. Question vaine au sujet de l'attraction.

CHAPITRE II.

De la force des conjectures.

Pag. 215.

Utilité des conjectures. Excès à éviter. Il faut quelquefois faire des conjectures pour arriver à l'évidence. Quel est le plus foible degré de conjecture. Usage qu'on en doit faire. Second degré de conjecture. Sur quoi il est fondé. Combien il est peu sûr. Erreurs où il fait tomber. Comment il acquiert de la certitude. Les conjectures ne sont pas des vérités, mais elles doivent ouvrir le chemin à la vérité. L'histoire est le véritable champ des conjectures.

CHAPITRE III.

De l'analogie.

Pag. 224.

L'analogie a différents degrés de certitude. Analogie des effets à la cause & de la cause aux effets. Exemple où l'analogie prouve que la force

se meut sur elle-même & autour du soleil. Analogies qui viennent à l'appui. Analogie qui n'est fondée que sur des rapports de ressemblance. Analogie fondée sur le rapport à la fin. Elle prouve que les planetes sont habitées. Elle ne prouve pas de même que les cometes le sont. Exemple où les différents degrés d'analogie sont rendus sensibles.

LIVRE CINQUIEME.

Du concours des conjectures & de l'analogie avec l'évidence de fait & l'évidence de raison, ou par quelle suite de conjectures, d'observations, d'analogies & de raisonnements, on a découvert le mouvement de la terre, sa figure, son orbite, &c.

Pag. 236.

Combien les hommes sont portés à raisonner pas préjugés.

CHAPITRE I.

Premières tentatives sur la figure de la terre.

Pag. 239.

Comme la terre paroît immobile , elle paroît une surface plate. Comment on a jugé que sa surface est convexe dans la direction du levant au couchant. Comment au dessus de cette surface on traça une portion des tropiques , & une portion de l'équateur , & une portion du méridien. Il falloit tracer des routes dans les cieux , avant d'en tracer sur la terre. Comment on jugea que la surface de la terre est convexe dans la direction des méridiens. Idée qu'on se fait de l'hémisphère. Comment on imagina un autre hémisphère. L'opinion des antipodes n'étoit encore qu'une conjecture. Comment on jugea que la terre est ronde. D'où on conclut que toutes les parties posent également vers le même centre , & on comprit comment l'autre hémisphère peut être habité. On en fut convaincu. Alors on imagina la terre parfaitement sphérique. Preuve qu'on crut en donner. On ne raisonnoit pas conséquemment.

CHAPITRE II.

Comment on est parvenu à mesurer les cieux,
& puis la terre.

Pag. 251.

Comment on se represente le plan de l'équateur, & celui du méridien, & celui de l'horison. Fig. 46. L'angle du plan de l'horison avec le plan de l'équateur détermine le degré de latitude où l'on est. Comment on mesure cet angle. Comment on détermine la position des lieux par rapport au pole, ou par rapport à l'équateur. Fig. 46. Comment on détermine le degré de longitude d'un lieu.

CHAPITRE III.

Comment on a déterminé les différentes saisons.

Pag. 258.

Les saisons. L'écliptique. L'année. Le zodiaque. Différence des saisons suivant le cours du soleil.

CHAPITRE IV.

Comment on explique l'inégalité des jours.

Pag. 261.

Le jour considéré par opposition à la nuit. Sphere droite qui donne les jours égaux aux nuits. Sphere parallele qui donne six mois de jour & six mois de nuit. Sphere oblique qui donne les jours inégaux. Les équinoxes. Les solstices. Les colures. Les jours pris pour des révolutions de 24 heures, n'ont pas exactement la même durée.

CHAPITRE V.

Idée générale des cercles de la sphere, & de leur usage.

Pag. 266.

Cercles dont nous avons déjà parlé. Axe de l'écliptique. Ses poles décrivent des cercles polaires. Les zones. Les climats. Les cercles de longitude & les cercles de latitude. Le mouvement des cieux par rapport aux révolu-

tions diurnes & par rapport aux révolutions annuelles. Inclinaison de l'axe de la terre. La précession des équinoxes. Comment on a déterminé plus exactement le pôle du monde.

CHAPITRE VI.

Comment on mesure les degrés d'un méridien.

Pag. 273.

Les premières mesures de la terre ont été peu exactes. On se trompoit en jugeant de l'élevation des étoiles par rapport à l'horizon. Il en falloit juger par rapport au zénith. Si la terre est parfaitement ronde, les degrés du méridien sont égaux. Fig. 47. Fig. 48. L'amplitude d'un arc du méridien. Comment on détermine cette amplitude. Pour comprendre comment on mesure des grandeurs inaccessibles, il faut prendre pour principe, que les trois angles d'un triangle sont égaux à deux droits. Un côté & deux angles étant connus, on détermine le troisième angle & les deux autres côtés. Fig. 49. Comment on mesure la largeur d'une rivière. Fig. 50. Comment par une suite de triangles on mesure un degré

degré du méridien. Comment on mesure la distance des astres qui ont une parallaxe. Fig. 51.

CHAPITRE VII.

Par quelle suite d'observations & de raisonnemens on s'est assuré du mouvement de la terre.

Page 285.

Chaque planète paroît à ses habitans le centre de tous les mouvemens célestes. Les différentes phases de la lune prouvent qu'elle se meut au tour de la terre. Les différentes phases de vénus prouvent qu'elle tourne autour du soleil, dans une orbite plus petite que celle de la terre. L'observation prouve, que l'orbite de mars renferme celle de la terre. Elle prouve la même chose de celle de jupiter & de celle de saturne. Raisons qui prouvent que mercure fait sa révolution autour du soleil. Les planètes supérieures & les planètes inférieures font leurs révolutions dans des temps inégaux. Quels seroient pour nous les phénomènes, si nous nous placions au centre de ces révolutions. Phénomènes que nous verrions de vénus. Fig. 55. Fig. 56. Pl. VI. Ces phé-

Tom. III.

*nomenes , prouvent que la terre se meut au-
tour du soleil.*

C H A P I T R E V I I I .

Des recherches qu'on a faites sur la figure
de la terre.

Pag. 294.

*Le mouvement de rotation donne aux par-
ties de la terre une force centrifuge plus ou
moins grande. La pesanteur est donc moins
grande sous l'équateur , & la terre est ap-
platie aux poles. Expérience qui le confir-
me. Figure qu'on donne en conséquence à la
terre. Résultat de la théorie d'Huyghens à
ce sujet. Résultat de la théorie de Newton.
La théorie d'Huyghens est défectueuse. Cel-
le de Newton l'est aussi. La théorie ne sau-
roit prouver que la terre a une figure régulière.
Faux raisonnemens qu'on fait pour défendre
la théorie. Cette théorie porte sur des sup-
positions qu'on ne prouve pas. Mesures qui
sembleroient prouver que les degrés ne sont pas
semblables à même latitude. Quand les mé-
ridiens seroient semblables il n'est pas prou-
vé , qu'ils soient des ellipses. On a mesuré*

plusieurs degrés du méridien , pour déterminer l'applatissement de la terre. Mais on a toujours supposé à la terre une figure régulière. Degrés mesurés en France ; au Pérou , & en Laponie ; au Cap de bonne espérance ; en Italie. Les doutes subsistent.

CHAPITRE IX.

Principaux phénomènes expliqués par le mouvement de la terre.

Pag. 308.

Pourquoi nous voyons le ciel comme une voûte surbaissée. Pourquoi cette voûte³ paroît tourner en 24 heures. Pourquoi le soleil paroît se mouvoir dans l'écliptique. Fig. 57. Pourquoi il paroît aller d'un tropique à l'autre. Ce qui nous donne des saisons différentes & des jours plus ou moins longs. Les orbites des planetes coupent le plan de l'écliptique. Les planetes dans leurs nœuds & hors de leurs nœuds. Les planetes inférieures paroissent toujours accompagner le soleil. Fig. 58. Pourquoi on distingue deux mois lunaires. Différentes positions de la lune. Eclipses. Fig. 59. Fig. 60. Les éclipses

32 TABLE DES MATIÈRES.

servent à déterminer les longitudes. Comment le même jour peut être pris pour trois jours différents.

CHAPITRE X.

Idée générale du système du monde.

Pag. 321.

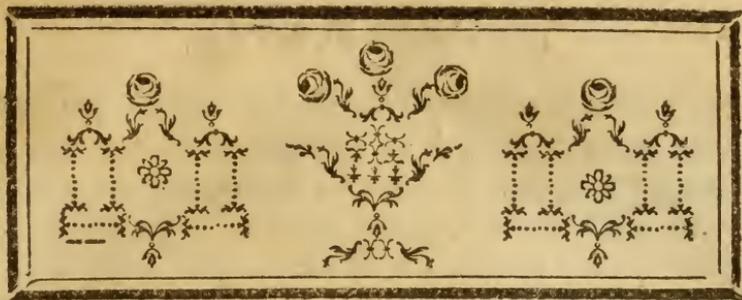
Corps qui sont hors de notre système planétaire. Nombre des planetes. Leurs orbites sont des ellipses. Le soleil est dans un des foyers. Fig. 61. La ligne des apsides. Les planetes se meuvent d'occident en orient dans des plans différents. Rapports de distance des planetes au soleil. Fig. 62. Rapports de grandeur. Temps de leurs révolutions.

CHAPITRE DERNIER.

Conclusion.

Pag. 328.

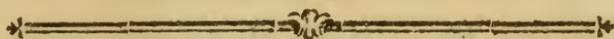
FIN de la Table du Tom. III.



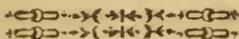
COURS D'ÉTUDE

POUR L'INSTRUCTION

DU PRINCE DE PARME.



DE L'ART DE RAISONNER.



JE vous ai développé les facultés de l'ame ;
Je vous ai fait considérer d'une vue générale les différentes circonstances par où l'homme a passé. Vous avez vu l'origine des gouvernements, des loix, des arts & des sciences ; vous avez vu les préjugés, les erreurs & les premiers progrès de l'esprit ; vous avez tour-à-tour été étonné des bornes & de l'étendue de notre raison. Cela, Monseigneur, doit vous

Tom. III.

A

apprendre à vous méfier de vous-même. Vous êtes homme, & vous pouvez vous tromper, tout prince que vous êtes; ou plutôt parce que vous êtes prince, vous devez vous tromper plus qu'un autre. La flatterie qui vous a assiéé dès le berceau, & qui n'attend que le moment de vous assiéger encore, n'est pas intéressée à vous desfiller les yeux. Je vous dois la justice que vous n'aimez pas à être flatté. Je m'en souviendrai toujours, & souvenez vous-en sur-tout vous même; vous avez rougi plus d'une fois des louanges que vous saviez ne pas mériter. Voulez vous donc écarter les flatteurs? Il n'est qu'un moyen: foyez plus éclairé qu'eux. Il seroit humiliant pour vous d'être le jouet de quelques courtisans.

Jusqu'ici j'ai essayé de vous faire raisonner; il s'agit aujourd'hui de vous montrer tout l'art du raisonnement. Voyons donc quels sont en général les objets de nos connoissances, & quel est le degré de certitude dont ils sont susceptibles.

Il n'y a proprement qu'une science, c'est l'histoire de la nature: science trop vaste pour nous, & dont nous ne pouvons saisir que quelques branches.

Ou nous observons des faits, ou nous com-

L'histoire de la nature se divise en science de vérités sensibles, & en sciences de vérités abstraites.

binons des idées abstraites. Ainsi l'histoire de la nature se divise en science de vérités sensibles, la physique ; & en science de vérités abstraites, la métaphysique.

Quand je distingue l'histoire de la nature en science de vérités sensibles, & en science de vérités abstraites, c'est que je n'ai égard qu'aux principaux objets, dont nous pouvons nous occuper. Quel que soit le sujet de nos études, les raisonnements abstraits sont nécessaires, pour saisir les rapports des idées sensibles ; & les idées sensibles sont nécessaires, pour se faire des idées abstraites, & pour les déterminer. Ainsi l'on voit que dès la première division, les sciences rentrent les unes dans les autres. Aussi se prêtent-elles des secours mutuels, & c'est en vain que les philosophes tentent de mettre des barrières entre elles. Il est très raisonnable à des esprits bornés comme nous, de les considérer chacune à part ; mais il seroit ridicule de conclure qu'il est de leur nature d'être séparées. Il faut toujours se souvenir qu'il n'y a proprement qu'une science, & si nous connoissons des vérités qui nous paroissent détachées les unes des autres, c'est que nous ignorons le lien qui les réunit dans un tout.

La métaphysique est de toutes les sciences

La métaphy.

si que embrasse tous les objets de notre connoissance.

celle qui embrasse le mieux tous les objets de notre connoissance : elle est tout-à-la fois science de vérités sensibles, & science de vérités abstraites. Science de vérités sensibles, parce qu'elle est la science de ce qu'il y a de sensible en nous, comme la physique est la science de ce qu'il y a de sensible au-dehors : science de vérités abstraites, parce que c'est elle qui crée les principes généraux, qui forme les systêmes, & qui donne toutes les méthodes de raisonnement. Les mathématiques mêmes n'en sont qu'une branche. Elle préside donc sur toutes nos connoissances, & cette prérogative lui est due : car s'il est nécessaire de traiter les sciences relativement à notre manière de concevoir, c'est à la métaphysique, qui seule connoît l'esprit humain, à nous conduire dans l'étude de chacune. Tout est à certains égards de son ressort. Elle est la science la plus abstraite : elle nous élève au delà de ce que nous voyons & sentons, elle nous élève jusqu'à Dieu ; & elle forme cette science, que nous appellons *théologie naturelle*.

Deux métaphysiques: l'une de sentiment, l'autre de réflexion.

La métaphysique, lorsqu'elle a pour seul objet l'esprit humain, peut se distinguer en deux especes ; l'une de réflexion, l'autre de sentiment. La première démêle toutes nos facultés ; elle en voit le principe & la génération, & elle dicte en conséquence des regles

pour les conduire : on ne l'acquiert qu'à force d'étude. La seconde sent nos facultés ; elle obéit à leur action , elle suit des principes qu'elle ne connoît pas , on l'a sans paroître l'avoir acquise , parce que d'heureuses circonstances l'ont rendue naturelle. Elle est le partage des esprits justes, elle en est, pour ainsi dire, l'instinct. La métaphysique de réflexion n'est donc qu'une théorie qui développe dans le principe , & dans les effets tout ce que pratique la métaphysique de sentiment. Celle-ci , par exemple , fait les langues, celle-là en explique le systême : l'une forme les orateurs & les poëtes ; l'autre donne la théorie de l'éloquence , & de la poésie.

Je distingue trois sortes d'évidence : l'évidence de fait, l'évidence de sentiment, l'évidence de raison.

Trois sortes
d'évidence.

Nous avons l'évidence de fait, toutes les fois que nous nous assurons des faits par notre propre observation. Lorsque nous ne les avons pas observés nous-mêmes, nous en jugeons sur le témoignage des autres & ce témoignage supplée plus ou moins à l'évidence.

Quoique vous n'avez pas été à Rome , vous ne pouvez pas douter de l'existence de cette ville : mais vous pouvez avoir des dou-

tes sur le temps & sur les circonstances de sa fondation. Parmi les faits, dont nous jugeons d'après le témoignage des autres, il y en a donc qui sont comme évidents, ou dont nous sommes assurés, comme si nous les avions observés nous-mêmes : il y en a aussi, qui sont fort douteux. Alors la tradition, qui les transmet est plus ou moins certaine suivant la nature des faits, le caractère des témoins, l'uniformité de leurs rapports & l'accord des circonstances.

Vous êtes capable de sensations : voilà une chose dont vous êtes sûr par l'évidence de sentiment. Mais à quoi peut-on s'assurer d'avoir l'évidence de raison ? à l'identité. *Deux & deux font quatre*, est une vérité évidente d'évidence de raison, parce que cette proposition est pour le fond la même que celle-ci, *deux & deux font deux & deux*. Elles ne diffèrent l'une de l'autre que par l'expression.

Je suis capable de sensations : vous n'en doutez pas, & cependant vous n'avez à cet égard aucune des trois évidences. Vous n'avez pas l'évidence de fait, car vous ne pouvez pas observer vous-même mes propres sensations. Par la même raison, vous n'avez pas l'évidence de sentiment, puisque je sens moi seul les sensations que j'éprouve. Enfin vous n'avez pas l'é-

vidence de raison : car cette proposition, *j'ai des sensations*, n'est identique avec aucune des propositions qui vous sont évidemment connues.

Le témoignage des autres supplée à l'évidence de sentiment & à l'évidence de raison, comme à l'évidence de fait. Je vous dis que j'ai des sensations, & vous n'en doutez pas : les géomètres vous disent que les trois angles d'un triangle sont égaux à deux droits, & vous le croyez également.

Au défaut des trois évidences & du témoignage des autres, nous jugeons encore par analogie. Vous observez que j'ai des organes semblables aux vôtres ; & que j'agis comme vous, en conséquence de l'action des objets sur mes sens. Vous en concluez qu'ayant vous-même des sensations, j'en ai également. Or, remarquer des rapports de ressemblance entre des phénomènes qu'on observe, & s'assurer par-là d'un phénomène qu'on ne peut pas observer, c'est ce qu'on appelle juger par analogie.

Voilà tous les moyens que nous avons pour acquérir des connoissances. Car ou nous voyons un fait, ou on nous le rapporte, ou nous nous assurons par sentiment de ce qui se passe en

nous, ou nous découvrons une vérité par l'évidence de raison, ou enfin nous jugeons d'une chose par analogie avec une autre.

Pour vous faire connoître, Monseigneur, ces différentes manières de juger & de raisonner, il me suffira de vous exercer sur différents exemples. Je vais donc en apporter plusieurs, & je ne m'assujettirai d'ailleurs à aucun plan. Il importe peu que je vous fasse un traité de l'art de raisonner : mais il importe que vous raisonniez. Cet art vous sera connu, quand vous aurez été suffisamment exercé.

Cependant il ne me sera pas possible de vous exercer encore sur les jugements qu'on porte d'après le témoignage des autres. Vous n'avez pas encore assez fait de lectures pour pouvoir me suivre dans une pareille entreprise : nous ne pourrons faire cette étude, que lorsque vous aurez étudié l'histoire.





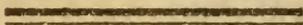
LIVRE PREMIER.

*Où l'on traite en général des différents
moyens de s'assurer de la vérité.*



CHAPITRE PREMIER.

De l'évidence de raison.



POUR bien raisonner, il faut savoir exactement ce que c'est que l'évidence, & pouvoir la reconnoître à un signe qui exclue absolument toute sorte de doute.

L'évidence est
le signe de l'évidence de
raison.

Une proposition est évidente par elle-même; ou elle l'est, parce qu'elle est une conséquence évidente d'une autre proposition, qui est par elle-même évidente.

Une proposition est évidente par elle-même, lorsque celui qui connoît la valeur des termes, ne peut pas douter de ce qu'elle affirme : telle est celle-ci, *un tout est égal à ses parties prises ensemble.*

Or, pourquoi celui qui connoît exactement les idées qu'on attache aux différens mots de cette proposition, ne peut-il pas douter de son évidence ? C'est qu'il voit qu'elle est identique, ou qu'elle ne signifie autre chose, sinon qu'un tout est égal à lui-même.

Si l'on dit, *un tout est plus grand qu'une de ses parties*, c'est encore une proposition identique : car c'est dire qu'un tout est plus grand que ce qui est moins grand que lui.

L'identité est donc le signe auquel on reconnoît qu'une proposition est évidente par elle-même ; & on reconnoît l'identité, lorsqu'une proposition peut se traduire, en des termes qui reviennent à ceux-ci, *le même est le même.*

Par conséquent, une proposition évidente par elle-même, est celle dont l'identité est immédiatement apperçue dans les termes qui l'énoncent.

De deux propositions, l'une est la conséquence évidente de l'autre, lorsqu'on voit, par la comparaison des termes qu'elles affirment la même chose, c'est à dire, lorsqu'elles sont identiques. Une démonstration est donc une suite de propositions, où les mêmes idées passant de l'une à l'autre, ne diffèrent que parce qu'elles sont énoncées différemment; & l'évidence d'un raisonnement consiste uniquement dans l'identité.

Supposons qu'on ait cette proposition à démontrer. *La mesure de tout triangle est le produit de sa hauteur par la moitié de sa base.*

Exemple qui
le prouve.

Il est certain qu'on ne voit pas dans les termes l'identité des idées. Cette proposition n'est donc pas évidente par elle-même, il faut donc la démontrer, il faut faire voir qu'elle est la conséquence évidente d'une proposition évidente, ou qu'elle est identique avec une proposition identique: il faut faire voir que l'idée que je dois me former de la mesure de tout triangle, est la même chose que l'idée que je dois avoir du produit de la hauteur de tout triangle par la moitié de sa base.

Pour cela, il n'y a qu'un moyen, c'est d'abord d'expliquer exactement l'idée que j'attache

à ces mots *mesurer une surface*, & ensuite de comparer cette idée avec celle que j'ai du produit de la hauteur d'un triangle par la moitié de sa base.

Or, mesurer une surface, ou appliquer successivement sur toutes ses parties une autre surface d'une grandeur déterminée, un pied carré, par exemple, c'est la même chose. Ici l'identité est sensible à la seule inspection des termes. Cette proposition est du nombre de celles qui n'ont pas besoin de démonstration.

Mais je ne puis pas appliquer immédiatement sur une surface triangulaire un certain nombre de surfaces carrées d'une même grandeur; & c'est ici qu'une démonstration devient nécessaire, c'est-à-dire, qu'il faut que par une suite de propositions identiques je parvienne à découvrir l'identité de cette proposition: *la mesure de tout triangle est le produit de sa hauteur par la moitié de sa base*. Peut être cela vous paroîtra-t-il d'abord bien difficile: rien cependant n'est si simple.

Je vous ferai d'abord remarquer que connoître la mesure d'une grandeur, ou connoître le rapport qu'elle a avec une grandeur dont la

mesure est connue, c'est la même chose : il n'y a point de différence, par exemple, entre savoir qu'une surface a un pied carré, ou savoir qu'elle est la moitié d'une surface qu'on fait avoir deux pieds carrés.

Après cela, vous comprendrez facilement que si nous trouvons une surface sur laquelle nous puissions appliquer successivement un certain nombre de surfaces carrées d'une même grandeur, nous connoîtrons la mesure d'un triangle, aussitôt que nous découvrirons le rapport de sa grandeur à la grandeur de la surface que nous aurons mesurée.

Prenons pour cet effet un rectangle, c'est-à-dire, une surface terminée par quatre lignes perpendiculaires. Vous voyez que vous pouvez le considérer composé de plusieurs petites surfaces de même grandeur, toutes également terminées par des lignes perpendiculaires, & vous voyez encore que toutes ces petites surfaces prises ensemble, sont la même chose que la surface entière du rectangle.

Fig. 1.
Planche I.

Or, il n'y a point de différence entre diviser un rectangle en surfaces carrées de même grandeur, ou appliquer successivement sur tou-

tes les parties une surface d'une grandeur déterminée.

Je considère donc un rectangle ainsi divisé , & je vois que le nombre des pieds quarrés qu'il a en hauteur , se répète autant de fois qu'il y a de pieds dans la longueur de sa base. Si sur le premier pied de sa base il a exactement trois pieds quarrés de haut , il a aussi exactement trois pieds quarrés sur le second , sur le troisieme , & sur tous les autres. Cette vérité est sensible à l'œil : mais il est aisé de la prouver par des propositions identiques.

En effet , un rectangle est une surface dont les quatre côtés sont perpendiculaires les uns aux autres.

Dans une surface dont les côtés sont perpendiculaires , les côtés opposés sont parallèles , c'est-à-dire , également distants dans tous les points opposés de leur longueur.

Une surface , dont les deux côtés opposés sont également distants dans tous les points opposés de leur longueur , a la même hauteur dans toute la longueur de sa base.

Une surface qui a la même hauteur dans

route la longueur de sa base a autant de fois le même nombre de pieds en hauteur que sa base a de pieds en longueur.

Toutes ces propositions sont identiques. Elles ne sont que différentes manieres de dire ,
un rectangle est un rectangle.

Par conséquent, mesurer un rectangle, appliquer successivement sur les parties de sa surface une grandeur déterminée, diviser sa surface en quarrés égaux, prendre le nombre de pieds qu'il a en hauteur autant de fois qu'il a de pieds dans la longueur de sa base ; ce n'est jamais que faire la même chose de plusieurs manieres différentes.

Cela étant, il n'est plus nécessaire ni de diviser la surface en petits quarrés, ni d'appliquer successivement sur les différentes parties une surface d'une grandeur déterminée : en prenant le nombre de pieds en hauteur autant de fois qu'il y a de pieds dans la base, on aura la mesure exacte.

On peut donc substituer cette proposition, *mesurer un rectangle, c'est prendre le nombre de pieds en hauteur autant de fois qu'il a de pieds dans sa base*, à celle-ci par où nous avons

commencé, mesurer un rectangle, c'est appliquer successivement sur ses différentes parties une surface d'une grandeur déterminée.

A la vérité, nous n'avons pas connu, à l'inspection des termes, que ces deux propositions n'en font qu'une seule : mais l'identité n'a pas pu nous échapper, lorsque nous l'avons cherchée dans la suite des propositions intermédiaires. Nous avons vu la même idée passer des unes aux autres, & ne changer que par la manière dont elle est exprimée.

Démontrer, c'est donc traduire une proposition évidente, lui faire prendre différentes formes jusqu'à ce qu'elle devienne la proposition qu'on veut prouver. C'est changer les termes d'une définition, & arriver par une suite de propositions identiques à une conclusion identique avec la proposition d'où on la tire immédiatement. Il faut que l'identité qui ne s'aperçoit point quand on passe par dessus les propositions intermédiaires, soit sensible à la seule inspection des termes, lorsqu'on va immédiatement d'une proposition à l'autre.

La proposition que nous venons de démontrer, *mesurer un rectangle c'est prendre le nombre de pieds qu'il a en hauteur, autant de fois qu'il*

qu'il a de pieds dans *la longueur de sa base*, est la même chose que multiplier sa hauteur par sa base, & celle-ci est encore la même chose que prendre le produit de sa hauteur par sa base.

Or, cette proposition, *la mesure d'un rectangle est le produit de sa hauteur par sa base*, est un principe d'où il faut aller, par une suite de propositions toujours identiques, jusqu'à cette conclusion : *La mesure de tout triangle est le produit de sa hauteur par la moitié de sa base.*

Mais j'ai déjà remarqué que la mesure du rectangle nous étant connue, nous découvrirons la mesure du triangle, lorsque nous saurons le rapport de l'une de ces figures à l'autre : car il n'y a pas de différence entre connoître une grandeur, ou savoir son rapport à une grandeur connue.

Un rectangle, divisé par sa diagonale, offre deux triangles, dont les surfaces prises ensemble, sont égales à la sienne. Or, dire que ces deux surfaces sont égales à celles du rectangle, c'est la même chose que de dire, que les deux triangles ont été formés dans le rectangle par la diagonale qui le divise en deux.

Tom. III.

B

Fig. 2.

Vous remarquerez de plus que ces deux triangles sont égaux en surface : vous voyez même à l'œil la vérité de cette proposition ; mais il faut vous en démontrer l'identité.

L'étendue d'une surface est marquée par les lignes qui la déterminent , & par les angles que font ces lignes. Par conséquent dans *deux surfaces sont égales & dans deux surfaces sont terminées par des lignes égales , faisant les mêmes angles* , il n'y a qu'une seule proposition exprimée de deux manières.

Donc *les surfaces de deux triangles sont égales ou les côtés de ces triangles sont égaux , & font les mêmes angles* , sont encore deux propositions identiques. Les deux triangles que renferme un rectangle , divisé par sa diagonale , ont donc deux surfaces égales , si leurs côtés sont égaux , & s'ils font les mêmes angles ,

Or , dire que deux triangles sont ainsi renfermés dans un rectangle , c'est la même chose , que si l'on disoit , qu'ils ont un côté commun dans la diagonale du rectangle , & qu'ils ont encore même base & même hauteur , faisant le même angle ; & dire qu'ils ont un côté commun dans la diagonale du rectangle , & qu'ils ont encore même base , & même hauteur ,

faisant le même angle, c'est dire, qu'ils ont les trois côtés égaux, & une surface égale, ou plus brièvement, qu'ils sont égaux en tout.

Mais dire qu'ils sont égaux en tout, c'est dire, que chacun des deux est avec le rectangle dans le rapport d'une moitié à son tout : proposition qui n'est que la traduction de celle-ci, *le rectangle est divisé en deux triangles égaux.*

Or, dire qu'un triangle est avec un rectangle, qui a même base & même hauteur, dans le rapport d'une moitié à son tout ; ou dire, que la mesure de ce triangle est la moitié de la mesure de ce rectangle, ce sont par les termes mêmes deux propositions identiques.

Mais nous avons vu que la mesure du rectangle est le produit de la hauteur par la base. Cette proposition, *la mesure de ce triangle est la moitié de la mesure de ce rectangle*, sera donc identique avec celle-ci *la mesure de ce triangle est la moitié du produit de la hauteur par sa base*, ou, comme on s'exprime ordinairement, *est le produit de la hauteur par la moitié de la base.*

Il ne s'agit plus que de savoir, si la mesure de toute autre espece de triangle est également le produit de la hauteur par la moitié de la base.

Quelle que soit la forme d'un triangle, dont on veut connoître la grandeur, on peut du sommet abaisser une perpendiculaire; & cette perpendiculaire tombera dans l'intérieur sur la base, ou au-dehors.

Fig. 3.

Si elle tombe dans l'intérieur, elle le divise en deux triangles, qui ont deux de leurs côtés perpendiculaires l'un à l'autre, & qui sont, par conséquent, de même espece que celui que nous avons mesuré. La mesure de chacun d'eux est donc le produit de la hauteur par la moitié de la base.

Or, connoître la mesure de ces deux triangles, ou connoître celle du triangle que nous avons divisé en abaissant la perpendiculaire, c'est la même chose. Cette surface est la même, qu'elle soit renfermée dans un seul triangle, ou qu'elle soit partagée en deux. C'est donc encore la même chose de dire du grand triangle ou des deux petits, que la mesure est le produit de la hauteur par la moitié de la base.

Si la perpendiculaire tombe hors du triangle, nous n'avons qu'à continuer la base jusqu'au point où ces deux lignes se rencontreront, & nous formerons un triangle de la même espèce que celui que nous avons d'abord mesuré.

Fig. 4.

Par cette opération vous avez deux triangles renfermés dans un, & vous voyez que la surface est la même, soit que vous la considériez dans le grand, soit que vous la considériez dans les deux qui le partagent.

Ce fera donc la même chose de mesurer cette surface, en prenant le produit de la hauteur du grand triangle par la moitié de sa base, qu'en prenant séparément le produit de la hauteur des deux petits par la moitié de leur base. Ces deux opérations reviennent au même, & il n'y a d'autre différence, sinon que dans l'une on fait en deux fois ce que dans l'autre on fait en une.

L'identité est donc sensible dans les deux propositions suivantes : le grand triangle que nous avons formé en continuant la base jusqu'à la perpendiculaire, a pour mesure le produit de sa hauteur par la moitié de sa base : chacun des triangles renfermés dans le grand, a pour mesure le produit de sa hauteur par la moitié de sa base.

B 3

Mais quelque forme qu'ait un triangle, vous pouvez toujours tirer du sommet une perpendiculaire qui tombera dans l'intérieur sur la base, ou qui tombant au-dehors, coupera encore la base que vous aurez continuée. Vous pouvez donc toujours vous assurer par une suite de propositions identiques, que sa mesure est le produit de la moitié de sa hauteur par sa base. La démonstration est donc applicable à tous les triangles, & cette vérité ne souffre aucune exception : *la mesure de tout triangle est le produit de sa hauteur par la moitié de sa base.*

Autre exemple qui prouve que l'identité est le signe de l'évidence et de raison.

Ce n'est pas seulement pour vous donner un exemple, que j'ai choisi cette proposition; cette vérité, Monseigneur, me servira de principe pour vous conduire à d'autres connoissances. Par la même raison, je vais vous démontrer que *les trois angles d'un triangle sont égaux à deux droits* : car c'est encore une vérité que nous aurons besoin de connoître.

La ligne droite est celle qui va directement d'un point à un autre. C'est celle dont la direction ne change point, ou qui conserve dans toute sa longueur la direction dans laquelle elle commence : c'est la plus courte entre deux points : c'est celle qui tournant sur ses deux ex-

trémités , tourne dans toute sa longueur sur elle-même , sans qu'aucune de ses parties se déplace. Vous voyez que toutes ces expressions ne sont que différentes manières d'expliquer une même idée , & qu'elles supposent l'idée qu'elles paroissent définir.

Quand il s'agit d'une idée composée de plusieurs autres , elle se définit facilement , parce qu'il suffit d'exprimer les idées dont elle se forme. En disant , par exemple , qu'un triangle est une surface terminée par trois lignes , on le définit ; & cette définition a un caractère bien différent des prétendues définitions qu'on donne de la ligne droite. En effet , la définition du triangle en donneroit l'idée à quelqu'un qui n'auroit jamais remarqué aucun triangle : au contraire , les définitions de la ligne droite n'en donneroient pas l'idée à quelqu'un qui n'auroit jamais remarqué aucune ligne droite.

C'est que les idées , lorsqu'elles sont simples , ne s'acquièrent pas par des définitions , & qu'elles viennent uniquement des sens. Tracez une ligne avec un compas , ce sera une ligne courbe : tracez-en une avec une règle , ce sera une ligne droite. Il est vrai que rien ne vous assure que cette ligne soit droite en effet ,

puisque rien ne vous assure que la règle le soit elle même : mais enfin une ligne droite est ce que vous paroît une ligne tracée avec une règle, & quoique cette apparence puisse être fautive, elle n'en est pas moins l'idée d'une ligne droite. En considérant la ligne droite & la ligne courbe, vous pouvez remarquer que la première est une proprement, & que la seconde est formée de plusieurs lignes qui se couperoient, si elles étoient continuées. Mais quand vous diriez *la ligne droite est une, la ligne courbe est multiple*, vous ne les définiriez ni l'une ni l'autre. Vous voyez qu'il y a des choses qu'on ne doit pas songer à définir.

Une ligne est perpendiculaire à une autre, lorsqu'elle ne penche d'aucun côté, ou qu'elle n'est point inclinée; lorsqu'elle fait de part & d'autre deux angles égaux, deux angles droits, deux angles qui ont chacun 90 degrés, ou qui sont chacun mesuré par le quart d'une circonférence de cercle. Ce ne sont encore là que des expressions synonymes & identiques pour celui qui connoît la valeur des mots.

Une ligne est oblique, lorsque sa direction est inclinée sur la direction d'une autre

ligne ; lorsqu'étant continuée jusqu'au point où elle rencontreroit cette autre ligne, elle feroit avec elle deux angles inégaux, deux angles dont l'un auroit plus de 90 degrés, & l'autre moins.

Deux lignes droites sont parallèles, lorsque, dans toute leur longueur, les points de l'une sont également distants des points correspondants de l'autre, ou lorsque des lignes droites, tirées des points de l'une aux points correspondants de l'autre, sont toutes de même longueur.

Vous remarquerez premièrement que la position d'une ligne droite n'est que le rapport de sa direction à la direction d'une autre ; & que, par conséquent, sa direction étant donnée, sa position est déterminée.

En second lieu, qu'une ligne ne peut avoir par rapport à une autre que trois positions : ou elle est perpendiculaire, ou elle est oblique, ou elle est parallèle.

Qu'enfin la position d'une ligne par rapport à une autre est réciproque entre les deux : si l'une est parallèle à l'autre, l'autre lui est parallèle ; si l'une est perpendiculaire à l'autre,

l'autre lui est perpendiculaire ; si l'une est oblique à l'autre , l'autre lui est oblique , & chacune fait avec l'autre deux angles dont l'inégalité est la même.

Toutes ces propositions sont identiques à l'inspection des termes , & par conséquent , elles ne sont pas du nombre de celles qu'on doit chercher à démontrer. Il nous reste à aller par une suite de propositions identiques à cette conclusion , *les trois angles d'un triangle sont égaux à deux droits.*

Fig. 5.

Supposer que EG , est perpendiculaire sur AB , c'est supposer qu'elle fait sur AB , deux angles égaux , ou deux angles droits.

Supposer que cette ligne droite est prolongée au-dessous de AB , c'est supposer qu'elle est prolongée dans la direction EG . Par conséquent si nous supposons que GF est ce prolongement , ce sera supposer que GF , ainsi que EG , fait sur AB deux angles égaux : car si les deux angles étoient inégaux , l'un seroit plus grand qu'un angle droit & l'autre plus petit. GF , seroit donc inclinée ; elle ne seroit donc pas le prolongement de EG , ce qui est contre la supposition.

EF, est donc dans sa partie inférieure, comme dans sa partie supérieure, perpendiculaire sur AB, & c'est la même chose que dire, que AB est perpendiculaire sur EF : car supposer que AB est inclinée sur EF, ce seroit supposer que EF est inclinée sur AB : la position d'une ligne par rapport à une autre étant réciproque entre les deux.

Mais la ligne EF, étant prolongée jusqu'au point H, suit la direction donnée par les deux points E, G, & elle est droite dans toute sa longueur.

Cela posé, dire que CD est parallèle à AB, c'est dire, qu'elle fait sur EH des angles semblables à ceux que fait AB sur la même ligne ; & dire qu'elle fait des angles semblables, c'est dire, qu'elle la coupe à angles droits. En effet, si on supposoit le contraire, on la supposeroit inclinée sur EH ; & lui supposant une inclinaison que n'a pas AB, on supposeroit qu'elle n'en est pas la parallèle.

Or, dire que CD coupe EH à angles droits, c'est dire, que EH coupe CD à angles droits. Il est donc démontré qu'une ligne droite perpendiculaire à une autre li-

gne droite, est perpendiculaire à toutes les lignes paralleles, sur lesquelles elle fera prolongée, ou qu'elle fera sur toutes des angles droits.

Donc si cette ligne est inclinée sur une parallele, elle fera également inclinée sur toutes : car supposer qu'elle ne l'est pas également, ce seroit supposer qu'elle n'est pas droite, ou que les lignes qu'elle coupe, ne sont pas paralleles.

Fig. 6.

FG est donc également inclinée sur AB & sur CD. Or, dire qu'elle est également inclinée sur l'une & sur l'autre, c'est dire, qu'elle fait du côté qu'elle penche, des angles égaux sur chaque parallele ; que l'angle q , extérieur aux deux paralleles, est égal à l'angle intérieur u , & que l'angle intérieur s , est égal à l'angle extérieur y .

Il est de même évident que de l'autre côté de la ligne FG, l'angle extérieur est égal à l'angle intérieur, p à t , x à r . Pour rendre la chose sensible, il n'y auroit qu'à renverser la figure.

D'ailleurs, si dans la premiere figure la ligne qui coupe perpendiculairement les deux

parallèles, fait sur chacune deux angles droits; dans la seconde, la ligne, qui les coupe obliquement, fait sur chacune deux angles, qui, pris ensemble, sont égaux à deux droits. Car l'obliquité de la ligne FG , qui fait q , par exemple, inégal à p , ne peut altérer la valeur que ces deux angles ont ensemble. En effet, pour appercevoir l'identité de la valeur des deux angles de la seconde figure à la valeur des deux angles de la première, il suffit de considérer que dans l'une & dans l'autre, les deux angles ont également pour mesure une demi-circonférence de cercle.

p est donc égal à deux droits, moins q : de même t est égal à deux droits moins u . Or, u est égal à q . Donc il s'en faut de la même quantité que p ne soit égal à t : donc ils sont égaux.

FG , dans la partie supérieure de la ligne AB , est inclinée sur le côté B ; & dans la partie inférieure, elle est inclinée sur le côté A . Or, supposer que ces deux lignes sont droites, c'est supposer que l'inclinaison est la même au-dessous, comme au-dessus de la ligne AB : car si elle n'étoit pas la même, l'une des deux lignes ne seroit pas droite.

Mais dire que l'inclinaison est au-dessous ; vers le côté A, la même qu'au-dessus vers le côté B ; c'est dire que FG fait avec le côté A un angle égal à celui qu'elle fait avec le côté B, & que r est égal à q . On prouvera de la même manière que p est égal à s , t à y , u à x . Ces angles sont opposés au sommet : donc les angles, opposés au sommet ; sont égaux.

En effet, il est évident que r est égal à deux droits moins p , & que q est égal à deux droits moins p . Ils sont donc chacun égaux à deux droits moins la même quantité. Ils sont donc égaux l'un à l'autre.

Or, dire que r est égal à q , qui lui est opposé au sommet, c'est dire qu'il est égal à tout angle, auquel q est égal lui-même. Mais nous avons vu que q est égal à u . Donc r est égal à u . Par la même raison, s est égal à t , p à y , q à x . C'est ce qu'on exprime en disant que les angles alternes sont égaux.

Fig. 7.

Soit à présent FG parallèle à de . Vous voyez deux angles alternes dans a & d , & deux autres dans c & e . a est donc égal à d , & c à e . Or, les angles a , b , c , sont égaux à deux droits. Donc d , b , e , sont égaux à deux

droits. Donc les trois angles du triangle sont égaux à deux droits.

Les deux exemples que j'ai apportés dans ce chapitre, sont plus que suffisants pour faire concevoir que l'évidence de raison consiste uniquement dans l'identité. Je les ai d'ailleurs choisis, comme je vous ai averti, parce que ce sont deux vérités qui nous conduiront à d'autres.





CHAPITRE II.

*Considérations sur la méthode exposée
dans le chapitre précédent.*



Comment l'identité s'aperçoit dans une suite de propositions. Vous voyez sensiblement que dans la démonstration de la grandeur du triangle, toute la force consiste uniquement dans l'identité. Vous remarquerez que nous avons commencé par la définition du mot *mesurer*, que cette définition se trouve dans toutes les propositions suivantes, & que ne changeant que pour la forme du discours, elle est seulement de l'une à l'autre énoncée en d'autres termes.

C'est l'impuissance où vous êtes de comparer immédiatement la définition du mot *mesurer* avec celle du triangle, qui vous a fait une nécessité de faire prendre dans le langage différentes transformations à une même idée.

Mais pour passer ainsi à une suite de propositions,

positions, & pour découvrir l'identité d'une première définition avec la conclusion d'un raisonnement, il faut connoître parfaitement toutes les choses que vous avez à comparer. Vous ne démontrerez pas la mesure du triangle, si vous n'avez pas des idées exactes & complètes de ce que c'est que *mesurer*, *rectangle*, *triangle*, *surface*, *côté*, *diagonale*. Faites vous donc des idées complètes de chaque figure, & il n'y en aura point que vous ne puissiez mesurer exactement. La méthode que nous avons suivie est applicable à tous les cas où nous ne manquons pas d'idées; & vous pouvez entrevoir que toutes les vérités mathématiques ne sont que différentes expressions de cette première définition. *Mesurer*, c'est *appliquer successivement sur toutes les parties d'une grandeur, une grandeur déterminée*. Ainsi les mathématiques sont une science immense, renfermée dans l'idée d'un seul mot.

On ne peut pas toujours, comme dans l'exemple que je viens de vous donner, faire prendre à une première définition toutes les transformations nécessaires: mais on a des méthodes pour y suppléer; & ce qu'on ne peut pas sur l'idée totale, on le fait successivement sur toutes ses parties.

L'identité est
sensible en
arithmétique.

Un grand nombre, par exemple, ne peut être exprimé que d'une seule manière, & l'arithmétique ne fournit pas de moyen pour en varier l'expression. Mais si en considérant deux grands nombres immédiatement, je ne puis pas découvrir en quoi ils sont identiques; je puis découvrir l'identité qui est entre leurs parties, & par ce moyen, j'en connoîtrai tous les rapports. C'est-là dessus que sont fondées les quatre opérations de l'arithmétique, qu'on peut même réduire à deux, l'addition & la soustraction. Quand je dis donc *six & deux font huit*, c'est la même chose que si je disois *six & deux font six & deux*; & quand je dis *six moins deux font quatre*, c'est encore la même chose que si je disois que *six moins deux font six moins deux*, &c.

C'est donc dans l'identité que consiste l'évidence arithmétique, & si à *six & deux* je donne la dénomination de huit, & à *six moins deux* la dénomination de quatre; je ne change les expressions, qu'afin de faciliter les comparaisons, & de rendre l'identité sensible.

Les démonstrations ne se font donc jamais que par une suite de propositions identiques, soit que nous opérions sur des idées totales, soit que nous opérions successivement sur cha-

que partie. Quand vous étudierez le calcul algébrique, vous verrez que l'avantage de cette méthode consiste à faciliter les moyens de comparer un grand nombre avec un grand nombre, & à faire connoître en quoi ils sont identiques, sans exiger qu'on les considère parties par parties.

En voilà assez, pour vous faire voir que l'évidence de raison porte uniquement sur l'identité des idées.



CHAPITRE III.

Application de la méthode précédente à de nouveaux exemples.

J'AI déjà eu occasion, Monseigneur, de vous faire remarquer qu'on peut distinguer deux sortes d'essences. Mais pour vous développer l'art de raisonner, il faut considérer trois cas différents.

1°. Ou nous connoissons la propriété première d'une chose, celle qui est le principe de toutes les autres; & alors cette propriété est l'essence proprement dite: je la nommerai *véritable* ou *première*.

2°. Ou ne connoissant que des propriétés secondaires, nous en remarquons une qu'on peut dire être le principe de toutes les autres. Cette propriété peut être regardée comme essence par rapport aux qualités qu'elle ex-

plique : mais c'est une essence improprement dite ; je la nomme *seconde*.

3°. Enfin, il y a des cas où parmi les propriétés secondaires, nous n'en voyons point qui puisse expliquer toutes les autres. Alors nous ne connoissons ni l'essence véritable ni l'essence seconde, & il nous est impossible de faire des définitions. Pour donner la connoissance d'une chose, il ne nous reste plus qu'à faire l'énumération de ses qualités : telle est, par exemple, l'idée que nous nous formons de l'or.

Ou nous n'en connoissons aucune essence.

Vous avez vu que lorsque nous connoissons l'essence véritable, nous pouvons démontrer tous les rapports avec précision : Mais vous jugez que lorsque nous ne connoissons que l'essence seconde, il y aura des rapports que nous ne pourrons pas démontrer, & qu'il y en aura même, que nous ne pourrons pas découvrir.

Il faut s'assurer des connoissances qu'on a à cet égard.

Voulez-vous donc juger de la force, & de l'exactitude d'une démonstration ? assurez-vous de l'espece d'essence renfermée dans les définitions sur lesquelles vous raisonnez.

Or, pour peu que vous vous rendiez compte de vos idées, il ne vous sera pas

difficile de vous assurer, si vous connoissez l'essence véritable ou l'essence seconde ; ou si vous ne connoissez aucune essence.

Quand on ne connoît aucune essence, il ne reste qu'à faire l'énumération des qualités.

L'or est jaune, ductile, malléable. Or, pourquoi un métal a-t-il des qualités qu'un autre n'a pas ? Vous ne sauriez remonter à une qualité première, qui vous en rende raison. Vous ne sauriez donc démontrer avec précision le rapport d'un métal à un métal. Par conséquent, il ne vous reste qu'à faire l'énumération de leurs qualités, & à comparer celles de l'un avec celles de l'autre.

Nous ne connoissons l'essence véritable ni du corps ni de l'ame.

Si je vous demande encore pourquoi le corps est étendu, & pourquoi l'ame sent ? plus vous y réfléchirez & plus vous verrez que vous n'avez rien à répondre. Vous ignorez donc l'essence véritable de ces deux substances.

Nous en connoissons l'essence seconde

Cependant vous considérez que toutes les qualités que vous voyez dans le corps, supposent l'étendue, & que toutes celles que vous appercevez dans l'ame, supposent la faculté de sentir. Vous pouvez donc regarder l'étendue comme l'essence seconde du corps, & la faculté de sentir comme l'essence seconde de l'ame.

Raisonnez actuellement sur ces deux substances, vous ne pouvez comparer que l'essence seconde de l'une avec l'essence seconde de l'autre ; car vous ne sauriez comparer une essence véritable que vous ne connoissez pas, avec une essence véritable que vous ne connoissez pas davantage. Comparons donc l'essence seconde du corps avec l'essence seconde de l'ame ; & commençons par cette définition, *le corps est une substance étendue.*

L'essence seconde du corps ne peut être identique avec l'essence seconde de l'ame.

Je puis varier l'expression de cette définition : je puis me représenter le corps comme divisé en petites parties, en atomes. Ce sera une matiere subtile, un air très délié, un feu très actif. Mais quelque forme que je fasse prendre à cette définition, il me sera impossible d'arriver à une proposition identique avec *substance qui sent.* Nous pouvons donc nous assurer qu'en partant de l'idée de substance étendue, nous n'avons point de moyen pour prouver que cette substance est la même que celle qui pense. Il nous reste à commencer par l'idée de substance qui sent ; & pour lors nous aurons épuisé tous les moyens de faire sur cette matiere les découvertes qui sont à notre portée.

Dire que l'ame est une substance qui sent, De l'essence

seconde de
l'ame, il s'en-
suit que la ré-
flexion n'est
qu'un manie-
re de sentir.

c'est dire qu'elle est une substance qui a des sensations.

Dire qu'elle a des sensations, c'est dire qu'elle a une seule sensation, ou deux à la fois, ou davantage.

Dire qu'elle a une sensation ou deux, &c. c'est dire, ou que ces sensations font sur elle une impression à peu-près égale, ou qu'une ou deux font sur elle une impression plus particulière.

Dire qu'une ou deux sensations font sur elle une impression plus particulière, c'est dire qu'elle les remarque plus particulièrement, qu'elle les distingue de toutes les autres.

Dire qu'elle remarque plus particulièrement une ou deux sensations, c'est dire qu'elle y donne son attention.

Dire qu'elle donne son attention à deux sensations, c'est dire qu'elle les compare.

Dire qu'elle les compare, c'est dire qu'elle apperçoit entre elles quelque rapport de différence ou de ressemblance.

Dire qu'elle apperçoit quelque rapport de différence ou de ressemblance, c'est dire qu'elle juge.

Dire qu'elle juge, c'est dire qu'elle porte un seul jugement, ou qu'elle en porte successivement plusieurs.

Dire qu'elle porte successivement plusieurs jugements, c'est dire qu'elle réfléchit.

Réfléchir n'est donc qu'une certaine manière de sentir : c'est la sensation transformée. Vous voyez que cette démonstration a le même caractère, que celle d'où nous avons conclu, *la mesure du triangle est le produit de sa hauteur par la moitié de sa base*. L'identité fait l'évidence de l'une & de l'autre.

Il vous sera facile d'appliquer cette méthode à toutes les opérations de l'entendement, & de la volonté. Mais remarquez, Monseigneur, que plus vous avancerez, plus vous serez éloigné d'appercevoir quelque identité entre ces deux propositions : *l'ame est une substance qui sent, le corps est une substance étendue*. Je dis plus : c'est que vous prouverez que l'ame ne sauroit être étendue. En voici la démonstration.

Il s'ensuit encore que l'ame est une substance simple.

Dire qu'une substance compare deux sensations, c'est dire qu'elle a en même temps deux sensations.

Dire qu'elle a en même temps deux sensations, c'est dire que deux sensations se réunissent en elle.

Dire que deux sensations se réunissent dans une substance, c'est dire qu'elles se réunissent ou dans une substance qui est une proprement, & qui n'est pas composée de parties; ou dans une substance qui est une improprement, & qui dans le vrai est composée de parties qui sont chacune tout autant de substances.

Dire que deux sensations se réunissent dans une substance qui est une proprement, qui n'est pas composée de parties, c'est dire qu'elles se réunissent dans une substance simple, dans une substance inétendue. En ce cas l'identité est démontrée entre la substance qui compare, & la substance inétendue: il est démontré que l'ame est une substance simple. Voyons le second cas.

Dire que deux sensations se réunissent dans une substance composée de parties, qui sont chacune tout autant de substances, c'est dire qu'elles se réunissent toutes deux dans une même partie, ou qu'elles ne se réunissent dans cette substance, que parce que l'une appartient à une partie, à la partie A, par exemple, & l'autre à une autre partie, à la partie B. Nous

avons encore ici deux cas différents. Commençons par le premier.

Dire que deux sensations se réunissent dans une même partie, c'est dire qu'elles se réunissent dans une partie qui est une proprement, ou dans une partie composée de plusieurs autres.

Dire qu'elles se réunissent dans une partie qui est proprement une, c'est dire qu'elles se réunissent dans une substance simple; & il est démontré que l'ame est inétendue.

Dire qu'elles se réunissent dans une partie composée de plusieurs autres, c'est encore dire ou qu'elles se réunissent dans une partie qui est simple, ou que l'une est dans une partie de ces parties, & l'autre dans une autre partie.

Dire qu'une de ces sensations est dans une partie de ces parties, & que l'autre est dans une autre partie, c'est dire que l'une est dans la partie A, & l'autre dans la partie B: & ce cas est le même que celui qui nous restoit à considérer.

Dire que de ces deux sensations l'une est dans la partie A, & l'autre dans la partie B, c'est dire que l'une est dans une substance, & l'autre dans une autre substance.

Dire que l'une est dans une substance, & l'autre dans une autre substance, c'est dire qu'elles ne se réunissent pas dans une même substance.

Dire qu'elles ne se réunissent pas dans une même substance, c'est dire qu'une même substance ne les a pas en même temps.

Dire qu'une même substance ne les a pas en même temps, c'est dire qu'elles ne les peut pas comparer.

Il est donc démontré que l'ame étant une substance qui compare, n'est pas une substance composée de parties, une substance étendue. Elle est donc simple.

Avantage de la méthode qu'on a suivie dans les raisonnements précédents.

La méthode que nous venons de suivre vous fait voir jusqu'à quel point il nous est permis de pénétrer dans la connoissance des choses. l'essence seconde suffit pour prouver que deux substances différent; mais elle ne suffit pas pour mesurer avec précision la différence qui est entre elles.

Il est donc bien aisé de ne pas supposer l'évidence de raison, où elle n'est pas: il n'y a qu'à essayer de traduire en proportions identiques les démonstrations qu'on croit avoir faites.

Voilà la pierre de touche, voilà l'unique moyen de vous former dans l'art de raisonner.

Par-là, vous comprendrez comment les idées nous manquent, comment, faute d'idées, l'identité des propositions nous échappe, & comment nous devons nous conduire, pour ne pas mettre dans nos conclusions plus qu'il ne nous est permis de connoître. Si vous considérez l'ignorance où vous êtes de la nature des choses, vous serez très circonspect dans vos assertions; vous connoîtrez qu'avec tous les efforts dont vous êtes capable, vous ne sauriez répandre la lumière sur des objets qu'un principe supérieur, qui peut seul les éclairer, ne vous a pas permis de connoître. Mais si Dieu nous a condamnés à l'ignorance, il ne nous a pas condamnés à l'erreur : ne jugeons que de ce que nous voyons, & nous ne nous tromperons pas.





CHAPITRE IV.

De l'évidence de sentiment.

Il est difficile de remarquer tout ce qu'on sent.

IL se passe bien des choses en vous que vous ne remarquez pas; & si vous voulez vous le rappeler, il a même été un temps, où il y en avoit fort peu qui ne vous échappassent. Heureusement, Monseigneur, ce temps n'est pas bien ancien pour vous, & vous n'avez pas besoin d'un grand effort de mémoire. Les découvertes que vous avez faites en vous-même, sont donc toutes récentes, & vous vous êtes trouvé plus d'une fois dans le cas du bourgeois gentilhomme, qui parloit prose sans le savoir. C'est un avantage dont vous ne sentez pas encore tout le prix; mais j'espère qu'il vous garantira de bien des préjugés.

Cependant vous sentiez toutes ces choses, qui se passent en vous: car enfin elles ne sont que des manières d'être de votre ame, & les

manieres d'être de cette substance ne font à son égard, que ses manieres d'exister, ses manieres de sentir. Cela vous prouve qu'il faut de l'adresse pour démêler par sentiment tout ce qui est en vous. La métaphysique connoît seule ce secret : c'est elle qui nous apprend à tout instant que nous parlons prose sans le savoir, & j'avoue qu'elle ne nous apprend pas autre chose : mais il en faut conclure que sans la métaphysique on est bien ignorant.

Les Cartésiens croient aux idées innées, les Mallebranchistes s'imaginent voir tout en Dieu, & les Sectateurs de Locke disent n'avoir que des sensations. Tous croient juger d'après ce qu'ils sentent : mais cette diversité d'opinions prouve qu'ils ne savent pas tous interroger le sentiment.

Il est difficile de s'assurer de l'évidence de sentiment.

Nous n'avons donc pas l'évidence de sentiment, toutes les fois que nous pensons l'avoir. Au contraire, nous pouvons nous tromper, soit en laissant échapper une partie de ce qui se passe en nous, soit en supposant ce qui n'y est pas, soit en nous déguisant ce qui y est.

Nous laissons échapper une partie de ce qui

se passe en nous. Combien dans les passions de motifs secrets , qui influent sur notre conduite ? Cependant nous ne nous en doutons pas : nous sommes intimement convaincus qu'ils n'ont point de part à nos déterminations , & nous prenons l'illusion pour l'évidence.

Il a été un temps que vous vous imaginiez être un Prince charmant. Votre sentiment vous le répétoit tout aussi souvent que les flatteurs. Alors , Monseigneur , vos défauts vous échappoient , vous ne vous apperceviez point des caprices qui influoient dans votre conduite , & tout ce que vous vouliez , vous paroïsoit raisonnable. Aujourd'hui vous commencez à vous méfier & des flatteurs , & de vous-même ; vous concevez que nous avons raison de vous punir , & souvent vous vous condamnez vous-même ; c'est d'un bon augure. Mais laissons vos défauts , dont nous n'avons que trop souvent occasion de vous entretenir , & venons à des exemples qui choqueront moins votre amour propre.

Chaque instant produit en nous des sensations que le sentiment ne fait point remarquer , & qui à notre insu déterminant nos mouvements , veillent à notre conservation.

Je

Je vois une pierre prête à tomber sur moi, & je l'évite ; c'est que l'idée de la mort ou de la douleur se présente à moi ; je la sens, & j'agis en conséquence. Actuellement que vous donnez toute votre attention à ce que vous lisez, vous ne vous occupez que des idées qui s'offrent à vous, & vous ne remarquez pas que vous avez le sentiment des mots, & des lettres. Vous voyez par ces exemples qu'il faut de la réflexion pour juger sûrement de tout ce que nous sentons. Croire que nous avons toujours senti, comme nous sentons aujourd'hui, c'est donc supposer que nous n'avons jamais été dans l'enfance : & par conséquent, c'est avoir laissé échapper bien des choses qui se sont passées en nous.

Nous supposons en nous ce qui n'y est pas ; car dès que le sentiment laisse échapper une partie de ce qui se passe en nous, c'est une conséquence qu'il y suppose ce qui n'y est pas. Si dans les passions nous ignorons les vrais motifs qui nous déterminent, nous en imaginons qui n'ont point, ou qui n'ont que très peu de part à nos actions : il y a si peu de différence entre imaginer & sentir, qu'il est tout naturel qu'on juge sentir en soi, ce qu'on imagine devoir y être.

Parce que nous supposons ce qui n'y est pas.

Faites remarquer à un homme qui se promène ; tous les tours qu'il a faits dans un jardin ; & demandez-lui pourquoi il a passé par une allée plutôt que par une autre. Il pourra fort bien vous répondre : *je sens que j'ai été libre de choisir , & que si j'ai préféré cette allée , c'est uniquement parce que je l'ai voulu.*

Il se peut cependant qu'il n'ait point fait en cela d'acte de liberté, & qu'il se soit laissé aller aussi nécessairement qu'un être qui seroit poussé par une force étrangère. Mais il a le sentiment de sa liberté, il l'étend à toutes ses actions, & comme il sent qu'il est souvent libre, il croit sentir qu'il l'est toujours.

Un manchot a le sentiment de la main qu'on lui a coupée. C'est à elle qu'il rapporte la douleur qu'il éprouve, & il diroit : *il m'est évident que j'ai encore ma main.* Mais le souvenir de l'opération qu'on lui a faite, prévient une erreur, que la vue & le toucher détruiroient.

Enfin nous nous déguisons ce qui est en nous.

Parceque
nous nous dé-
guisons ce qui
est en nous.

On prend, par exemple, pour naturel ce qui est habitude, & pour inné ce qui est acquis ; & un Mallebranchiste ne doute pas que, lors-

qu'il est prêt à tomber d'un côté, son corps ne se rejette naturellement de l'autre. Est-il donc naturel à l'homme de marcher, & n'est-ce pas à force de tâtonnement que les enfants se font une habitude de tenir leur corps en équilibre? Quoi qu'en dise Mallebranche, ce n'est pas la nature qui règle les mouvements de notre corps, c'est l'habitude.

De tous les moyens que nous avons pour acquérir des connoissances, il n'en est point qui ne puisse nous tromper. En métaphysique le sentiment nous égare; en physique l'observation, en mathématique le calcul: mais comme il y a des loix pour bien calculer, & pour bien observer; il y en a pour bien sentir, & pour bien juger de ce qu'on sent.

Il y a cependant des moyens pour s'affurer de l'évidence de sentiment.

A la vérité, il ne faut pas se flatter de démêler toujours tout ce qui se passe en nous: mais cette ignorance n'est pas une erreur. Nous y découvrirons même d'autant plus de choses, que nous éviterons plus soigneusement les deux autres inconvénients. Car les préjugés qui supposent en nous ce qui n'y est pas, ou qui déguisent ce qui y est, sont un obstacle aux découvertes, & une source d'erreurs. C'est par eux que nous jugeons de ce que nous ne voyons pas, & que substituant ce que

nous imaginons à ce qui est, nous nous formons des fantômes. Les préjugés nous aveuglent sur nous, comme sur tout ce qui nous environne.

Nous ne pourrions donc nous assurer de l'évidence du sentiment, qu'autant que nous serons sûrs de ne pas supposer en nous ce qui n'y est pas, & de ne pas nous déguiser ce qui y est; & si nous réussissons en cela, nous y découvrirons des choses dont auparavant nous n'aurions pas pu avoir le moindre soupçon, & nous voyant à-peu-près comme nous sommes, nous ne laisserons échapper que ce qui est tout-à-fait impossible à saisir.

Mais il n'arrivera jamais de supposer en soi ce qui n'y est pas, si on ne se déguise jamais ce qui y est. Nous ne donnons à nos actions des motifs qu'elles n'ont pas, que parce que nous voulons nous cacher ceux qui nous déterminent; & nous ne croyons avoir été libres dans le moment où nous n'avons fait aucun usage de notre liberté, que parce que notre situation ne nous a pas permis de remarquer le peu de part que notre choix avoit à nos mouvements, & la force des causes qui nous entraînoient. Nous n'avons donc qu'à ne pas nous déguiser ce qui se passe en nous, & nous éviterons toutes les erreurs

que le sentiment peut occasionner. Par conséquent, toutes les méprises où nous tombons, lorsque nous consultons le sentiment, viennent uniquement de ce que nous nous déguisons ce que nous sentons : car nous déguiser ce qui est en nous, c'est ne pas voir ce qui y est, & voir ce qui n'y est pas.





CHAPITRE V.

D'un préjugé qui ne permet pas de s'assurer de l'évidence de sentiment.

Pour s'assurer de l'évidence de sentiment, il faut apprendre à ne pas confondre l'habitude avec la nature.

IL n'y a personne qui ne soit porté à juger qu'il a l'évidence de sentiment, toutes les fois qu'il parle d'après ce qu'il croit sentir. Ce préjugé est une source d'erreurs. Celui-là seul a l'évidence de sentiment, qui sachant dépouiller l'ame de tout ce qu'elle a acquis, ne confond jamais l'habitude avec la nature. Ainsî on est fondé à refuser au plus grand nombre cette évidence, qui au premier coup d'œil paroît être le partage de tout le monde. Chacun sent qu'il existe, qu'il voit, qu'il entend, qu'il agit, & personne en cela ne se trompe. Mais quand il est question de la maniere d'exister, de voir, d'entendre & d'agir, combien y en a-t-il qui sachent éviter l'erreur? Tous cependant en appellent au sentiment.

L'ame ac-

On a quelquefois remarqué l'étonnement

d'un homme tout-à-fait ignorant, qui entend parler une langue étrangere; il sent qu'il parle la sienne si naturellement, qu'il croit sentir qu'elle est seule naturelle. Sur d'autres objets les philosophes se trompent tout aussi grossièrement. Nous voyons le corps commencer à se développer, & passer de l'âge de foiblesse à l'âge de force. Ici le sentiment ne peut pas nous tromper, & personne n'a osé avancer que le corps de l'homme n'est jamais dans l'enfance. C'est peut-être la seule absurdité que les philosophes ayent oublié de dire. Est il donc moins absurde de penser que l'ame est née avec toutes ses idées, & avec toutes ses facultés? Ne suffit-il pas de s'observer pour voir qu'elle a ses commencements dans le développement de ses facultés, & dans l'acquisition de ses idées? Disons plus, s'il y a de la différence, elle n'est pas à son avantage; car, il s'en faut bien qu'elle fasse les mêmes progrès que le corps. Mais en général nous sommes tous portés à croire que nous avons toujours senti comme nous sentons actuellement, & que la nature seule nous a fait ce que nous sommes. C'est ce préjugé qu'il faut détruire: tant qu'il subsistera, les témoignages du sentiment seront très équivoques.

acquiert ses facultés comme ses idées.

Or, nous ne pouvons pas nous cacher que l'esprit acquiert la faculté de réfléchir, d'imaginer, & de penser; comme le corps acquiert

la faculté de se mouvoir avec adresse & agilité. Nous nous souvenons encore du temps où nous n'avions aucune idée de certains arts & de certaines sciences. L'éloquence, la poésie, & tous les prétendus dons de la nature, nous les devons aux circonstances & à l'étude. Le seul avantage qu'on apporte en naissant, c'est des organes mieux disposés. Celui dont les organes reçoivent des impressions plus vives & plus variées, & contractent plus facilement des habitudes, devient suivant l'espece de ses habitudes, poëte, orateur, philosophe, &c. tandis que les autres restent ce que la nature les a faits. N'écoutez point ceux qui répètent sans cesse : *on n'est que ce qu'on est né : on ne devient point poëte, on ne devient point orateur, &c.* c'est la vanité qui parle d'après le préjugé.

Il faut juger des qualités, que nous croyons avoir toujours eues, par celles que nous savons avoir acquises

Il y a des qualités que nous ne doutons pas d'avoir acquises, parce que nous nous souvenons du temps, où nous ne les avons pas. N'est ce pas une raison de conjecturer qu'il n'en est point que nous n'ayons acquises ? Pourquoi l'ame acquerroit-elle dans un âge avancé, si elle n'avoit pas acquis dans une âge tendre ? Je suis aujourd'hui obligé d'étudier pour m'instruire, & dans l'enfance j'étois instruit sans avoir étudié ! Il est vrai que la mémoire ne conserve point de traces de ces pre-

mieres études : mais le sentiment qui nous avertit aujourd'hui de celles que nous faisons, ne nous permet pas de douter de celles que nous avons faites.

Si nous n'avons aucun souvenir des premiers moments de notre vie, comment, dira-t-on, pourrons-nous nous mettre dans la situation de nous sentir précisément tels que nous avons été : comment nous donnerons-nous le sentiment d'un état qui n'est plus, & que nous ne pouvons nous rappeler ?

Comment nous pouvons juger de ce que nous avons acquis dès les premiers moments de notre vie.

L'ignorance précipite toujours ses jugements, & traite d'impossible tout ce qu'elle ne comprend pas. L'histoire de nos facultés & de nos idées paroît un roman tout-à-fait chimérique aux esprits qui manquent de pénétration : il seroit plus aisé de les réduire au silence, que de les éclairer. Combien en physique, & en astronomie, de découvertes jugées impossibles par les ignorants d'autrefois ! ceux d'aujourd'hui, sans doute, seroient bien tentés de les nier, ils ne disent rien cependant, & les plus adroits cachent leur défaut de lumière par un consentement tacite.

Il ne s'agit pas d'entreprendre l'histoire des pensées de chaque individu : car chacun a quelque chose de particulier dans sa maniere de

fentir : soit parce qu'il y a toujours de la différence entre les organes de l'un à l'autre ; soit parce qu'ils ne passent pas tous par les mêmes circonstances. Mais il y a aussi une organisation commune : tous ont des yeux, quoiqu'ils les aient différents ; tous ont des sensations de couleur, quoiqu'ils n'apperçoivent pas les mêmes nuances. Il y a aussi des circonstances générales : telles sont les circonstances qui apprennent à chaque individu à pourvoir à ses besoins par les mêmes moyens.

Nous pouvons donc nous représenter les effets de ce qu'il y a de commun dans l'organisation, & de général dans les circonstances ; & juger par-là de la génération de nos facultés, ainsi que de l'origine, & des progrès de nos idées.

Le point essentiel est de bien discerner quelles sont les choses sur lesquelles le sentiment nous éclaire, & quel en est le degré de lumière. Car s'il est vrai que nous sentons tout ce qui se passe en nous, il est également vrai que nous ne remarquons pas tout ce que nous sentons. L'habitude & la passion nous jettent continuellement dans l'illusion. Pour nous connoître, il faut d'abord nous observer dans ces circonstances générales, où les passions nous

en imposent moins, & où nous pouvons plus aisément nous séparer de nos habitudes.

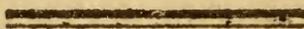
Il n'est pas possible d'interroger le sentiment sur ce qui nous est arrivé dans l'enfance. Mais si nous considérons ces circonstances générales qui ont été les mêmes dans tous les âges, ce que nous sentons aujourd'hui nous fera juger de ce que nous avons senti, & nous serons en droit de conclure de l'un à l'autre. Par ce moyen nous verrons, par exemple, évidemment que le besoin est le principe du développement des facultés. De-là, il arrive qu'il y a telles circonstances où l'homme fait peu de progrès, tandis que dans d'autres il crée les arts, les sciences & les différents systèmes qui sont la base des sociétés. Mais ces choses vous ont déjà été suffisamment prouvées, & je passe à d'autres exemples.





CHAPITRE VI.

Exemples propres à faire voir comment on peut s'assurer de l'évidence de sentiment.



JE vais vous proposer quelques questions à résoudre, & vous me direz ce que le sentiment vous répondra.



PREMIERE QUESTION.



Premier
exemple.

L'ame se sent elle indépendamment du corps ?
Remarquez-bien que je ne vous demande pas si elle peut se sentir sans le corps. Je vous ai dit & prouvé plus d'une fois que l'ame est une substance simple, & par conséquent, toute différente d'une substance étendue. Je vous ai fait

remarquer qu'il n'y a aucun rapport entre les mouvements qui se passent dans les organes, & les sentiments que nous éprouvons. Nous en avons conclu que le corps n'agit pas par lui-même sur l'ame; il n'est pas la cause, proprement dite, de ses sensations, il n'en est que l'occasion, ou comme on parle communément; la cause occasionnelle. Mais cette question est du ressort de l'évidence de raison, & il s'agit maintenant de l'évidence de sentiment. Je reviens donc à la première question, & je vais vous la présenter sous différentes faces. C'est une précaution nécessaire pour ne rien précipiter.

Une âme, qui n'a encore été unie à aucun corps, se sent-elle? Envain nous interrogeons le sentiment, il ne répond rien: nous ne nous sommes pas trouvés dans ce cas, ni l'un ni l'autre; ou nous ne nous souvenons pas d'y avoir été, & c'est la même chose.

Votre ame unie actuellement à votre corps, se sent-elle? vous répondrez, *oui*, sans balancer: vous avez l'évidence.

Mais comment se sent-elle? comme si elle étoit répandue dans tout votre corps. Il est évident que vous sentez un objet que vous tou-

chez , comme si votre ame étoit dans votre main ; que vous sentez un objet que vous voyez , comme si votre ame étoit dans vos yeux ; & qu'en un mot , toutes vos sensations paroissent être dans les organes , qui n'en sont que la cause occasionnelle.

Ce jugement est fondé sur l'évidence. Car si le sentiment peut tromper , lorsqu'on veut juger de la maniere dont on sent ; il ne peut plus tromper , lorsqu'on le consulte pour juger seulement de la maniere dont on paroît sentir.

Le sentiment démontre donc que les parties du corps paroissent sensibles. Mais lorsqu'il s'agit de savoir , si en effet elles le sont , ou ne le sont pas , il ne démontre plus rien ; parce que dans l'un & l'autre cas , les apparences seroient les mêmes. Cette question n'est donc pas de celles qu'on peut résoudre par l'évidence de sentiment.

SECONDE QUESTION.

second

L'ame pourroit-elle se sentir , sans rapporter

ses sensations à son corps , sans avoir aucune exemple.
idée de son corps ?

Avant de répondre à cette question , il faut demander de quelles sensations on entend parler ; car ce qui seroit vrai des unes , pourroit ne l'être pas des autres.

S'agit-il des sensations du toucher ? Il est évident que sentir un corps , & sentir l'organe qui le touche , sont deux sentiments inséparables. Je ne sens ma plume , que parce que je sens la main qui la tient. En ce cas , les sensations de l'ame se rapportent au corps , & m'en donnent une idée.

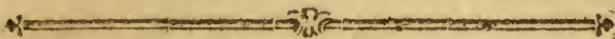
S'agit-il des sensations de l'odorat ? Ce n'est plus la même chose. Comme il est évident qu'avec ses seules sensations mon ame ne pourra pas ne pas se sentir , il l'est aussi qu'il ne lui seroit pas possible de se faire l'idée d'aucun corps. Bornez-vous pour un moment à l'organe de l'odorat ; vous ferez-vous des idées de couleur , de son , d'étendue , d'espace , de figure , de solidité , de pesanteur , &c. Voilà cependant ce dont vous formez les idées que vous avez du corps. Quelles sont donc vos idées dans cette supposition ? vous sentez des odeurs , quand votre organe est affecté , &

dans ces odeurs vous avez le sentiment de vous-même. Votre organe ne reçoit-il point d'impression? Vous n'avez ni le sentiment des odeurs, ni celui de votre être. Par conséquent, ces odeurs ne se montrent à vous que comme différentes modifications de vous-même: vous ne voyez que vous dans chacune, & vous vous voyez modifié différemment. Vous vous croirez donc successivement toutes les odeurs, & vous ne pourrez pas vous croire autre chose. Cela est évident; mais cela ne l'est que dans la supposition que je fais, & dans laquelle il faut bien vous placer.

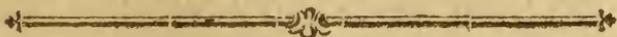
Je dis plus: c'est que même avec tous vos sens, vous pourriez concevoir assez vivement une idée abstraite, pour n'appercevoir que votre pensée. Votre corps pour ce moment vous échapperait, l'idée ne s'en présenteroit point à vous; non parce qu'il cesseroit d'agir sur votre ame, mais parce que vous cesseriez vous-même de remarquer les impressions que vous en recevez.

Voilà ce qui a trompé les philosophes. Parce que fortement occupés d'une idée, ils oublient ce que leur ame doit à leur corps; ils se sont imaginés qu'elle ne lui doit rien, & ils ont
pris

pris pour innées des idées qui tirent leur origine des sens.



TROISIEME QUESTION.



Voit-on des distances, des grandeurs, des figures, & des situations dès le premier instant qu'on ouvre les yeux ?

Il paroît qu'on les doit voir. Mais si cette apparence peut être produite de deux façons, le sentiment d'après lequel on se hâte de juger, ne fera rien moins qu'évident. Que la vision se fasse uniquement en vertu de l'organisation, ou qu'elle se fasse en vertu des habitudes contractées, l'effet est le même pour nous. Il faut donc examiner si nous voyons des grandeurs, des distances, &c. parce que nous sommes organisés pour les voir naturellement, ou si nous avons appris à les voir.

**Troisième
exemple.**

Il m'est évident que les sensations de couleur ne sont pour mon ame que différentes manieres de se sentir : ce ne sont que les propres modifications. Que je me suppose donc

borné à la vue : jugerai-je de ces modifications comme des odeurs , qu'elles ne sont qu'en moi-même ? ou les jugerai-je tout-à-coup hors de moi , sur des objets dont rien ne m'a encore appris l'existence ?

Si je n'avois que le sens du toucher , je conçois que je me ferois des idées de distances , de figures , &c. Il me suffiroit de rapporter au bout de ma main & de mes doigts les sensations qui se transmettroient jusqu'à moi ; mon ame alors s'étend , pour ainsi dire , le long de mes bras , se répand dans la main , & trouve dans cet organe la mesure des objets. Mais dans la supposition que j'ai faite , ce n'est pas la même chose. Mon ame n'ira pas le long des rayons chercher les objets éloignés. Il est donc d'abord certain , que rien ne peut encore la faire juger des distances.

Dès qu'elle ne juge pas des distances , elle ne juge pas des grandeurs , elle ne juge pas des figures. Mais il est inutile d'entrer dans de plus grands détails à ce sujet.

Quatrième
exemple.

Personne ne peut dire , *il m'est évident que je me suis senti , lorsque mon ame n'avoit encore reçu aucune sensation ; comme il peut dire il m'est évident que je sens actuellement que j'en*

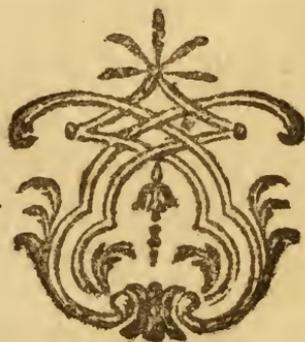
reçois. On ne seroit pas plus fondé à dire, *il m'est évident que je ne me sentoie pas, lorsque mon corps n'avoit encore fait aucune impression sur mon ame.* L'évidence de sentiment ne sauroit remonter aussi haut. Mais dans la supposition où une ame ne se sentiroit, que parce qu'elle auroit des sensations, on pourroit demander, quelles seroient ses facultés, si elle auroit des idées, si elle en auroit de toute espèce, comment elle les acquerreroit, quel en seroit le progrès? Vous savez la réponse à toutes ces questions.

Il semble que l'évidence de sentiment est la plus sûre de toutes : car de quoi sera-t-on sûr si on ne l'est pas de ce qu'on sent? Cependant, Monseigneur, vous le voyez ; c'est cette évidence-là dont il est le plus difficile de s'assurer. Toujours portés à juger d'après les préjugés, nous confondons l'habitude avec la nature, & nous croyons avoir senti, dès les premiers instans, comme nous sentons aujourd'hui. Nous ne sommes qu'habitudes : mais parce que nous ne savons pas comment les habitudes se contractent, nous jugeons que la nature seule nous a faits ce que nous sommes.

Il faut vous garantir de ce préjugé, Monseigneur, & ne pas vous imaginer que la na-

ture a tout fait pour vous , & qu'il ne vous reste rien à faire.

Si dans ce chapitre j'ai mis en question des choses que vous saviez déjà , c'est que pour connoître comment on s'assure de l'évidence de sentiment, rien n'est plus simple que d'observer comment on a acquis des connoissances par cette voie.





CHAPITRE VII.

De l'évidence de fait.

Vous remarquez que vous éprouvez différentes impressions que vous ne produisez pas vous-même. Or, tout effet suppose une cause. Il y a donc quelque chose qui agit sur nous.

Comment on
connoît qu'i
y a des corps

Vous appercevez en vous des organes sur lesquels agissent des êtres qui vous environnent de toutes parts, & vous appercevez que vos sensations sont un effet de cette action sur vos organes. Vous ne sauriez douter que vous appercevez ces choses : le sentiment vous le démontre.

Or, on nomme *corps* tous les êtres auxquels nous attribuons cette action.

Réfléchissez sur vous-même, vous reconnoîtrez que les corps ne viennent à votre con-

noissance, qu'autant qu'ils agissent sur vos sens. Ceux qui n'agissent point sur vous, sont à votre égard comme s'ils n'étoient pas. Vos organes mêmes ne se font connoître à vous, que parce qu'ils agissent mutuellement les uns sur les autres. Si vous étiez borné à la vue, vous vous sentiriez d'une certaine manière, & vous ne sauriez pas même que vous avez des yeux.

Mais comment connoissez-vous les corps ? Comment connoissez vous ceux dont vos organes sont formés, & ceux qui sont extérieurs à vos organes. Vous voyez des surfaces, vous les touchez : la même évidence de sentiment qui vous prouve que vous les voyez, que vous les touchez, vous prouve aussi que vous ne sauriez pénétrer plus avant. Vous ne connoissez donc pas la nature des corps, c'est-à-dire, que vous ne savez pas pourquoi ils vous paroissent tels qu'ils vous paroissent.

Cependant l'évidence de sentiment vous démontre l'existence de ces apparences ; & l'évidence de raison vous démontre l'existence de quelque chose qui les produit. Car dire qu'il y a des apparences, c'est dire qu'il y a des effets ; c'est dire qu'il y a des causes.

J'appelle *fait* toutes les choses que nous appercevons dans les corps. Soit que ces choses existent dans les corps, telles qu'elles nous paroissent, soit qu'il n'y ait rien de semblable dans les corps, & que nous n'apercevions que des apparences produites par des propriétés que nous ne connoissons pas. C'est un fait que les corps sont étendus, c'en est un autre qu'ils sont colorés; quoique nous ne sachions pas pourquoi ils nous paroissent étendus & colorés.

Ce qu'on entend par un fait.

L'évidence doit exclure toute sorte de doute. Donc l'évidence de fait ne sauroit avoir pour objet les propriétés absolues des corps: elle ne peut nous faire connoître ce qu'ils sont en eux-mêmes, puisque nous en ignorons tout-à-fait la nature.

Mais quels qu'ils soient en eux-mêmes, je ne saurois douter des rapports qu'ils ont à moi. C'est sur ces rapports que l'évidence de fait nous éclaire, & elle ne sauroit avoir d'autre objet. C'est une évidence de fait que le soleil se leve, qu'il se couche, & qu'il m'éclaire tout le temps qu'il est sur l'horison. Il faut donc vous souvenir que je ne parlerai que des propriétés relatives, toutes les fois que je dirai qu'une chose est évidente de fait.

Mais il faut vous souvenir aussi que ces propriétés relatives prouvent des propriétés absolues , comme l'effet prouve la cause. L'évidence de fait suppose donc ces propriétés , bien loin de les exclure ; & si elle n'en fait pas son objet , c'est qu'il nous est impossible de les connoître.





CHAPITRE VIII.

De l'objet de l'évidence de fait & comment on doit la faire concourir avec l'évidence de raison.

L'ÉVIDENCE de fait, Monseigneur, fournit tous les matériaux de cette science qu'on nomme physique, & dont l'objet est de traiter des corps. Mais il ne suffit pas de recueillir des faits ; il faut autant qu'il est possible les disposer dans un ordre, qui montrant le rapport des effets aux causes, forme un système d'une suite d'observations.

L'évidence de fait & l'évidence de raison doivent concourir ensemble.

Vous comprenez donc que l'évidence de fait doit toujours être accompagnée de l'évidence de raison. Celle-là donne les choses qui ont été observées, celle ci fait voir par quelles loix elles naissent les unes des autres. Il seroit donc bien inutile d'entreprendre de considérer l'évidence de fait séparément de toute autre.

Mais quoiqu'assurés par l'évidence de fait des choses que nous observons, nous ne le sommes pas toujours de n'avoir pas laissé échapper quelques considérations essentielles. Lors donc que nous tirons une conséquence d'une observation, l'évidence de raison a besoin d'être confirmée par de nouvelles observations. Toutes les conditions étant données, l'évidence de raison est certaine : mais c'est à l'évidence de fait à prouver que nous n'avons oublié aucune des conditions. C'est ainsi qu'elles doivent concourir l'une & l'autre à la formation d'un système. Il ne s'agit donc pas de considérer absolument l'évidence de fait toute seule : il faut que l'évidence de raison vienne à son secours, & qu'elle nous conduise dans nos observations.

Ce qu'on entend par phénomène.

Il y a des faits qui ont pour cause immédiate la volonté d'un être intelligent ; tel est le mouvement de votre bras. Il y en a d'autres qui sont l'effet immédiat des loix auxquelles les corps sont assujettis, & qui arrivent de la même manière toutes les fois que les circonstances sont les mêmes. C'est ainsi qu'un corps suspendu tombe, si vous coupez la corde qui le soutient. Tous les faits de cette espèce se nomment phénomènes, & les loix dont ils dépendent, se nomment loix naturelles. L'objet

de la physique est de connoître ces phénomènes & ces loix.

Pour y parvenir, il faut donner une attention particulière à chaque chose, & comparer avec soin les faits, & les circonstances : c'est ce qu'on entend par *observer*, & les phénomènes découverts s'appellent observations.

Ce qu'on entend par observation.

Mais pour découvrir des phénomènes, il ne suffit pas toujours d'observer : il faut encore employer des moyens propres à les rapprocher, à les dégager de tout ce qui les cache, à les mettre à portée de notre vue. C'est ce qu'on nomme des expériences. Il a fallu, par exemple, faire des expériences pour observer la pesanteur de l'air. Telle est la différence que vous devez mettre entre phénomène, observation, & expérience : mots qui sont assez souvent confondus.

Ce qu'on entend par expérience.

C'est aux bons physiciens à nous apprendre comment on doit faire concourir l'évidence de raison avec l'évidence de fait. Etudions les. Mon dessein néanmoins n'est pas de vous présenter un cours de physique. Je veux seulement vous faire connoître comment on doit raisonner dans cette science, & vous mettre en état de l'approfondir, à proportion que des affaires plus importantes vous permettront de

Objet que je me propose dans la suite de cet ouvrage.

vous prêter à cette étude. Vous ne devez être, Monseigneur, ni physicien, ni géometre, ni astronome, ni même métaphysicien, quoique votre précepteur le soit. Mais vous devez savoir raisonner, & vous le devez d'autant plus qu'un faux raisonnement, de la part d'un prince, peut faire sa perte & celle de son peuple.

D'ailleurs vous conviendrez qu'il seroit bien humiliant pour vous de n'être jamais à portée d'entendre les personnes instruites, de craindre leur abord, de n'admettre à votre cour que des fots, ou des demi-savants qui font de tous les fots les plus importuns aux yeux d'un homme sensé. Voulez-vous n'avoir pas peur des gens d'esprit? Acquérez des lumières: rendez vous capable de dispenser ces marques de considération, qui ne sont flatteuses, même de la part d'un prince, que lorsqu'elles sont éclairées. Ayez l'ame assez grande pour respecter la science & la vertu, quelque part qu'elles se trouvent réunies; & rougissez, si vous n'avez d'avantages que par votre naissance.

Dans le livre suivant nous raisonnerons sur les principes du mouvement, & nous essayerons de découvrir les premiers principes des mécaniques.



LIVRE SECOND.

*Où l'on fait voir par des exemples
comment l'évidence de fait & l'évi-
dence de raison concourent à la dé-
couverte de la vérité.*



CHAPITRE I.

*Du mouvement & de la force qui le
produit.*



LE mouvement, c'est-à-dire, le transport
d'un corps, d'un lieu dans un autre, est
le premier phénomène qui nous frappe ; il
est par-tout, il est toujours.

Le mouve-
ment est le
premier phé-
nomène.

Le lieu d'un corps est une partie de l'espace.

L'idée de lieu suppose un espace qui renferme l'univers, & le lieu de chaque corps est la partie qu'il occupe dans cet espace.

Nous ne connoissons que le lieu relatif.

Nous ne pouvons pas observer le lieu absolu des corps; nous ne voyons que la situation où ils sont les uns à l'égard des autres, c'est-à-dire, que nous n'en voyons que le lieu relatif.

Nous ne connoissons que le mouvement relatif.

Il ne nous est pas possible de connoître le mouvement absolu. Immobiles dans ce cabinet, nous sommes dans le même lieu par rapport à la terre; mais nous passons continuellement d'un lieu absolu dans un autre, puisque nous sommes transportés avec la terre qui tourne sur son axe & autour du soleil. Imaginez vous que la terre est un vaisseau dont cette chambre fait une partie; vous conclurez de cette considération, que tout ce que nous pouvons dire du mouvement & du repos, doit s'entendre du mouvement & du repos relatifs.

La force qui est la cause du mouvement, ne nous est pas connue.

Mais quoique nous ne connoissions ni le mouvement ni le repos absolus, c'est autre chose d'être immobile sur la terre, & autre chose d'y être en mouvement. Or, quelle est la cause de ces phénomènes?

Quand vous remuez un corps, quand vous

changez vous-même de place, la cause de ce mouvement est accompagnée en vous d'un sentiment, qui vous fait remarquer quelque chose qui agit, & quelque chose qui résiste à l'action. Vous donnez à ce quelque chose qui agit le nom de *force*, & à ce qui résiste le nom d'*obstacle*. Dès-lors vous vous représentez l'idée de force comme relative à l'idée d'obstacle, & vous ne concevez plus que la force fut nécessaire, s'il n'y avoit point de résistance à vaincre.

Cependant le sentiment ne vous apprend point quelle est cette cause qui produit votre mouvement : si vous y faites attention, vous reconnoîtrez que vous sentez plutôt le mouvement, que la cause qui le produit.

Or, si vous ne savez pas ce qui produit en vous le mouvement, vous êtes bien loin de savoir ce qui le produit dans des corps auxquels vous ne sauriez attribuer rien de semblable à ce que vous sentez.

Dès le premier pas, nous sommes donc obligés de reconnoître notre ignorance. Nous sommes sûrs que le mouvement existe, qu'il a une cause, mais cette cause nous l'ignorons. Rien n'empêche néanmoins que nous ne lui don-

nions un nom : c'est pourquoi nous lui conserverons celui de *force*.

La vitesse est
comme l'es-
pace parcouru
dans un
temps donné.

La vitesse est la promptitude avec laquelle un corps se transporte successivement dans l'espace. Par-là, vous sentez que nous ne pouvons juger de la vitesse que par l'espace parcouru dans un temps déterminé ; & vous jugerez la vitesse de A, double de celle de B, si, pendant le même intervalle de temps, il parcourt un espace double.

Vous n'aurez donc des idées exactes de la vitesse, qu'autant que vous en aurez de l'espace, & du temps. Mais qu'est ce que le temps & l'espace ? Ce sont deux choses, Monseigneur, sur lesquelles les philosophes ont dit bien des absurdités.

Mais nous ne
connoissons
ni la nature
de l'espace,

Il n'est pas douteux que nous n'ayons par les sens l'idée de l'étendue des corps, c'est-à-dire, d'une étendue colorée, palpable, &c. il n'est pas douteux encore que nous ne puissions par une abstraction séparer de cette étendue toutes les qualités visibles, tactiles, &c. il nous reste donc l'idée d'une étendue toute différente de celle des corps : c'est ce qu'on nomme *espace*.

Les qualités tactiles que nous sentons dans les
corps,

corps, nous les représentent comme impénétrables ; c'est à-dire, comme ne pouvant pas occuper un même lieu, comme étant nécessairement les uns hors des autres. En retranchant ces qualités par une abstraction, il nous reste un espace pénétrable, dans lequel les corps paroissent se mouvoir.

Mais de ce que nous formons l'idée de cet espace, ce n'est pas une preuve qu'il existe ; car rien ne peut nous assurer que les choses soient hors de nous telles que nous les imaginons par abstraction.

Cependant le mouvement tel que nous le concevons, est démontré impossible, si tout est plein. Comment donc nous tirer de ces difficultés ? En avouant notre ignorance, Monseigneur, en avouant que nous ne connoissons ni le vuide ni le plein. En effet, comment en aurions-nous une idée exacte ? Nous ne saurions dire ce que c'est que l'étendue.

Nous n'en savons pas davantage sur le temps. Ni celle du temps,
 Nous ne jugeons de la durée que par la succession de nos idées. Mais cette succession n'a rien de fixe. Si, transportant cette succession hors de nous, nous l'attribuons à tous les êtres qui existent, nous ne savons pas ce que

nous leur attribuons. Nous nous représentons cependant une éternité qui n'a ni commencement ni fin. Mais les parties de cette durée ne sont-elles que des instants indivisibles ? Comment donc forment-elles une durée ? Et si elles durent, comment durent-elles, elles-mêmes ? Tout cela est incompréhensible. Nous ne saurions faire de la durée & de l'étendue qu'avec de la durée & de l'étendue ; c'est-à-dire, que nous n'en saurions faire.

Ni celle de
la matiere.

Comme en séparant de l'étendue toutes les qualités sensibles, on se fait l'idée de l'espace ; en conservant à l'étendue l'impénétrabilité, on se fait l'idée de la matiere, c'est-à-dire, de quelque chose d'uniforme dont tous les corps sont composés. Ce n'est encore là qu'une idée abstraite, & nous n'en savons pas mieux ce que c'est que la matiere.

Il ne faut
donc considé-
rer ces choses
que par les
rapports, qu'
elles ont entre
elles & avec
nous.

Etendue, matiere, corps, espace, temps, force, mouvement, vitesse, sont autant de choses dont la nature nous est tout à fait cachée. Nous ne les connoissons que comme ayant des rapports entr'elles & avec nous. C'est de la sorte qu'il les faut considérer, si nous voulons conserver l'évidence dans nos raisonnements.

Les philosophes ont été de tout temps su-

jets à réaliser leurs abstractions ; c'est-à-dire , à supposer sans fondement que les choses ressemblerent exactement aux idées qu'ils s'en font. C'est ainsi , par exemple , que transportant au dehors cette force & cette résistance que nous sentons , ils ont cru se faire une idée de ce qui est dans les corps , & en raisonnant sur cette force , ils ont cru raisonner sur une idée exacte. De là , sont nées des disputes de mots & des absurdités sans nombre. Je ne vous arrêterai point sur toutes ces erreurs : nous avons des études , dont il est plus important de nous occuper.





CHAPITRE II.

Observations sur le mouvement.



UN corps persévère dans son état de repos, à moins que quelque cause ne l'oblige à changer de lieu, c'est-à-dire, à avoir d'autres relations avec les corps environnants, à en être plus ou moins distant : car le lieu ne doit être considéré que sous ce rapport, & jamais absolument.

Un corps en repos persévère dans son état de repos.

C'est là un fait dont nous ne pouvons pas douter : car nous voyons qu'un corps en repos n'est mis en mouvement, qu'autant qu'une cause étrangère agit sur lui : il faut s'arrêter là. Les philosophes vous diront qu'il est de la nature d'un corps en repos de rester en repos, & qu'il y a en lui une force par laquelle il résiste au mouvement : ils le diront parce qu'ils sentent l'effort qu'ils sont obligés de faire, toutes les fois qu'ils veulent transporter quelque

chose. Mais quelle idée faut-il se faire de cette nature, & de cette force résistante ? c'est à quoi ils n'ont rien à répondre.

2. Un corps mu persévère à se mouvoir uniformément & en ligne droite. C'est encore un fait prouvé par l'expérience, car le mouvement ne change de direction, n'est accéléré, retardé ou anéanti, que lorsque de nouvelles causes agissent sur le corps mu. Les philosophes, qui rendent raison de tout, ne manqueront pas de vous dire : que comme il y a dans le corps en repos une force par laquelle il résiste au mouvement, il y a dans le corps en mouvement une force par laquelle il résiste au repos.

Un corps mu persévère à se mouvoir uniformément & en ligne droite.

Cette force par laquelle un corps persévère, selon eux, dans son état de repos ou de mouvement, ils l'appellent *force d'inertie* ; & dès qu'ils lui ont donné un nom, ils croient en avoir une idée. Voyons s'il seroit possible de mieux concevoir la chose.

Nous ne connoissons pas la cause de ces phénomènes.

Quoique j'ignore la nature du mouvement, je ne puis douter que le mouvement ne soit autre chose que le repos. Pour mouvoir il faut donc produire un effet. Or, tout effet demande une cause, & quoique

cette cause soit d'une nature dont je n'ai point d'idée, je puis lui donner le nom de *force*; il suffit pour cela que je sois assuré de son existence.

Si donc une force est nécessaire pour mouvoir un corps, ce n'est pas qu'il y ait dans ce corps une force qui résiste, mais c'est que le mouvement est un effet à produire.

D'ailleurs qu'est ce que cette force d'inertie qui résisteroit au mouvement? Est-elle moindre que la force motrice, ou lui est-elle égale? Si elle est moindre, la quantité par laquelle la force motrice lui est supérieure, est une force qui ne trouve point de résistance. Si elle lui est égale, nous ne concevons plus qu'un corps puisse être mu; car deux forces opposées ne sauroient rien produire, qu'autant que l'une surpasse l'autre; & dans les cas d'égalité, il y auroit nécessairement équilibre.

Pour rendre le repos à un corps en mouvement, c'est un effet à détruire; & si ce corps persévère dans son mouvement, ce n'est pas par une force d'inertie, c'est par une force motrice qui lui a été communiquée. Aussi voyons nous que le mouvement n'est retardé ou anéanti, que lorsqu'un corps rencontre des

obstacles. Si les forces qui agissent dans des directions opposées, sont égales, il n'y a plus de mouvement ; si la première force communiquée continue d'être supérieure, le mouvement ne cesse pas, il se fait seulement avec moins de vitesse.

On demande si la force motrice est instantanée & n'agit qu'au premier instant, ou si son action est continuée & se répète à chaque instant. C'est une question à laquelle nous ne saurions répondre. Si la force n'agit qu'au premier instant, pourquoi le corps se meut-il encore le second, le troisième, &c. nous ne concevons point de liaison entre le mouvement du second instant, du troisième, &c., & la force qui n'agit qu'au premier. Il semble au contraire qu'à chaque instant le corps est comme s'il commençoit à se mouvoir, & que ce qui lui arrive dans un instant quelconque, ne dépend point de ce qui lui est arrivé dans les précédents, & n'influe point sur ce qui lui arrivera dans les autres.

Nous ne faisons pas comment agit ce qu'on nomme force motrice.

L'action de la force se répète-t-elle donc à chaque instant ? Mais si elle a besoin de se répéter dans le second, qu'a-t-elle donc produit dans le premier ? N'a-t-elle pas mu le corps ? Elle se répétera dans le second, dans

le troisieme & dans tous pendant une éternité, que le corps n'en sera pas mu davantage. L'a-t-elle mu ? Elle lui a donc fait parcourir un espace. Mais un espace ne peut être parcouru qu'en plusieurs instants, ce qui est contraire à la supposition que la force qui a mu un corps dans le premier instant a besoin d'être répétée pour le mouvoir dans les suivans. Nous ne saurions sortir de cette difficulté. Si la force est instantanée, nous ne concevons pas que le mouvement puisse durer au delà d'un instant : & s'il faut qu'elle se répète, nous ne concevons pas que le mouvement puisse se reproduire.

Laiſſons donc toutes ces questions & bornons nous à dire : il y a du mouvement & une force, c'est-à-dire, une cause qui le produit ; mais dont nous n'avons point d'idée.

Ce commencement, Monſieur, ne vous promet pas de grands succès : vous voyez toute notre ignorance, & vous avez de la peine à comprendre que nous puissions jamais savoir quelque chose. Vous en admirerez davantage l'édifice qui va s'élever à vos yeux.

Ce n'est pas seulement pour vous étonner davantage, que je vous ai montré combien

nous sommes ignorants ; c'est que je veux vous conduire à des connoissances par la voie la plus courte & la plus sûre. Or, rien n'étoit plus propre à ce dessein, que d'écarter toutes les fausses idées qu'on se fait sur le corps, la matiere, l'espace, le temps, le mouvement, la force, &c.





CHAPITRE III.

Des choses qui sont à considérer dans un corps en mouvement.



Comment nous jugeons de la quantité de force.

U Il y a trois choses à considérer dans un corps en mouvement ; la force , la quantité de matière , & la vitesse. Voyons comment nous en pouvons juger : mais souvenez-vous que nous n'avons point d'idée absolue de ces choses , & que nous n'en jugerons jamais , qu'en comparant un corps avec un autre.

Toute cause est égale à son effet. La plus légère réflexion sur les idées de cause & d'effet nous convaincra de cette vérité. Si vous supposiez l'effet plus grand ; ce qui dans l'effet excéderoit la cause , seroit un effet sans cause ; si vous supposiez la cause plus grande ; ce qui dans la cause excéderoit l'effet , seroit une cause sans effet : ce ne seroit donc plus une cause.

Or, dire que la cause est égale à son effet, c'est dire, en d'autres termes, que la force est égale au mouvement.

Mais mouvoir un corps ou mouvoir toutes ses parties à la fois, c'est la même chose. La force qui meut, se distribue donc dans toutes les parties, & se multiplie comme elles.

Si A, double de B en masse, c'est-à-dire, en quantité de matière, parcourt le même espace dans le même temps, il aura donc une force double de celle de B.

Mais si l'effet n'est pas le même, lorsque des corps inégaux en masse parcourent des espaces semblables dans le même temps; il n'est pas le même non plus, lorsqu'étant égaux en masse, ils parcourent dans le même temps des espaces différents.

Si dans une seconde, A égal à B en masse, est transporté à 4 toises, tandis que B ne l'est qu'à 2, l'effet est double en A. Il y a donc une force double.

Nous pouvons donc juger de la force par la masse & par l'espace parcouru dans un temps donné. Si la masse est double, la force sera

quadruple, car il faut une double force pour la masse, & une double force pour l'espace.

Le mouvement par lequel un corps parcourt un certain espace dans un certain temps, est ce qu'on nomme sa vitesse. Si la masse & la vitesse sont doubles l'un & l'autre, la force sera quadruple. Cette proposition est la même que la précédente.

Nous la rendrons encore en d'autres termes, en disant que la force est le produit de la masse multipliée par la vitesse.

Comment nous jugeons de la vitesse.

La vitesse est plus grande suivant l'espace parcouru dans un temps donné. Si dans une seconde, A se transporte à 4 toises, & B seulement à 2 il a une vitesse double.

La vitesse étant la même, l'espace parcouru sera plus grand suivant le temps que le corps fera en mouvement. Dans ce cas A, mu pendant 2 secondes, parcourt un espace double de celui de B, qui n'est mu que pendant une seconde.

Rapport qui est entre les espaces par.

Si A, avec une vitesse double, est mu dans un temps double, l'espace parcouru sera quadruple.



CHAPITRE IV.

De la pesanteur

Attraction, cause inconnue de la pesanteur.

SI vous cessez de soutenir un corps que vous avez à la main, il tombe, & vous pouvez remarquer ce phénomène dans tous les corps qui sont près de la terre. Tous descendent, si aucun obstacle ne les arrête. Or, cette direction est ce qu'on nomme *pesanteur*. Cet effet a pour cause une force que nous ne connoissons pas, & à laquelle nous donnerons le nom *d'attraction*, parce que nous supposons qu'un corps ne descend, que parce qu'il est attiré vers le centre de la terre.

Ce qu'on entend par poids

Nous entendons par *poids* la quantité de force avec laquelle un corps descend.

Le poids total d'un corps n'est que la réunion des poids de toutes les particules qui le composent. Ces particules réunies ou séparées, ont chacune le même poids; & ce corps ne

peut descendre , que comme elles descendroient chacune séparément.

Donc les poids de deux corps sont entr'eux comme leurs masses, c'est-à-dire, en raison de la quantité de matiere qu'ils contiennent.

Les poids sont
comme les
masses.

De là il s'ensuit que tous les corps tomberoient avec la même vitesse, s'ils ne trouvoient point de résistance; & l'expérience le prouve. Dans la machine du vuide une piece d'or & une plume arrivent en bas au même instant. Qu'on laisse entrer l'air dans le cylindre, la plume descend plus lentement, parce qu'elle trouve plus de résistance.

Les corps de-
vroient donc
tomber avec
la même vi-
tesse.

La pesanteur de l'air est la cause de ce phénomène; car l'air étant pesant, comme on vous le prouvera, vous comprenez que la plume ne peut descendre qu'autant qu'elle chasse l'air qui est au-dessous, & qu'elle le fait monter tout au tour d'elle.

Mais la résis-
tance de l'air
mt de la dif-
férence dans
la vitesse de
leur chute.

Or, un corps qui tombe, doit chasser plus d'air à proportion qu'il a un plus gros volume; c'est-à-dire, à proportion qu'il occupe un plus grand espace.

La plume a donc une plus grande résistance

à vaincre qu'une piece d'or. Elle doit donc tomber plus lentement.

Comment agit l'attraction qu'on observe dans toutes les parties de la matiere.

L'attraction que vous regarderez toujours comme la cause inconnue de la pesanteur, s'observe dans toutes les particules de la matiere. Pourquoi, par exemple, une goutte d'eau est-elle sphérique ? C'est que toutes les parties s'attirant également & mutuellement, il faut nécessairement qu'elles s'arrangent dans l'ordre où elles sont, à la moindre distance les unes des autres. Or cela ne peut arriver qu'autant que tous les points de la superficie se plaçant à la même distance d'un centre, passent tous vers ce centre commun.

Vous remarquerez sensiblement cette attraction, si vous approchez deux gouttes d'eau l'une de l'autre ; car à peine elles se toucheront, qu'elles n'en formeront qu'une.

Vous observerez la même chose dans les gouttes des métaux en fusion, & vous conclurez de là que toutes leurs parties s'attirent mutuellement.

Si ces gouttes s'appplatissent, lorsqu'elles touchent une surface plane, c'est un effet de l'attraction de cette surface.

Représentez

Représentez-vous la terre & les planetes, comme autant de gouttes d'eau, & vous comprendrez comment tous les corps dont elles sont formées, & tous ceux qui sont à une certaine distance de leur superficie, gravitent vers un même centre. Vous conjecturerez que si deux gouttes d'eau ont besoin de se toucher pour s'attirer, les planetes ayant une masse infiniment plus grande, doivent s'attirer à une plus grande distance.

Vous reconnoîtrez donc dans tous les corps une attraction réciproque, comme vous la connoissez dans toutes les parties d'un seul. Ainsi vous jugerez que tous les corps & corpuscules répandus dans l'univers gravitent les uns vers les autres : & c'est là ce qu'on nomme *gravitation universelle*.

Si vous n'appercevez pas toujours cette attraction entre tous les corps qui sont sur la surface de la terre, c'est que la terre ayant infiniment plus de matiere, les attire avec tant de force, que leur tendance réciproque devient insensible.

Il y a des philosophes qui rejettent cette attraction : ce sont les Cartésiens. La raison sur laquelle ils se fondent, est qu'on ne sauroit

s'en faire une idée. Ils tâchent donc d'expliquer les phénomènes par l'impulsion, & ils ne s'aperçoivent pas que l'impulsion est une cause tout aussi inconnue. Les Newtoniens, au contraire, ne rejettent pas absolument l'impulsion : ils disent seulement qu'ils ne comprennent pas comment elle produiroit les phénomènes. Mais il n'est pas nécessaire d'entrer dans cette dispute : il vous suffira de remarquer les observations qu'on a faites, & de juger si elles concourent toutes à procurer l'attraction.





CHAPITRE V.

De l'accélération du mouvement dans la chute des corps.

ON observe qu'un corps qui tombe, parcourt une perche angloise, ou environ quinze pieds de France, dans la première seconde : il tombe, par exemple, de A en B.

Espace parcouru dans la première seconde.

Fig. 8.

Or si, considérant la force qui le fait descendre de A en B, comme une impulsion qui lui a été donnée au commencement de sa chute, nous supposons qu'il ne reçoive point d'autre impulsion, il continuera de seconde en seconde à descendre par les espaces égaux Bc, cd, dE, Ef, &c. & les espaces parcourus seront en même nombre que les secondes.

Supposition à ce sujet.

Mais ce n'est pas ainsi qu'il descend, & on voit que sa chute s'accélère de seconde en seconde. Nous nous sommes donc trompés, lors-

G 2

que nous avons supposé qu'il ne reçoit point de nouvelle impulsion.

Autre sup-
position.

En effet, si en A, la pesanteur qui fait tomber le corps en B, peut être considérée comme une première impulsion, elle doit être considérée en B, comme une seconde impulsion, puisqu'elle continue d'être en B la même pesanteur qu'en A. Nous jugerons donc qu'en B le corps reçoit une seconde impulsion égale à la première. Or, deux impulsions égales doivent lui faire parcourir un espace double. Il tombera donc de B en d, dans le même temps qu'il est tombé de A en B; & s'il ne recevoit plus de nouvelles impulsions, il continueroit à parcourir de seconde en seconde des espaces, tels que d f, f h, égaux à B d.

Mais comme en B au commencement du second temps, il a reçu une seconde impulsion, il en reçoit une troisième en d, où commence le troisième temps. Il parcourra donc un espace égal à trois fois AB : il descendra dans la troisième seconde de d en g : & les espaces parcourus de seconde en seconde seront comme les nombres 1, 2, 3, 4, &c.

Ce seroit là un mouvement uniformément accéléré ; & comme nous sommes portés à

croire que tout se fait uniformément, nous serions bientôt tentés de supposer que c'est ainsi que le mouvement s'accélère dans la chute des corps. Mais ce seroit encore une méprise, & l'observation, qui doit être notre unique règle, nous fait voir que l'accélération augmente suivant une autre proportion : car le corps tombe en trois secondes de A en K, quoique suivant notre supposition, il ne dût tomber qu'en g.

Fig. 3.

Nous avons supposé que le corps étant parvenu au point B, la pesanteur lui donne une seconde impulsion, égale à celle qu'elle lui a donné au point A : & nous avons conclu qu'il tombe de B en d, dans le même temps qu'il est tombé de A en B.

C'étoit supposer que la pesanteur n'agit que par intervalles, & seulement au commencement de chaque seconde : mais cette supposition est fautive. Puisque le corps ne cesse pas d'être pesant, la pesanteur ne cesse pas d'agir. Elle a donc une action qui continue, ou qui se répète sans intervalle, dans chaque partie de chaque seconde, & qui, par conséquent, accélère le mouvement à chaque instant. Le corps, au commencement de sa chute, n'a donc pas une impulsion pour tomber en B en une seconde : il reçoit cette impulsion partie par partie &

Comment
la pesanteur
agit.

successivement ; & il tombe de A en B par un mouvement accéléré.

Derniere
supposition.

Mais parce que nous ne saurions nous représenter la loi de cette accélération dans un temps aussi court , nous considérons la pesanteur , comme si elle n'agissoit qu'au commencement de la chute , & nous supposons que l'impulsion qui fait tomber le corps de A en B , a été donnée tout-à-la fois.

De même nous supposons que , lorsque le corps commence à tomber du point B , il reçoit tout-à-la fois une seconde impulsion égale à la première ; & parce que ces deux impulsions ne suffisent pas pour le faire tomber aussi bas que l'observation le démontre , il ne reste plus qu'à supposer qu'il reçoit encore en tombant une troisième impulsion égale à chacune des deux autres.

Dans quelle
proportion
croît la force
imprimée par
la pesanteur.
Fig. 8.

Or , comme une première impulsion a fait parcourir l'espace A B dans le premier temps , trois impulsions égales chacune à la première , doivent , dans le second temps , faire parcourir un espace trois fois aussi grand que A B. Le corps descendra donc en E.

Mais puisqu'il a reçu deux nouvelles impul-

sions dans le second temps, je puis supposer qu'il en recevra encore deux nouvelles dans le troisieme. Il fera donc mu par cinq impulsions, & il tombera en K.

Enfin, je puis supposer que le nombre des impulsions augmente de deux dans chaque temps, & qu'elles sont de seconde en seconde comme les nombres 1, 3, 5, 7, 9, &c. les espaces parcourus suivront donc la même proportion. C'est ce que l'observation confirme. Elle s'accorde, par conséquent, avec les suppositions que nous venons de faire.

C'est pour aider notre imagination, que nous distinguons les impulsions, & que nous nous les représentons croissant en nombre dans la proportion 1, 3, 5, 7, 9, &c. comme la première impulsion a été reçue successivement, pendant que le corps descendoit de A en B; c'est aussi successivement que surviennent les deux nouvelles impulsions, qui se joignent à la première. Mais enfin, quand le corps est en E, la force des impulsions qu'il a reçues, est égale à la force des trois impulsions que nous avons posées, & il importe peu au fond qu'elles lui ayent été données chacune par degrés & successivement, ou qu'elles lui ayent été données seulement à trois reprises, & chacune en une fois.

Usage des
suppositions
dans la re-
cherche de la
vérité.

C'est encore pour aider notre imagination, que je considère l'action de la pesanteur comme une impulsion plutôt que comme une attraction : car l'idée d'une force qui pousse, nous est plus familière, que l'idée d'une force qui attire.

Mais la manière dont nous venons de raisonner sur l'accélération du mouvement dans la chute des corps, n'est, à dire le vrai, qu'un tâtonnement. Nous avons fait une supposition, & nous nous sommes trompés : nous en avons fait une seconde pour corriger la première, & nous en avons fait jusqu'à ce qu'elles se soient trouvées d'accord avec l'observation.

Voilà un exemple de la conduite que nous sommes souvent condamnés à tenir dans l'étude de la nature. Comme nous ne pouvons pas toujours observer dès la première fois avec précision, & que nous sommes encore moins en état de deviner; nous allons de suppositions en erreurs, & d'erreurs en suppositions, jusqu'à ce qu'enfin nous ayons trouvé ce que nous cherchons.

C'est ainsi en général que les découvertes se font faites. Il a fallu faire des suppositions, il en a fallu faire de fausses; & ces sortes d'erreurs étoient utiles, parce qu'en indiquant les ob-

servations qui restoient à faire, elles conduisoient à la vérité.

Mais quand une vérité est trouvée, ce ne sont pas les suppositions qui la prouvent, c'est leur accord avec l'observation, ou plutôt c'est l'observation seule. Si les phénomènes ne démontreroient pas la loi que suit l'accélération dans la chute des corps, il y auroit peu de certitude dans les conséquences que nous tirerions d'un principe aussi peu connu que la pesanteur.

Il est donc démontré par l'observation plus que par nos raisonnements, que le mouvement d'un corps qui tombe est accéléré, de manière que les espaces décrits, dans des temps égaux, sont comme les nombres 1, 3, 5, 7, &c. (*)

Loi de l'accélération du mouvement dans la chute des corps.

Cette loi étant connue, vous voyez qu'il y a un rapport entre les temps & les espaces parcourus, & vous remarquerez facilement que la somme des espaces est égale au carré des temps, c'est-à-dire, au nombre des temps

La somme des espaces est égale au carré des temps.

(*) On démontre cette vérité par la théorie de Galilée, & par d'autres méthodes encore moins à la portée du commun des lecteurs. Comme je n'ai besoin que du fait, je me suis contenté de la rendre sensible par des suppositions.

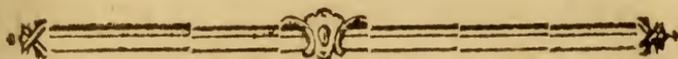
multiplié par lui-même. Un corps, par exemple, qui tombe pendant quatre secondes, parcourt 16 perches : car 16 est le quarré de 4, ou le produit de 4 multiplié par lui-même.

Comment on
peut connoître à quelle
hauteur un
projectile s'est
élevé.

Vous remarquerez encore qu'un corps étant jeté en haut, la pesanteur doit en retarder le mouvement, dans la même proportion qu'elle accélère celui d'un corps qui tombe. Si dans la première seconde, le corps qui s'éleve parcourt 7 perches, dans la seconde il en parcourra 5, 3 dans la troisième, & une dans la quatrième. Dans le même intervalle de temps, il perd en s'élevant, la même quantité de force qu'il auroit acquise en tombant.

Par là, vous pouvez connoître à quelle hauteur un projectile, comme une bombe, s'est élevé. Il n'y a qu'à observer le nombre des secondes écoulées depuis le moment où l'on met le feu au mortier, à celui où la bombe tombe : la moitié de ce nombre sera le temps de la chute. Or, nous avons vu que le quarré du temps est égal au nombre des perches : si ce temps est 10, la bombe se fera donc élevée à 100 perches.





CHAPITRE VI.

De la balance.



SOIT la ligne AB, sur laquelle nous marquons de chaque côté plusieurs points à égale distance du centre. Si cette ligne se meut sur son centre, les points décriront des arcs, qui seront entr'eux comme les distances. Ces arcs sont les espaces parcourus en même-temps par tous les points.

Fig. 9.
Lorsqu'un fléau se meut sur son centre, les vitesses de chaque point sont entr'elles comme les distances au centre.

Or, nous avons vu que les espaces parcourus, sont le produit du temps par la vitesse. Le temps étant le même pour tous les points, les vitesses sont donc entr'elles comme les espaces, & , par conséquent, comme les distances au centre.

Suspendons des corps à ces points. Vous savez que la force est le produit de la masse par la vitesse, & vous venez de voir que les vitesses

La force des corps suspendus à ces points est

comme le
produit de la
masse par la
distance.

ses sont ici comme les distances. La force, par laquelle chacun de ces corps tendra en bas, sera donc comme le produit de sa masse par sa distance.

Fig. 10.
Cas où il y a
équilibre.

Supposons deux corps égaux en masse à égale distance chacun, par exemple, au point marqué 10; ils agiront l'un sur l'autre avec la même force. A fera sur B le même effort pour le faire monter, que B fera sur A. Par conséquent, ils ne monteront, ils ne descendront ni l'un ni l'autre. C'est le cas de l'équilibre.

Si, réduisant A à la moitié de sa masse, nous le plaçons à une double distance au point 6, par exemple, tandis que B est au point 3, il regagnera en force par l'augmentation de la distance, ce qu'il a perdu par la diminution de sa masse. L'équilibre aura donc encore lieu.

Les corps ainsi suspendus se nomment des poids. Les poids sont donc en équilibre, lorsqu'étant égaux, ils sont à égale distance du centre; ou lorsqu'étant inégaux la masse du plus grand est à la masse du plus petit, comme la distance du plus petit est à la distance du plus grand. Il n'y aura équilibre entre B dont la masse est 6, & A dont la masse est 3,

que lorsque la distance de B sera 3, & celle de A sera 6.

De-là, il s'ensuit que dans le cas d'équilibre, le produit des poids par la distance est le même de part & d'autre; & que l'équilibre est détruit lorsque les produits sont différents. Le produit est le même, soit qu'on multiplie 3 de masse par la distance 6, ou 6 de masse par la distance 3, & A & B sont en équilibre. Mais si on changeoit la distance de l'un des deux, les produits ne seroient plus les mêmes, & l'équilibre cesseroit.

Cas où l'équilibre cesse.

Vous voyez donc que les forces sont entr'elles comme les produits. Si A, poids de 4 livres, est à la quatrième division, il aura une force égale à celle de B poids de 16 livres, que je suspends à la première; parce que 1 multiplié par 16 est égal à 16, comme 4 multiplié par 4 est égal à 16. Si nous rapprochons A à la seconde division, sa force sera à celle de B comme 8 à 16, parce que 2 multiplié par 8, est égal à 16. Il n'y aura donc plus d'équilibre.

Vous comprenez par là comment plusieurs poids peuvent être en équilibre avec un seul.

Plusieurs corps en équilibre.

libre avec un
seul.

Que A de 2 livres soit à 3 de distance, B de 4 à 5, C de 3 à 6, nous avons ;

2 multiplié par 3 égal à . . 6

4 multiplié par 5 égal à . . 20

3 multiplié par 6 égal à . . 18

Produit 44

Tous ces corps seront en équilibre avec un poids de 44 livres, placé à la première division.

La force d'un poids est en raison composée du poids par la distance.

Cette ligne ainsi divisée représente une balance. La force d'un poids, suspendu à une balance, est donc comme le produit du poids par la distance. C'est ce qu'on exprime encore autrement en disant que la force est en raison composée du poids par la distance.

Deux corps en équilibre pesent sur le même centre de gravité.

Une conséquence de toutes ces observations, c'est que deux corps en équilibre pesent l'un & l'autre sur le même centre de gravité ; & que, par conséquent, ils ne peuvent descendre qu'autant que ce centre descend.

Toutes les

Vous concevez par là pourquoi une boule

placée sur un plan horizontal, reste immobile, quoiqu'elle ne porte que sur un point. C'est que le centre de gravité autour du quel toutes les parties sont en équilibre, est soutenu par ce plan.

parties d'une boule sont en équilibre au tour du même centre.

S'il n'y avoit pas équilibre, la boule tourneroit jusqu'à ce que le centre de gravité fut aussi bas qu'il est possible.

De-là vous conclurez qu'un corps est soutenu par le point qui soutient son centre de gravité; & vous vous représenterez, comme réunie dans ce centre, toute la force avec laquelle il tend vers la terre.

Tout le poids d'un corps est comme réuni dans son centre de gravité.

La direction du centre de gravité est verticale, c'est-à-dire, qu'elle tombe perpendiculairement sur l'horison, & qu'elle va se terminer au centre de gravité de la terre.

Direction du centre de gravité.

Si vous placez un corps sur un plan incliné, vous concevez qu'il tombe, parce que l'obstacle que fait le plan, n'agit pas dans une direction contraire à la direction du centre de gravité. Il n'agit qu'obliquement, & par conséquent, il ne peut que retarder la chute.

Fig. 11.
Chûte d'un corps le long d'un plan incliné.

 Fig. 11.

Lorsqu'un corps est posé sur un plan incliné, ou la direction du centre de gravité passe par sa base, ou elle passe hors de sa base. Dans le premier cas il glissera, dans le second il roulera.

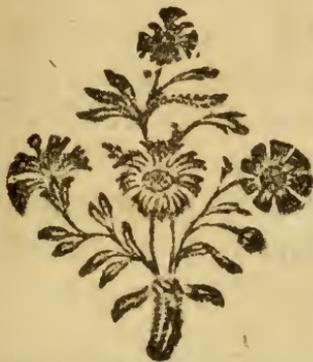
 Différence
 entre le centre
 de gravité &
 le centre de
 grandeur.

Je vous ferai remarquer que le centre de gravité n'est pas toujours le même que le centre de grandeur. Ces deux centres ne peuvent être réunis, que lorsqu'un corps est régulier & homogène. Comme deux corps suspendus à une balance ne sauroient avoir leurs centres de gravité à même distance qu'autant qu'ils sont égaux; les parties d'un corps ne sauroient être en équilibre autour du centre de grandeur qu'autant que la masse & la distance sont les mêmes entre les parties correspondantes. Or, cela ne peut se trouver que dans un corps régulier & homogène.

Dans toutes les propositions de ce chapitre, l'identité s'apperçoit de l'une à l'autre. Elles sont par conséquent démontrées par l'évidence de raison.

Or, comme toutes ces propositions n'en sont qu'une seule exprimée différemment, le levier, la roue, la poulie & les autres machines dont nous allons parler, ne sont qu'une balance différem-

féremment construite. Il suffira donc de s'être familiarisé avec les observations que nous avons faites sur la balance, pour comprendre, à la simple lecture, les chapitres suivans, où nous traiterons du levier, de la roue, &c. mais aussi moins on connoîtra la balance, plus il sera difficile de raisonner sur les autres machines.





CHAPITRE VII.

Du levier.

Les machines
sont pour les
bras ce que les
méthodes
sont pour l'es-
prit.

Nous avons vu qu'en faisant prendre différentes formes à une proposition, notre esprit découvre des vérités qu'il n'auroit pas aperçues : c'est ainsi qu'en construisant différemment la balance, notre bras soulèvera des corps qu'il n'auroit pu remuer : les machines sont pour les bras ce que les méthodes sont pour l'esprit.

Fig. 12.
Le levier
quant au
fond, est la
même ma-
chine que la
balance.

Le levier représenté par la ligne AB, est soutenu sur l'appui C, au lieu d'être suspendu comme le fléau de la balance.

Or, si on fait un point d'appui du point de suspension, c'est pour employer le fléau à de nouveaux usages. Ce changement ne fait donc pas du levier une machine différente de la balance : c'est la même quant au fond, & les

mêmes principes qui ont expliqué les effets de l'une, expliqueront les effets de l'autre.

Vous comprenez qu'avec une petite force vous élevez un poids considérable, si la distance où vous êtes du point d'appui est à la distance où en est le poids, comme la force du poids est à la force que vous employez; ou si les produits de la force par la distance d'une part sont égaux aux produits de la force par la distance de l'autre. Avec une force capable de soutenir une livre, vous soulevez un poids de 100 livres qui sera à un pouce de distance, si vous agissez à une distance de 100 pouces.

Les principes sont les mêmes pour l'un & pour l'autre.

Que la ligne AB soit mue sur son appui, les arcs décrits par les différents points, seront à raison de leurs distances. Donc les vitesses, & par conséquent les forces appliquées à ces points, seront également comme les distances.

Fig. 12.

Que le poids D, égal à 4, soit à 2 de distance; la puissance, égale à 2, sera en équilibre, parce qu'elle est à 4 de distance. La règle est toujours qu'il y a équilibre, lorsque les produits de la force par la distance sont les mêmes de part & d'autre; ou, ce qui est la

même chose, lorsque D est à P, comme la distance de P est à celle de D.

Donc la force de P pourra être d'autant plus petite, que D sera plus près du point d'appui.

On ajoute plusieurs leviers bout à bout, & on produit le même effet avec une force moindre. Vous en voyez trois dans la figure 13, & vous jugez que, si la puissance, pour être en équilibre avec le poids 8, doit agir comme 4 sur le point A, il suffira qu'elle agisse comme 2 sur le point B, & comme 1 sur le point C.

Confidération
sur les leviers
recourbés.

Fig. 14.

La règle est pour les leviers recourbés la même que pour les autres; c'est-à-dire qu'il y a équilibre, lorsque la distance de la puissance est à la distance du poids, comme le poids est à la puissance. Mais il y a une considération à faire. Prenons pour exemple le levier ABC, où B est le point d'appui, & C la puissance.

Vous vous tromperiez si vous jugiez de la distance de la puissance par la longueur de la ligne BC; car la puissance, agissant dans la direction CD, n'a en C que la force qu'elle auroit en D, où tombe la perpendiculaire tirée de B à la direction DC. Cette perpendiculaire

BD est donc la distance de la puissance. En un mot, vous n'avez qu'à redresser ce levier, & imaginer que la puissance agit en D, comme elle agiroit avec un levier droit dont le second bras seroit égal à BD.

Il y a trois sortes de leviers. Les uns ont le point d'appui entre le poids & la puissance : tels sont ceux dont nous venons de parler. Les autres ont la puissance entre le poids & le point d'appui ; & les derniers ont le poids entre la puissance & le point d'appui.

Il y a trois
sortes de le-
viers.

Dans un levier où la puissance est entre le poids & le point d'appui, si elle est à 1 de ce point, lorsqu'un poids d'une livre en est à 8 ; il faut qu'elle soit comme 8, pour qu'il y ait équilibre ; & si on la transporte à 2 de distance, il faudra qu'elle soit comme 4.

Fig. 15.

Dans un levier où le poids est entre la puissance & le point d'appui, si le poids, qui agit comme 4, est à 2 de distance, la puissance qui agira comme 1, sera en équilibre à 8 de distance. Mais si on la transporte à 4, il faudra qu'elle agisse comme 2. En un mot, la loi est toujours que la puissance est au poids, comme la distance du poids est à la distance de la puissance.

Fig. 16.

H ;

Fig. 17.

Si deux hommes portent un poids suspendu au levier AB, l'un est par rapport à l'autre le point d'appui du levier; & la portion que B porte est à celle que A porte, comme AD à BD. Si AD est à BD comme 2 à 3, & que le poids soit de cinquante livres, B en portera 20, & A 30. On pourroit donc placer le poids de façon qu'un homme fort & un enfant en porteroient chacun une portion proportionnelle à leurs forces.



CHAPITRE VIII.

De la roue.

LE levier n'éleve les poids qu'à une petite hauteur. Quand on veut les élever plus haut, on se sert d'une roue. La puissance agit à la circonférence : par conséquent les rayons vous représentent des leviers ou des bras de balance, & la longueur de ces rayons est la distance où la puissance est du point d'appui.

La roue est formée d'une multitude de leviers, qui tournent autour d'un point d'appui.
Fig. 18.

Autour de l'aisseau, qui tourne avec la roue, s'entortille une corde à laquelle le poids est suspendu. Le demi-diamètre de l'aisseau est donc la distance où le poids est du point d'appui. L'équilibre aura donc lieu, si le rayon est au demi-diamètre, comme le poids est à la puissance. Une livre, par exemple qui sera à l'extrémité d'un rayon de 10 pieds fera équilibre avec un poids de

La distance du poids est à la distance de la puissance, comme le demi-diamètre de l'aisseau est au rayon de la roue.

10 livres , si le demi-diametre de l'aissieu est d'un pied.

Mais le poids s'éloigne du point d'appui à mesure qu'il s'élève.

Vous remarquerez qu'à mesure que le poids s'élève , il faut une plus grande force pour le soutenir parce que la corde , en s'entortillant , augmente le diametre de l'aissieu , & que par conséquent le poids est à une plus grande distance du point d'appui.





CHAPITRE IX.

De la poulie.

UN E poulie est une petite roue fixée dans une chappe, & mobile autour d'une cheville qui passe par son centre.

Si, aux deux bouts d'une corde qui passe par dessus cette poulie, sont suspendus deux poids égaux, il y aura équilibre. Car il est évident que ces poids n'agissent que sur l'extrémité du diamètre. Vous pouvez donc n'avoir aucun égard ni à la partie supérieure ni à la partie inférieure de la poulie, & vous représenter ces poids comme suspendus au bras d'une balance, à une égale distance du centre de gravité ou du point de suspension. Vous devez par conséquent appliquer à cette poulie ce que nous avons dit de la balance.

Le diamètre d'une poulie est une balance.

Pl. II. Fig. 19.

Ayant arrêté un bout de la corde à un crochet, conduisons l'autre par dessous une poulie mobile, & faisons-le passer par dessus une

Par le moyen d'une suite de poulies une

petite puissance soutient un grand poids.
Fig. 20.

poulie fixe. Qu'ensuite un poids d'une livre soit suspendu au second bout de la corde, & un poids de deux à la poulie mobile, vous jugerez qu'il doit y avoir équilibre.

En effet cette poulie mobile est un levier où le poids est entre deux puissances; car vous ne devez avoir égard qu'au diamètre; & les deux cordes représentent les deux puissances qui soutiennent chacune la moitié de P, parce que ce poids est à une égale distance de l'une & de l'autre.

Avec cinq poulies disposées comme dans la figure 21, un poids d'une livre en soutiendra un de 16 : car, a, qui est une puissance égale à 8, soutient le poids 16 par le moyen de la poulie inférieure A : b, égal à 4, soutient 8 par le moyen de la poulie B; c, égal à 2, soutient 4 par le moyen de la poulie C; d, égal à 1, soutient 2 par le moyen de la poulie D; & e, égal à 1, est en équilibre avec d.

Avec une poulie de plus, un poids d'une livre en soutiendrait un de 32.

Vous comprenez donc comment la puissance peut être plus petite, à proportion que le nombre des poulies augmente.



CHAPITRE X.

Du plan incliné.

IL est certain qu'il faut une plus grande force pour élever un corps dans la direction de la perpendiculaire CB, que dans la direction du plan incliné AB.



Un poids sur un plan incliné est soutenu en partie par le plan.

Faisons mouvoir la ligne BA sur le point fixe A. Si nous l'élevons & la rapprochons de la perpendiculaire AD, le plan sera plus incliné, à mesure que nous l'éleverons, & il faudra une plus grande puissance pour soutenir le poids. Si au contraire nous l'abaïssons & la rapprochons de la ligne horizontale CA, le plan sera moins incliné à mesure que nous l'abaïsserons; & le même poids sera soutenu avec une moindre puissance. Dans le premier cas, le plan incliné soutient donc une moindre partie du poids; & dans le second, il en soutient une plus grande. Ce sont-là des faits dont on s'assure par l'expérience.



Fig. 22.

Un poids est soutenu, sur un plan incliné, par la moindre puissance possible, lorsque la ligne de traction est parallèle au plan.

Fig. 23.

Si la puissance P est en équilibre avec le poids D , lorsque la ligne de traction TD est parallèle au plan, l'équilibre cessera, & le poids D entraînera la puissance P , aussi-tôt que cette ligne cessera d'être parallèle au plan. Il faut donc que la ligne de traction soit parallèle au plan, si on veut soutenir un poids avec la moindre puissance possible. C'est encore là un fait que l'expérience constate.

La puissance doit être au poids, comme la hauteur du plan à la longueur.

Fig. 23.

Prenons un plan dont la longueur soit le double de la hauteur, & faisons passer la ligne de traction par dessus une poulie : P , poids d'une livre suspendu à l'extrémité de cette ligne, soutiendra, sur le plan, D , poids de deux livres. L'équilibre demande donc qu'en ce cas la puissance soit au poids, comme la hauteur du plan est à la longueur.

Mais, puisque le plan soutient une plus grande ou une moindre partie du poids, à proportion que vous lui donnez plus ou moins de hauteur, vous jugez que vous pouvez généraliser cette règle. Vous direz donc : la puissance est toujours au poids, comme la hauteur du plan incliné à la longueur. En effet, cette règle est une conséquence des faits que nous venons d'apporter. Elle n'est autre chose que ces faits mêmes exprimés d'une manière générale. Es-

fayons cependant de la démontrer d'après les principes que nous avons établis.

La puissance P agit sur le centre du poids D , c'est-à-dire, sur l'extrémité de la ligne FD : le poids tend à tomber dans la direction de la ligne DEC perpendiculaire à l'horison ; & il tomberoit dans cette direction, s'il n'étoit soutenu en partie par le plan. Vous pouvez donc regarder DFE , comme un levier recourbé qui a son point d'appui en F ; & vous voyez que la puissance agit à l'extrémité du plus long bras du levier, & que le poids pese à l'extrémité du bras le plus court, à l'extrémité de la ligne FE , perpendiculaire à DC ; il pese sur le point E , & il tomberoit perpendiculairement en C , s'il n'étoit pas soutenu.

Fig. 29.

DF exprime donc la distance où la puissance est du point d'appui, & EF exprime la distance où le poids est de ce même point. Ces deux lignes expriment par conséquent les conditions nécessaires à l'équilibre, c'est-à-dire, le rapport de la puissance au poids.

Or, ces deux lignes sont entre elles comme la hauteur du plan à la longueur : EF est à DF comme BA est à AC . C'est ce qu'il faut démontrer.

Dire que EF est à DF comme BA est à AC ; c'est dire que les trois côtés du triangle DEF sont dans les mêmes rapports entre eux, que les trois côtés du triangle ABC. Car la longueur de deux côtés d'un triangle étant donnée, la longueur du troisième est déterminée.

Or, dire que les trois côtés du triangle EDF sont dans les mêmes rapports que les trois côtés du triangle ABC, c'est dire que ces deux triangles sont semblables. Il nous reste donc à prouver qu'ils sont en effet semblables.

Ils sont semblables l'un à l'autre, s'ils sont semblables à un troisième.

Or, DEF est semblable à DCF. Pour vous en convaincre, il suffit de remarquer qu'ils ont chacun un angle droit; que l'angle CDF est commun à tous deux; & que, par conséquent, le troisième angle de l'un est encore égal au troisième angle de l'autre.

Il vous fera aussi facile de comprendre que le triangle ABC est semblable au triangle CDF. Car vous voyez qu'ils ont chacun un angle droit. Vous voyez encore que la ligne oblique AC tombe sur deux lignes parallèles, AB & CD; & que, par conséquent, l'angle DCA est égal à l'angle CAB. Rappelez-vous

ce que nous avons dit, lorsque nous observions les angles qu'une ligne oblique fait sur deux lignes paralleles.

Lorsqu'un poids est en équilibre sur un plan incliné, il est donc prouvé que la distance au point d'appui est à la distance de la puissance au même point, comme la hauteur est à la longueur du plan; & que, par conséquent, la puissance est au poids comme la hauteur du plan à la longueur.

Un corps ne descend pas avec la même vitesse, lorsqu'il tombe le long d'un plan incliné, que lorsqu'il tombe perpendiculairement à l'horison. Il ne peut descendre qu'avec une force égale à celle de la puissance qui le tiendrait en équilibre. Nous pouvons donc nous faire cette regle générale : la force avec laquelle un corps descend le long d'un plan incliné, est au poids de ce corps, comme la hauteur est à la longueur du plan. Il s'agit de favoriser actuellement le chemin qu'il doit faire sur la ligne AB, dans le même temps qu'il arrive de A en C.

Vitesse avec laquelle un corps descend d'un plan incliné.

Soit le plan ABC dont la longueur est le double de la hauteur, & divisons AC & AB en quatre parties. Je suppose que AE, EF, FG, GC sont les quatre espaces qu'un corps doit parcourir en deux secondes.

Fig. 24.

Un corps a la moitié moins de force, lorsqu'il tombe de A en B, que lorsqu'il tombe de A en C. Il doit donc avoir la moitié moins de vitesse, & par conséquent n'arriver en B qu'en quatre secondes.

Son mouvement s'accélère dans la proportion 1, 3, 5, 7, &c.

Or, la pesanteur agit de la même manière sur les corps, dans quelque direction qu'ils se meuvent; c'est-à-dire que, dans des temps égaux, l'accélération du mouvement suit la proportion 1, 3, 5, 7, &c. Ainsi donc qu'un corps qui tombe de A en C parcourt, dans la première seconde, l'espace AE, & dans la suivante, les espaces EF, FG, GC; de même un corps qui tombe de A en B doit, dans les deux premières secondes, parcourir l'espace AH, & dans les deux suivantes, les espaces HI, IK, KB. Un corps mu sur ce plan incliné n'arrive donc qu'en H, dans le même temps qu'il tombe perpendiculairement de A en C; c'est-à-dire qu'en deux secondes il n'est pas plus bas sur la ligne AB, qu'en une dans la ligne AC. Car E & H sont à égale distance de la ligne horizontale CB.

Comment on connoît l'espace qu'il doit parcourir sur un plan incliné dans le même temps

Si de C vous tirez une perpendiculaire sur AB, vous verrez qu'elle tombera précisément sur H. Donc, pour connoître l'espace qu'un corps doit parcourir sur un plan dans le même temps qu'il descendroit de A en C, nous n'a-

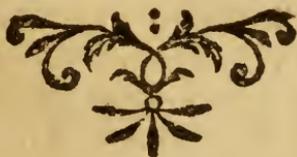
vons

vons qu'à tirer une perpendiculaire de C sur ce plan AB.

qu'il tombé
roit de toute
la hauteur.

Dès que la pesanteur agit toujours de la même maniere, il s'ensuit que, quelque soit l'inclinaison du plan, le corps aura la même vitesse, lorsqu'il sera arrivé en bas, qu'il auroit eue s'il étoit tombé le long de la perpendiculaire. Si le plan est plus incliné, & par conséquent plus court, l'accélération se fera plus vite, & la vitesse sera acquise plutôt: si le plan est moins incliné ou plus long, l'accélération sera plus lente, & la même vitesse sera acquise plus tard. Quelque soit donc la ligne que plusieurs corps décrivent, arrivés en bas, ils ont la même force, toutes les fois qu'ils sont tombés de la même hauteur.

Qu'un corps
tombe per-
pendiculaire-
ment ou le
long d'un
plan incliné,
il acquiert la
même force
toutes les fois
qu'il tombe
de la même
hauteur.





CHAPITRE XI.

Du pendule.




 TIRONS plusieurs plans inclinés depuis le point A sur la ligne horifontale BC, & tirons des perpendiculaires de C sur ces plans. Prenons ensuite un centre à une égale distance de A & de C, & traçons un cercle par les points angulaires D, E, F.

Un corps qui tombe le long des cordes d'un cercle, les parcourt dans le même temps, qu'il parcourroit tout le diamètre.

Fig. 25.

Planche III.

Les lignes AD, AE, AF, sont des cordes du cercle; & nous pouvons, dans l'autre demi-cercle, tirer des lignes qui, étant parallèles à ces premières, leur seront égales & également inclinées. Or, il est évident que toutes ces lignes sont la même chose que les plans dont nous venons de traiter. Un corps descendra donc le long de chacune dans le même temps qu'il tomberoit du haut du diamètre au bas de A en C.

Que dans un cercle placé verticalement on

tire donc autant de cordes qu'on voudra, un corps employera toujours le même temps à parcourir chaque corde, & ce temps sera le même que celui qu'il auroit mis à parcourir le diamètre. Vous remarquerez en effet que les cordes sont plus longues ou plus courtes, à proportion qu'elles sont plus ou moins inclinées.

La pesanteur agit toujours perpendiculairement, & quelque soit l'inclinaison du plan, le corps a la même force, lorsqu'il arrive sur la ligne horizontale BC, que s'il étoit tombé perpendiculairement de A en C.

Un pendule fait ses vibrations dans le même temps qu'il parcourroit quatre diamètres du cercle dont il est le rayon.

Fig. 25.

Soit donc un corps suspendu au centre M par un fil dont la longueur est le demi-diamètre du cercle. Ce corps descendant de *h* ne peut pas tomber plus bas que C : mais la force, qu'il a acquise en parcourant cet espace, peut lui en faire parcourir un semblable : il remontera donc en E. Arrivé à ce point il a perdu toute sa force. Il retombe donc par sa pesanteur, & il acquiert assez de force pour remonter en *h*, d'où il retombe encore ; ainsi de suite.

Un corps ainsi suspendu est ce qu'on nomme *pendule*. Il peut être attaché à un cordon ou à un fil de fer.

Le mouvement du pendule de h en C & de C en E, est ce qu'on nomme *vibration* ou *oscillation*.

Il tombe, par un mouvement accéléré de h en C, dans le même temps qu'il seroit tombé de A; & dans un temps égal il remonte en E par un mouvement retardé.

Or, si dans ces deux temps il étoit tombé perpendiculairement du point A, il auroit parcouru quatre diamètres du cercle.

Un corps suspendu au centre M, emploie donc à une vibration le même temps qu'il emploieroit à parcourir perpendiculairement quatre diamètres; ou, ce qui revient au même, à parcourir huit fois la hauteur du pendule.

Telle est la proportion entre le mouvement de vibration & le mouvement perpendiculaire, lorsque le pendule est supposé descendre & monter par les cordes.

Or, parce que les arcs du cercle diffèrent d'autant moins des cordes, qu'ils sont plus petits, on suppose que la proportion est la même, lorsque le pendule fait sa vibration par le petit arc LCK: il est vrai que cette

supposition n'est pas exacte, puisque les géomètres démontrent que le temps de la descente d'un corps grave par un arc infiniment petit, est au temps de la descente par la corde du même arc, comme la circonférence du cercle à quatre fois son diamètre, ou à-peu-près comme 355 à 452. Cependant les vibrations par de très petits arcs de cercle sont d'égale durée, puisque leurs durées sont entr'elles comme les durées égales de la descente par les cordes de ces arcs.

Il faut vous faire remarquer que dans tout ce que nous disons sur le mouvement, nous n'avons point égard ni au frottement ni à la résistance de l'air. Mais ce frottement est d'autant moins sensible, que le pendule est plus long, & qu'il décrit un plus petit arc de cercle.

Conditions
nécessaires
aux vibrations
isochrones.

S'il n'y avoit ni frottement ni résistance, le pendule, une fois en mouvement, continueroit éternellement ses vibrations dans des temps égaux.

Lorsqu'il est court & que les arcs de cercle sont grands, le frottement & la résistance de l'air sont plus sensibles, & les vibrations se font en des temps inégaux. Lorsqu'au contraire, il est plus long, & les arcs plus petits,

les vibrations peuvent, sans erreur sensible, être regardées comme faites en temps égaux, jusqu'à ce que le pendule soit en repos. De pareilles vibrations se nomment *isochrones*.

Proportion
entre la lon-
gueur du pen-
dule & la du-
rée des vibra-
tions.

Fig. 26.

Le temps des vibrations est plus court à proportion que les pendules sont plus courts. Voici quelle doit être cette proportion: AEBG & DfBi sont deux cercles dont les diamètres AB & DB sont l'un à l'autre comme 4 à 1.

Nous avons démontré que, si un corps tombe de A en B dans un temps déterminé, il ne tombera, dans la moitié de ce temps, que de D en B.

Nous avons aussi démontré qu'un corps tombe le long de la corde d'un cercle, dans le même temps qu'il tombe le long du diamètre.

Donc un corps en E tombera le long de la corde EB, dans le double du temps qu'un corps en f tombera le long de la corde fB. Or, on démontre que les arcs EB & fB, étant supposés semblables ou très petits, les temps des chûtes par ces arcs, ou les temps des demi-vibrations sont entr'eux comme les temps des chûtes par les cordes. Donc le temps de la vi-

bration du pendule CB sera double du temps de la vibration du pendule e B.

Quand vous voudrez donc avoir les vibrations deux fois plus lentes, il faudra que le pendule soit quatre fois plus long; & au contraire, il faudra qu'il soit quatre fois plus court, quand vous voudrez que les vibrations soient deux fois plus rapides.

Mais pour mesurer un pendule, il faut pouvoir déterminer le centre d'oscillation; car la longueur du pendule est comme la distance du centre d'oscillation au centre de suspension. Or, cette matiere est une des plus difficiles. Il s'en faut bien que ce que nous avons étudié jusqu'à présent, suffise pour nous apprendre à trouver le point précis qui est le centre d'oscillation. Bornons-nous donc à nous faire une idée de ce problème.

Pour déterminer la longueur d'un pendule, il faut connoître le centre d'oscillation.

Représentez-vous le pendule CP, comme un levier qui a son point d'appui dans le centre de suspension C; & n'ayant aucun égard à la pesanteur du levier, supposez tout le poids dans un corps suspendu au point P.

Fig. 27a

Dans cette supposition, ce corps tombera de P en B avec une vitesse, qui sera en raison de la masse multipliée par la distance du centre

de gravité, au centre de suspension C; & le centre d'oscillation sera le même que le centre de gravité.

Si vous faites les mêmes suppositions sur le pendule cp , qui n'est que le quart de CP, le centre d'oscillation, sera encore pour lui le même que le centre de gravité du corps suspendu.

Or, ces deux pendules faisant leurs vibrations par des arcs qui sont entr'eux comme les circonférences dont ils font partie, p arrivera en f , lorsque P ne sera encore qu'en B; & il sera retourné au point d'où il étoit parti, lorsque P arrivera en F. p fait donc deux vibrations, pendant que P n'en fait qu'une; & s'il met, par exemple, une demi-seconde à chacune de ses vibrations, P employera à chacune de siennes une seconde entière.

Fig. 38.

Vous pouvez encore considérer le levier suspendu AC, sans avoir égard à sa pesanteur, & le divisant en quatre parties égales, placer à la seconde division, B de deux livres, & à l'extrémité, C de deux livres également.

Les vîtesses de B & de C sont comme leurs masses multipliées par la distance où ils sont de A, & les produits sont 12. Or, le produit

de la masse par la distance d'un corps de quatre livres , placé en D à la troisième division , seroit également 12. Les vibrations de ce pendule se feront donc avec une vitesse moyenne à celles de B & de C , comme si tout le poids se réunissoit en D.

Vous voyez par ces suppositions , que moins le fil aura de poids par rapport au poids du pendule , moins la pesanteur du levier causera d'erreur sensible. C'est ce qui arrive , lorsqu'on suspend un corps considérable à un fil d'acier fort subtil ; & on a observé qu'un pendule , dont la longueur est de 39 pouces & deux dixièmes , mesure d'Angleterre , depuis le centre de la balle jusqu'au point de suspension , acheve chaque vibration dans une seconde , ou en fait 3600 dans une heure. Cette expérience a été faite avec un pendule qui pesoit 50 livres , & auquel on avoit donné une forme lenticulaire , afin qu'il trouvât moins de résistance dans l'air : les vibrations continuèrent pendant tout un jour.

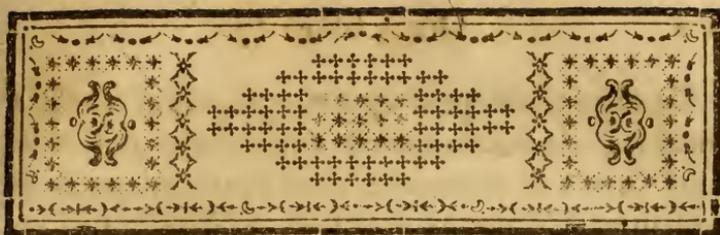
L'expérience montre encore à-peu-près le centre d'oscillation d'une barre homogène & de même épaisseur dans toutes ses parties , car les vibrations en sont isochrones avec celles d'un pendule , dont la longueur seroit les deux tiers de celles de la barre.


Fig. 29.

Objet du livre suivant.

Je n'entrerai pas dans un plus grand détail sur les mécaniques. Les principes que je viens d'exposer suffisent pour vous faire comprendre comment l'évidence de fait & l'évidence de raison concourent à la découverte de la vérité ; & , comme ces principes vous mettent en état de vous faire une idée du système du monde , je vais vous donner une idée de ce système pour un nouvel exemple des raisonnements qui portent tout-à-la-fois sur l'évidence de fait & sur l'évidence de raison. Vous verrez , Monsieur , que ce monde n'est qu'une machine semblable à celles que nous venons d'étudier ; c'est une balance. Cette vérité va vous être démontrée par une suite de propositions identiques avec les propositions de ce second livre.





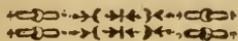
LIVRE TROISIEME.

Comment l'évidence de fait & l'évidence de raison démontrent le système de Newton.



CHAPITRE PREMIER.

Du mouvement de projection.



UN boulet de canon poussé horifontalement continuerait à se mouvoir avec la même vitesse & dans la même direction, si aucune cause n'y faisoit obstacle. Mais, tandis que la résistance de l'air diminue sa vitesse, la force qui le fait tendre en bas, & qu'on nomme pesanteur, change sa direction.

Effet de la résistance de l'air & de la pesanteur sur un projectile poussé horifontalement.

Si, supposant qu'il ne pese pas, nous n'avons égard qu'à la résistance de l'air, nous jugerons qu'il suivra sa première direction, en perdant à chaque instant de sa vitesse. Car il ne s'ouvrira une route, qu'autant qu'il écartera les parties du fluide, qui lui résistent; il ne les écartera qu'autant qu'il leur communiquera de mouvement, & autant il leur communiquera de mouvement autant il en perdra. Il avancera donc toujours plus lentement, & enfin il restera immobile en l'air.

Mais il tombe, parce qu'il pese; il tombe à chaque instant, parce qu'il ne cesse pas de peser. Il s'écarte donc à chaque instant de la direction horizontale, & il décrit une courbe.

C'est qu'il obéit en même temps à deux forces, dont les directions font un angle. Or, comment obéit-il à ces deux forces? quelle est la loi qu'il suit?

Fig. 30.
Ce projectile parcourt la diagonale d'un parallélogramme dans le même temps qu'il auroit parcouru un de deux côtés.

Pour vous représenter la chose d'une manière sensible, supposé que TS est le plan d'un bateau, qui se meut dans la direction TS, sur le canal H h G G.

Supposé encore que dD font deux objets fixes, deux arbres, par exemple, placés sur le rivage; que Cc font deux personnes sur le ri-

vage opposé ; & que AB sont deux enfants qui jouent au volant dans ce bateau.

Or, si dans le temps que le volant va de A en B , A se trouve, par le mouvement du bateau, transporté en a , & B en b , B recevra le volant en b .

Le volant, obéissant à deux forces, dont les directions font l'angle $B A a$, a donc parcouru la ligne $A b$, diagonale du parallélogramme $A B b a$; & il l'a parcourue dans le même temps qu'il auroit été porté de A en a , s'il n'avoit eu d'autre mouvement que celui du bateau ; ou dans le même temps qu'il auroit été poussé de A en B , s'il n'avoit eu que le mouvement communiqué par la raquette dans un bateau en repos.

Cependant le volant paroît aux enfants se mouvoir dans la direction AB ; parce que dans le même temps qu'il arrive en b , les enfants se trouvent dans la ligne ab , sans avoir remarqué le mouvement qui les a transportés, & que, par conséquent, ils prennent ab pour AB . Mais les personnes qui sont sur le rivage placées en Cc , & qui fixent les yeux sur les objets dD , ne peuvent pas confondre ces deux lignes, & voient le volant aller de A en b .

Si, conservant la même vitesse au volant, vous augmentez ou diminuez celle du bateau, vous concevez que la diagonale fera toujours parcourue dans le même temps; mais qu'elle fera plus longue ou plus courte. Si le bateau va plus vite, elle fera plus longue, & elle aboutira, par exemple, au point *n*; s'il va plus lentement, elle fera plus courte, & se terminera, par exemple, au point *m*.

Nous pouvons donc nous faire cette règle générale : *un corps mu par deux forces dont les directions font un angle, parcourt la diagonale d'un parallélogramme, dans le même temps qu'avec une seule des deux forces il auroit parcouru un des deux côtés.*

On objectoit à Galilée que si la terre tournoit sur son axe de l'Ouest à l'Est, un projectile poussé perpendiculairement à l'horison, ne tomberoit pas au point d'où il se seroit élevé; mais qu'il tomberoit plus ou moins vers l'Ouest, à proportion que ce point se seroit plus ou moins avancé vers l'Est, pendant le temps que le projectile auroit employé à s'élever, & à descendre. C'est précisément comme si on eût dit qu'un volant poussé de A vers B, resteroit en arriere, & tomberoit hors du bateau; si, pendant qu'il

se meut, le bateau étoit mu lui-même dans la direction A a.

Mais comme le volant obéit à deux directions, parce qu'il est mu tout-à-la fois & par la force que le bateau lui communique, & par la force que la raquette lui donne; de même le projectile supposé a deux directions; l'une perpendiculaire qu'on lui donne, & l'autre horisontale que le mouvement de la terre lui communique. Il doit donc s'élever le long d'une diagonale qui le porte vers l'Est; & du dernier point de son élévation il doit descendre le long d'une autre diagonale, qui le porte encore vers l'Est.

C'est ce que Galilée répondoit, & il donnoit pour preuve que dans un vaisseau à la voile, comme dans un vaisseau à l'ancre, une pierre tombe également du haut du mât au pied; jugeant avec raison que si elle descend perpendiculairement, lorsque le vaisseau est immobile, elle descend obliquement à l'horison, lorsque le vaisseau se meut; & qu'elle parcourt la diagonale d'un parallélogramme, dont un des côtés est égal à l'espace que le vaisseau a parcouru; & l'autre est égal à la hauteur du mât.

L'expérience démontre donc qu'un corps mu par deux forces dont les directions font un angle, parcourt la diagonale d'un parallélogramme, dans le même temps qu'il en auroit parcouru un des deux côtés. Voyons à present comment en parcourant une suite de diagonales, il décrira une courbe.

Fig. 31.
En parcourant une suite de diagonales, il décrit une courbe.

Un boulet de canon, mu dans la direction horizontale AB , continueroit, comme nous l'avons dit, à se mouvoir dans cette direction, si la pesanteur ne l'en écartoit pas à chaque instant; & s'il étoit poussé avec une force capable de lui faire parcourir 4 perches par seconde, il parcourroit en cinq secondes 20 perches sur la ligne AB .

De même si, tombant de A , ce boulet n'étoit poussé que par la force qu'il reçoit de sa pesanteur, il continueroit à se mouvoir dans la direction AE , perpendiculaire à l'horison; & puisque dans la première seconde il parcourroit une perche, en descendant de A en C , en 5 secondes il seroit descendu en E , & auroit parcouru 25 perches, les espaces étant comme le carré des temps.

Mais puisqu'il est poussé tout-à-la fois par deux forces, dont l'une est capable de le porter

ter en B, dans le même temps que l'autre est capable de le porter en E, c'est-à-dire, chacune en 5 secondes; il obéira à ces deux forces, & au lieu d'arriver en B ou en E, il tombera en 5 secondes en G.

Si la diagonale AG du parallélogramme ABGE représentoit la direction de la chute, le boulet paroîtroit parcourir une ligne droite; mais puisque les deux forces agissent à chaque instant, qu'à chaque instant chacune détourne le boulet de la direction, que l'autre tend à lui donner; il est évident que nous n'approcherons de la courbe qu'il décrit, qu'à proportion que nous l'observerons dans de plus courts intervalles.

Par conséquent, si nous considérons qu'en A le boulet, poussé vers C & vers D, se meut dans la diagonale Ab; & qu'en b, poussé vers e & vers f, il se meut dans la diagonale bh, & ainsi de suite jusqu'en G, nous le verrons se mouvoir dans les diagonales 1, 3, 5, 7, 9, dont la suite commence à former une courbe, & nous concevons que si nous observions le mouvement du boulet dans des intervalles plus courts, chacune de ces diagonales se recourberoit encore.

Si ce boulet étoit mu dans une direction

Tom. III.

K

Fig. 122

oblique à l'horison, telle que AI , la force de projection tendroit à lui faire parcourir en temps égaux les espaces $AB, BC, \&c.$ mais parce que la force communiquée par la pesanteur, le fait descendre à chaque instant, il ira de A en b , au lieu d'aller de A en B . Il parcourra donc la diagonale du parallélogramme $ABba$, dont le côté AB représente la force de projection, & le côté Bb égal à Aa , représente la force de pesanteur.

De même au lieu d'aller de b en M , & de n'obéir qu'à la force de projection, il arrivera en N , parce qu'il obéira encore à la force de pesanteur; & il parcourra la diagonale du parallélogramme $bMNL$.

C'est ainsi que de diagonale en diagonale il ne s'élèvera en quatre instants qu'à la hauteur du point O ; au lieu que s'il n'avoit eu qu'un mouvement de projection, il se feroit élevé jusqu'en E .

Or, de O en E il y a seize espaces, & c'est précisément ce dont il doit descendre en quatre temps, puisque 16 est le carré de 4 .

Mais comme il s'est élevé de A en O par un mouvement retardé, il descendra de O en

V par un mouvement accéléré. Au lieu d'aller de Q en R, il ira de Q en S. C'est ainsi qu'obéissant aux deux forces combinées, il descendra comme il est monté, c'est-à-dire, de diagonale en diagonale, jusqu'au point le plus bas V. Il décrira donc la courbe A O V, dans le même temps qu'il se seroit élevé en I, s'il n'avoit eu qu'un mouvement de projection.

La courbe que décrit un corps jeté horizontalement ou obliquement, se nomme *parabole*. Vous pouvez donc vous représenter une parabole par la suite des diagonales que parcourt un mobile, lorsqu'il obéit en même temps à la force de projection & à la force de pesanteur.

Vous pouvez remarquer que tout ce que nous avons dit, dans ce chapitre est identique avec l'une ou l'autre de ces deux propositions, que l'observation démontre : la première que les *espaces parcourus, par un corps qui tombe, sont comme les quarrés des temps* : la seconde, qu'un corps mu par deux forces, dont les directions font un angle, parcourt la diagonale d'un parallélogramme, dans le même temps qu'avec une seule des deux forces il auroit parcouru un des deux côtés. En effet nous

ne faisons qu'exprimer différemment ces deux propositions, lorsque nous en concluons qu'un corps poussé obliquement ou horizontalement décrit une parabole ; & il importe de vous les rendre familières, afin de pouvoir saisir plus facilement leur identité avec d'autres vérités, qui seront des découvertes pour vous.



CHAPITRE II.

Du changement qui arrive au mouvement, lorsqu'une nouvelle force est ajoutée à une première.

D E U X forces agissent dans une même direction, dans des directions contraires, ou dans des directions obliques. Il faut examiner ces trois cas.

Les forces agissent avec des directions qui conspirent ou qui se contraient.

Soit le corps A porté de A en L, avec une force capable de lui faire parcourir l'espace AB en une seconde; il parcourra de seconde en seconde BC, CD, &c. parce que tous ces espaces sont égaux au premier.

Fig. 33.
Effet des forces lorsqu'elles agissent dans la même direction.

Si lors qu'il est en B, une nouvelle force, semblable à la première, agit sur lui dans la même direction, il aura une force double; il ira donc de B en D, de D en F, dans le même temps qu'il alloit de A en B; c'est-à-dire, qu'il décrira un espace double. Il auroit

K 3

donc eu une vîtesse triple, & auroit parcouru trois espaces en une seconde, si la seconde force ajoutée eût été double de la premiere.

Effet des forces dont les directions sont contraires.

Si, pendant que le corps, par la premiere force parcourt uniformément AB , BC , &c. une force égale agit sur lui dans la direction contraire LA , il restera immobile : car ces deux forces étant égales & contraires, l'action de l'une doit détruire l'action de l'autre. Mais si cette derniere force n'agit, que lorsqu'il a une force triple pour parcourir trois espaces en une seconde, elle détruira un tiers de la vîtesse. Le corps sera donc mu comme s'il n'avoit qu'une force double dans la direction AL , & il ne parcourra que deux espaces en une seconde. Enfin si, pendant qu'il avance de trois espaces par seconde, il reçoit tout à la fois deux forces égales à la premiere ; l'une dans la direction AL , & l'autre dans la direction LA , il continuera d'aller avec la même vîtesse : car l'effet des deux nouvelles forces doit être nul, puisqu'elles se détruisent mutuellement. Tels sont les effets des forces qui conspirent directement & des forces directement contraires. Voyons maintenant ce qui doit arriver dans les autres cas.

La vîtesse augmente lorsqu'

Je suppose qu'un corps se meuve uniformément de A en B , & de B en C en une se-

conde, & qu'une nouvelle force, égale à la première, agisse sur le corps en B dans la direction de la ligne B b perpendiculaire à A L. Dans ce cas cette force agit à angle droit avec la première. Le corps changera de direction; & ce que nous avons dit plus haut, vous apprend qu'il décrira la diagonale B d. Par la même raison, si la nouvelle force avoit été double, le corps auroit décrit la diagonale B e; & si elle n'avoit été que la moitié de la première, il n'auroit décrit que la diagonale B f.

que deux forces agissent à angle droit.

Fig. 33.

Vous voyez par là que, quelle que soit la nouvelle force qui agit à angle droit, la vitesse du corps est toujours augmentée, puisqu'il parcourt la diagonale d'un parallélogramme rectangle dans le même temps que, par la seule action de l'une des deux forces, il n'auroit parcouru que l'un des côtés de ce parallélogramme. Vous voyez, en un mot, que dans le cas que nous supposons, ces deux propositions sont identiques : *la vitesse du mobile est augmentée, le mobile parcourt la diagonale d'un parallélogramme rectangle.* Vous appercevez encore l'identité des propositions suivantes avec ce que nous avons déjà dit; & vous n'aurez pas besoin que je vous la fasse remarquer.

Elle augmen-
te encore lors
que les forces
siffent à an-
gle aigu.

Si la nouvelle force agit à angle aigu, vous concevez que sa direction approche d'autant plus de celle de la première, que l'angle sera plus aigu. De-là nous tirons deux conséquences, l'une qu'elle augmentera la vitesse, l'autre qu'elle ne l'augmentera jamais, autant que si elle avoit agi sans angle, c'est-à-dire, dans la même direction.

Si, par exemple, la nouvelle force, étant égale à la première, a sa direction dans la ligne Cc ; DCc sera l'angle aigu formé par les deux directions. Or, plus cet angle est aigu, plus l'angle $g c C$ est obtus & plus aussi la diagonale Cg est grande. Mais cette diagonale est l'espace parcouru, & elle exprime la vitesse du corps.

Si la seconde
force fait avec
la première
un angle ob-
tus. la vitesse
sera la même,
ou sera plus
petite.

La vitesse est donc augmentée toutes les fois que la nouvelle force agit à angle droit ou à angle aigu: mais si la nouvelle force agit à angle obtus, la vitesse pourra rester la même, ou être plus petite.

Supposons que cette force, égale à la première, lorsque le corps est en K , agisse dans la direction Knz ; alors la diagonale Kn du parallélogramme $KLnm$ sera égale à Kn ; car le parallélogramme est divisé en deux triangles

dont les côtés sont égaux. La vitesse du corps sera donc la même qu'auparavant.

Si la nouvelle force étoit la moitié de la première, la vitesse du corps seroit diminuée; car alors Kp représenteroit la nouvelle force, & Ko , plus court que Kn , seroit la diagonale parcourue.

Si la nouvelle force est le double, & qu'agissant toujours dans le même angle obtus, elle soit représentée par Kr , la vitesse représentée par Ks , sera augmentée.

Si cette force agit dans un angle plus obtus, & par conséquent dans une direction plus opposée, telle que Kt , le corps parcourra la diagonale Km égale à KL ; & par conséquent la vitesse ne sera point augmentée, quoique la nouvelle force soit plus grande que la première.

Vous comprenez donc que, si elle avoit été égale, la vitesse auroit diminué, & que cette diminution auroit été d'autant plus grande, que l'angle auroit été plus obtus.

Toutes les propositions que nous venons de faire, ne sont que différentes manières d'exprimer, suivant la différence des cas, cette

Les propositions de ce chapitre sont

identiques
avec celles du
chapitre pré-
cédent.

proposition : *un mobile parcourt une diagonale, lorsqu'il est mu par deux forces, dont les directions font un angle.* Mais ces propositions nous seront nécessaires pour arriver à d'autres propositions identiques, c'est-à-dire, à d'autres vérités.

La loi que suit
la pesanteur,
& celle que
suit un corps
mu par deux
forces qui font
un angle, se-
ront identi-
ques avec plu-
sieurs phéno-
menes que
nous expli-
querons.

Nous avons vu que la pesanteur est une force capable de faire parcourir une perche dans une première seconde : c'est ainsi qu'elle agit près de la surface de la terre. Il nous reste à savoir avec quelle force elle agit à toute autre distance ; & lorsque nous nous en serons assurés par l'observation, nous commencerons à comprendre le système du monde. Il suffira, pour expliquer les phénomènes, de considérer la loi que suit la pesanteur à toute distance, & la loi à laquelle obéit un corps mu par deux forces, dont les directions font un angle : vous reconnoîtrez que les vérités que nous découvrirons, ne seront que ces deux lois, énoncées différemment, suivant la différence des cas.





CHAPITRE III.

Comment les forces centrales agissent.

LORSQUE vous tournez une fronde, la pierre fait effort d'un côté pour s'échapper par une tangente, & de l'autre elle est retenue par la corde. La force par laquelle elle tend à s'écarter du centre de son mouvement, se nomme *centrifuge*; celle par laquelle elle est retenue dans son orbite, se nomme *centripete*; & on comprend l'une & l'autre sous le nom de *forces centrales*.

Ce qu'on entend par force centrifuge, centripete & centrale.

Plus le mouvement de la fronde est rapide, plus la pierre fait effort pour s'échapper, & plus aussi la corde en fait pour la retenir. En effet, vous sentez que la corde se roidit à proportion que la pierre se meut avec plus de vitesse; & vous pouvez déjà entrevoir que la pierre ne décrit un cercle, que parce que la force, qui la tire vers le centre, est égale à la force qui l'en éloigne.

Rapport des forces centrifuges & centripetes dans un corps mu circulairement.

C'est à-peu près ainsi que les planetes sont transportées autour du soleil. Quand au théâtre vous voyez des changements de décorations, vous imaginez bien que les machines ne sont mises en mouvement que par des cordes, auxquelles elles sont suspendues, & que vous ne voyez pas. Or, Monseigneur, l'attraction n'est qu'une corde invisible, & la tension de cette corde est plus ou moins grande, à proportion que la planete tend plus ou moins à s'écarter.

Fig. 34.
Exemple.

Un boulet de canon, tiré du haut d'une montagne, ira en avant dans une courbe, à proportion de la force de la poudre, en B, en C, en D: il reviendrait même au point A, si, ne trouvant point de résistance dans l'air, la poudre pouvoit lui communiquer une force de projection, égale à la force qui l'attire vers le centre de la terre; & il continueroit à se mouvoir de la sorte, parce que la force centrifuge seroit toujours égale à la force centripete.

Cette vérité sera évidente pour vous, si vous appercevez qu'elle est identique avec d'autres vérités, que nous avons démontrées.

Fig. 34.

Tirez du centre de la terre le rayon A E,

& perpendiculairement à ce rayon tirez la ligne **AF** ; vous voyez que ces deux lignes font un angle droit, que **AF** représente la direction de la force de projection du boulet, & que **AE** représente la direction de la pesanteur qui le pousse ou l'attire vers le centre de la terre.

Or, dire que ces deux forces, que nous supposons égales, agissent à angle droit, ce n'est pas dire qu'elles rapprochent le boulet du centre de la terre, ou qu'elles l'en éloignent ; c'est dire seulement qu'il se meut avec une vitesse double : & dire qu'il se meut avec une vitesse double sans s'éloigner, & sans se rapprocher, c'est dire qu'il décrit un cercle. En effet, divisez ce cercle en petites parties égales, & tirez des rayons qui aboutissent à l'extrémité de chacune ; vous verrez que, dire à chaque division que ces deux forces font parcourir au boulet des diagonales égales, c'est dire qu'elles le tiennent toujours à égale distance du centre, ou qu'elles lui font décrire un cercle.

La gravité, c'est ainsi qu'on nomme encore la force centripète, agit en raison directe de la quantité de matière ; c'est-à-dire, que deux corps s'attirent à proportion de leur masse. En effet, l'attraction n'est dans la masse, que

La gravité ou l'attraction agit en raison directe de la quantité de matière.

parce qu'elle est dans chaque particule : elle fera donc double, triple, &c. lorsque la quantité de matiere sera double, triple, &c. les distances étant d'ailleurs supposées égales.

Et en raison
inverse du
quarré des dis-
tances.

Je dis *les distances étant égales* ; car l'attraction diminue encore suivant la distance : A deux de distance, un corps sera quatre fois moins attiré ; à trois, neuf fois moins ; à quatre, seize fois moins, & ainsi de suite. Il faut vous rendre cette proportion sensible.

Exemple qui,
rend sensible
cette dernière
proposition.

Fig. 35.
Planche IV.

Si, faisant passer la lumière d'une bougie par un petit trou, vous placez à un pied de distance la surface A d'un pouce quarré, cette surface jettera sur B, qui est à deux pieds, une ombre de quatre pouces quarrés ; sur C, qui est à trois pieds, une ombre de neuf pouces ; sur D, qui est à quatre pieds, une ombre de seize pouces ; sur cinq, une ombre de 25 ; sur six, une ombre de 36. En un mot, l'ombre augmentera comme le quarré des distances.

Mais puisque le corps A jette sur B une ombre de quatre pouces quarrés, sur C une ombre de neuf, & sur D une ombre de seize, il s'ensuit que, transporté en B, il ne recevra que la quatrieme partie de lumière, qu'il recevoit en A ; en C que la neuvieme ; & en

D que la feizieme. La lumiere décroît donc dans la même proportion que l'ombre augmente.

Si la lumiere croissoit comme l'ombre, elle augmenteroit en raison du quarré des distances : mais parce qu'elle décroît dans la même proportion que l'ombre augmente, on dit qu'elle agit en raison inverse du quarré des distances.

Il en est de même de la chaleur, en supposant que l'action des rayons en est l'unique cause : car dans cette supposition si la terre étoit deux fois plus éloignée du soleil, elle feroit quatre fois moins échauffée, par la même raison qu'elle feroit quatre fois moins éclairée. A une distance triple, elle feroit neuf fois moins échauffée ; à une distance quadruple, seize fois moins, &c. l'action de la chaleur est donc aussi en raison inverse du quarré des distances.

Mais l'attraction, ainsi que la lumiere & la chaleur, agit du centre à la circonférence. Elle agira donc encore en raison inverse du quarré des distances, si elle augmente & décroît dans la même proportion, que la lumiere & la chaleur. Or, c'est ainsi qu'elle augmente, & décroît ; l'observation le démontre. Mais

parce que vous n'êtes pas encore en état de comprendre comment on a pu observer ce phénomène, il vous suffit pour le moment de le croire sur l'autorité des observateurs, & de le regarder avec eux comme un principe, qui peut expliquer d'autres phénomènes.

La pesanteur, le poids, la gravité & la gravitation sont des effets de cette cause que nous nommons attraction. Tous ces mots signifient au fond la même chose, & ne diffèrent que par des accessoires, que je vous ai expliqués (*)

Les phénomènes, que nous désignons par ces mots, suivent donc les loix de l'attraction; c'est-à-dire, que la pesanteur des corps célestes, leur poids, leur gravité, ou leur gravitation est en raison inverse du quarré des distances. Je dis *des corps célestes*, parce que nous aurons occasion de remarquer, que la gravitation des particules de la matiere suit d'autres loix.

De ce que l'attraction agit en raison inverse du quarré des distances, il s'ensuit que

Le poids d'un
corps à une

(*) Dans un dictionnaire des synonymes françois.

trois corps qui peseront une livre, l'un à deux rayons du centre de la terre, l'autre à trois & l'autre à quatre, peseront à un rayon, le premier 4 livres, le second 9 & le troisième 16. Car toutes ces propositions disent au fond la même chose, & ne diffèrent que par l'expression.

distance quelconque est au poids sur la surface de la terre comme l'unité au carré de sa distance.

Par conséquent, & c'est encore une proposition identique avec les précédentes, le poids d'un corps à une distance quelconque, est au poids qu'il auroit sur la surface de la terre, comme l'unité au carré de sa distance. Si je veux donc savoir ce que peseroit sur la surface de la terre un corps qui à 60 rayons ne peseroit qu'une livre, je n'aurai qu'à multiplier 60 par 60, & j'aurai le carré 3600: si au contraire sur la surface il ne pesoit qu'une livre, il ne peseroit à 60 rayons que la 3600^e partie d'une livre.

Or, la pesanteur est la force qui détermine la vitesse avec laquelle un corps descend. Connoissant donc la vitesse d'un corps à la surface de la terre, je connoîtrai sa vitesse à toute autre distance, à 60 rayons, par exemple. Je n'aurai qu'à faire ce raisonnement.

La vitesse avec laquelle un corps descend, est en raison inverse du carré de sa distance.

Un corps près de la surface, descend d'une perche en une seconde; or, à 60 rayons il

a 3600 fois moins de force : il ne descendra donc que de la 3600^e partie d'une perche.

Si je veux savoir dans quel temps il doit parcourir à cette distance, les 3600 parties, ou la perche entière, je n'ai qu'à me rappeler que les espaces parcourus sont comme les quarrés des temps. Donc les espaces étant 3600 parties, le temps sera 60 secondes, racine quarrée de 3600.

En ne faisant que des calculs, l'identité n'en est que plus sensible ; continuons donc d'aller de propositions identiques en propositions identiques, & voyons où nous arriverons.

Quelle est la force centripete de la lune.

La lune est à 60 rayons : donc elle descendroit d'une perche en une minute ; & de 3600 en 60 minutes ou une heure, si elle étoit abandonnée à son poids ; c'est-à-dire, si elle étoit mue par la seule force qui la porte vers la terre : il suffiroit dans cette supposition de calculer d'après les loix de l'accélération du mouvement, pour déterminer le temps de sa chute.

Quelle est la force centrifuge.

Mais si dans une heure son poids ou sa force centripete doit la faire descendre de 3600 perches, il est évident qu'elle ne décrira une or-

bite à la distance de 60 rayons , qu'autant qu'elle aura une force centrifuge capable de l'écarter de 3600 perches en une heure.

Nous connoissons donc quelle est la force centrifuge de la lune , & quelle est sa force centripete. Nous savons d'ailleurs qu'elle acheve sa révolution en 27 jours & 7 heures. Cela étant , nous pouvons déterminer son orbite.

Si nous supposons que AB soit l'espace dont elle tomberoit en un jour , étant abandonnée à son propre poids , nous avons un des côtés du parallélogramme dont elle doit décrire la diagonale. Mais comme AB représente la force centripete , AC perpendiculaire à AB représente la force de projection ; & CD parallèle , &c. égale à AB acheve le parallélogramme & représente la force centrifuge. Il est donc évident que AD est la courbe que les forces combinées doivent en un jour faire parcourir à la lune. Par conséquent , nous aurons à peu près l'orbite de cette planete , si , négligeant les heures pour simplifier , nous traçons un cercle , dont AD soit la 17^e. partie.

Vous voyez actuellement comment des observations sur la pesanteur conduisent à connoître les forces centrales de la lune , & la courbe qu'elle décrit autour de la terre. Mais pour

Fig. 36.
Comment on connoît l'orbite qu'elle décrit.

Comment les observations confirment les calculs qu'on fait à

ce sujet.

nous assurer de la vérité de ces calculs, il faut que les observations les confirment ; & si elles font découvrir du plus ou du moins dans le mouvement de la lune, il faut qu'elles en indiquent une cause qui ne soit pas contraire aux calculs : c'est ce qui est arrivé.

Pourquoi il est difficile d'expliquer les irrégularités apparentes de la lune.

Tous les calculs que nous venons de faire, seroient confirmés par les observations, si la lune ne gravitoit que vers la terre, & décriroit un cercle dont nous serions le centre. Mais premierement la lune gravite encore vers le soleil ; en second lieu, elle ne décrit pas un cercle, mais une ellipse ; enfin, la terre n'est pas au centre de l'ellipse ; mais dans un des foyers. Toutes ces considérations rendent les calculs si difficiles, qu'on n'a pas encore pu expliquer avec précision toutes les irrégularités apparentes du mouvement de la lune.

Fig. 37.

Effet de l'attraction du soleil sur la lune.

La lune étant en A & la terre en T, le soleil S, les attire également, parce qu'il est à égale distance de l'une & de l'autre. Dans ce cas, rien n'altérera la gravité de la lune vers la terre. Mais si la lune est en B, elle sera plus attirée par le soleil, parce qu'elle en est plus près, & par conséquent, elle gravitera moins sur la terre. En C le poids de la lune vers la terre sera le même qu'en A. Enfin, en D, la terre étant plus attirée par le soleil, s'éloignera de la lune,

qui par cette raison, pesera moins vers la terre. C'est ainsi que dans tous les points de l'orbite, excepté A & C, l'action du soleil tend plus ou moins à écarter ces deux planetes. Ajoutons que cette action varie encore suivant que la terre & la lune, qu'elle entraîne dans sa révolution, s'approchent ou s'éloignent du soleil. Par-là vous commencerez à comprendre que le mouvement de la lune doit être tantôt accéléré, tantôt retardé, & que l'orbite qu'elle décrit ne peut pas être bien réguliere.

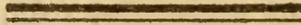
Il est inutile d'entrer dans de plus grands détails sur cette matiere. Je me borne à vous donner des vues générales, propres à vous la faire approfondir, lorsque vous en aurez la curiosité, & que des études plus relatives à votre état, vous en laisseront le loisir.





CHAPITRE IV.

Des ellipses que les planetes décrivent.



Les ellipses s'expliquent par une suite de propositions identiques avec ce qui a déjà été prouvé.

LA lune autour de la terre, les planetes & les cometes autour du soleil, décrivent des ellipses. Celle que je vais vous donner pour exemple, plus excentrique qu'aucune de celles des planetes, l'est moins que celles des cometes : mais elle suffit pour expliquer les unes & les autres, parce que les loix sont les mêmes pour toutes.

Je vous ferai d'abord remarquer que ce que nous dirons pour expliquer ces ellipses, reviendra pour le fond à ce que nous avons déjà dit & prouvé, lorsque nous avons expliqué la courbe qu'on nomme *parabole* : c'est-à-dire, que les corps célestes ne décrivent des ellipses, que parce qu'obéissant à deux forces, dont les directions sont toujours des angles, ils se meuvent de diagonale en diagonale.

Un corps jeté dans la direction Aa , est attiré par le soleil dans la direction AS , c'est-à-dire, à angle droit : il ira donc d'un mouvement accéléré de A en B . Arrivé à ce point, la force de projection le feroit mouvoir dans la ligne Bb ; mais il est attiré à angle aigu dans la direction BS ; son mouvement sera donc encore accéléré, & il ira de B en C . C'est ainsi que la direction de la force de projection le long des tangentes, faisant toujours un angle aigu avec la direction de la pesanteur, les deux forces réunies accéléreront le mouvement de la planète, jusqu'à ce qu'elle arrive en P .

Fig. 38.
Partie de l'ellipse, décrite par un mouvement accéléré.

Parvenue en P , la direction de la force de projection, le long de la tangente Pp , fait un angle droit avec PS , direction de la pesanteur : la planète ira donc en F . Mais comme elle est venue de D en P , par un mouvement accéléré, elle va de P en F , par un mouvement retardé.

Partie de l'ellipse, où le mouvement est retardé.

En F , la direction de la force de projection le long de la tangente Ff , fait un angle obtus avec FS , direction de la pesanteur : le mouvement sera donc encore retardé; & il le sera jusqu'à ce que la planète revienne en A , parce que les angles seront toujours obtus.

Mais il faut remarquer que l'augmentation & la diminution des angles, n'est pas la seule

L'augmentation & la di-

minution des
angles n'est
pas la seule
cause qui ac-
célère & qui
retarde le
mouvement.

raison qui accélère & qui retarde le mouve-
ment. Car, de A en P, les angles ne décroissent
que jusqu'à mi-chemin, comme ils ne croissent
que jusqu'à mi-chemin de P en A. L'accéléra-
tion & le retardement ont donc encore une au-
tre cause. En effet, la planete accélère son
mouvement en venant de A en P, parce
qu'elle s'approche plus du soleil qui l'attire en
raison inverse du quarré des distances; & elle
retarde son mouvement en retournant de P en
A, parce qu'elle est moins attirée par le soleil,
à mesure qu'elle s'éloigne davantage.





CHAPITRE V.

Des aires proportionnelles aux temps.



L'AIRES d'un triangle est l'espace renfermé dans ses trois côtés. Tels sont les espaces ASB , BSC , &c. Lorsque la planète se meut de A par B , C , &c. on se représente le rayon SA comme une ligne, qui s'élevant sur le centre S , porte la planète à l'autre bout ; & qui étant transportée avec elle, balaye, pour ainsi dire, chaque aire, à mesure que la planète en décrit le côté opposé au centre S . Ce rayon se nomme *rayon vecteur*, c'est-à-dire, qui porte. Voilà ce qu'on entend quand on dit qu'une planète décrit des aires autour du centre de son mouvement.

Fig. 38.
Ce qu'on entend par le rayon vecteur, & par les aires qu'il décrit.

Tous les astronomes connoissent aujourd'hui que les aires décrites par une planète sont proportionnelles aux temps, c'est-à-dire, égales en temps égaux. Kepler est le premier qui ait décou-

Les aires sont proportionnelles aux temps.

vert ce phénomène, & qui ait conjecturé que la gravitation vers le soleil en est la cause. Newton a démontré la vérité de cette découverte & de cette conjecture.

Cette vérité est sensible, lorsqu'une planète se meut dans une orbite circulaire.

Lorsqu'une planète se meut circulairement autour d'un centre, elle parcourt des arcs de cercles égaux en temps égaux. Dans ce cas les aires, que balaye le rayon vecteur, sont non-seulement égales, elles sont encore semblables; & cette ressemblance rend leur égalité sensible. Voilà ce qui doit arriver toutes les fois qu'une planète est transportée dans une orbite circulaire; car alors son mouvement n'étant ni accéléré ni retardé, il est évident que le rayon vecteur parcourt en temps égaux des aires égales & semblables.

C'est ainsi que paroissent se mouvoir les satellites autour de jupiter. Il est vrai que, suivant leurs positions, ils doivent se détourner plus ou moins; car ils ne sont pas toujours à la même distance du soleil les uns des autres. Mais nous pouvons négliger ces inégalités, puisqu'elles ne sont pas assez considérables pour être observées au télescope.

Preuve de cette vérité, lorsqu'une planète se

Lorsque le cours de la planète se fait dans une ellipse, & que le centre du mouvement est dans l'un des foyers, le rayon vecteur décrit

encore des aires égales. Cette égalité n'est pas d'abord si sensible, parce que les aires ne sont pas toutes semblables; & que vous ne trouverez de ressemblance qu'entre celles qui se correspondent à égales distances du périhélie, & de l'aphélie.

meut dans
une ellipse.

Mais quoique les aires ne soient pas toutes semblables, elles sont toutes égales; les plus courtes regagnant en largeur ce qu'elles perdent en longueur. Vous pouvez le voir sensiblement dans une figure: mais il faut vous en donner une démonstration.

Fig. 38.

Vous savez que la mesure de l'aire d'un triangle, ou de l'espace renfermé entre les trois côtés, est le produit de la hauteur par la moitié de la base; & vous jugez, en conséquence, que les aires sont égales, lorsque les triangles ont même base & même hauteur.

Or, supposons qu'un corps mu uniformément, parcourt en temps égaux les espaces égaux AB , BC : il est évident que les aires ASC , BSC , décrites par le rayon vecteur, sont égales, puisque ces deux triangles ont même base & même hauteur: même base, parce que BC est égal à AB ; & même hauteur, parce que la hauteur de l'un & de l'autre est la perpendiculaire tirée du sommet S sur la ligne AD .

Fig. 39.

Par conséquent, tant que ce corps continuera

à se mouvoir dans la même ligne, & que les triangles auront leur sommet commun dans le même point; les aires continueront d'être égales, & elles ne différeront que parce qu'elles regagneront en longueur ce qu'elles auront perdu en largeur.

Or, lorsque ce corps au lieu d'une ligne droite, décrira une courbe autour du point S , où nous avons fixé le sommet des triangles; cette direction ne changera pas la grandeur des aires, elle en changera seulement la figure, leur faisant regagner en largeur ce qu'elles auront perdu en longueur. En effet, imprimons à ce corps, arrivé en C , une force capable, si elle agissoit seule, de le porter en E , dans le même temps que par son mouvement uniforme il auroit été de C en D ; il est démontré par ce que nous avons dit ailleurs, que ce corps obéissant à ces deux forces, parcourra CF diagonale du parallélogramme $CDFE$, dans le même temps qu'il auroit parcouru CE ou CD . Le rayon vecteur décrira donc l'aire SCF . Or, cette aire est égale à SCD , puisque les deux triangles ont une base commune dans CS , & qu'étant entre les deux parallèles CE & DF , ils ont encore une hauteur commune dans la perpendiculaire tirée de l'une de ces deux lignes à l'autre. Vous concevez que le même raisonnement démontre l'égalité des aires suivantes.

Mais si la direction n'étant pas toujours exactement au point S, étoit par intervalles à quelque point voisin, les aires seroient nécessairement inégales, car le corps, au lieu d'arriver dans la ligne DF, iroit dans le même temps au-delà de cette ligne, ou ne l'atteindroit pas; & par conséquent, les aires décrites seroient ou plus grandes, ou moindres que SCD.

Les aires ne sont égales aux temps que dans la supposition qu'une planète est constamment dirigée vers un même centre.

Il est donc prouvé que, lorsqu'un corps se meut dans une courbe, la direction constante au même point, démontre l'égalité des aires aux temps: d'où vous devez conclure l'inverse de cette proposition, c'est-à-dire, que l'égalité des aires aux temps, démontre qu'un corps est constamment dirigé vers le même point.

Cette vérité, une des plus importantes dans le système de Newton, est une loi dont la nature ne s'écarte jamais. Il suffit d'avoir observé avec Képler les satellites de jupiter, & d'avoir remarqué avec lui que les aires décrites sont proportionnelles aux temps, & aussitôt on est assuré que les satellites sont toujours dirigés vers le centre de leur planète principale. De même la lune est, dans tout son cours, dirigée vers le centre de la terre, si son rayon vecteur décrit toujours en temps égaux des aires égales; & si on remarque quelque inégalité dans les aires décrites, il est prouvé que la lune n'est

Conséquences qui résultent de cette vérité.

pas absolument dirigée vers le centre de notre globe. Enfin, on ne peut plus douter que toutes les planetes ne soient dirigées vers le centre du soleil, si un rayon, tiré de chacune d'elles à ce centre décrit des aires égales en temps égaux : il ne faut plus qu'observer.

Pourquoi une comete ne tombe pas dans le soleil, & pourquoi elle ne s'échappe pas de son orbite.

Peut-être me demanderez vous pourquoi une comete, étant à son périhélie, ne tombe pas dans le soleil ; & pourquoi, à son aphélie, elle ne s'échappe pas de son orbite. En effet, dans une ellipse, telle que celle que je vous ai donnée pour exemple, elle est 6 fois plus près à son périhélie, & par conséquent, 36 fois plus attirée ; & dans son aphélie, elle est 6 fois plus loin, & 36 fois moins attirée. Mais remarquez qu'à proportion qu'elle est plus attirée, elle a une plus grande vitesse ; & que la vitesse ne peut augmenter, que la force centrifuge n'augmente également. Par une raison contraire la vitesse diminue à proportion qu'elle est attirée, & par conséquent, la force centrifuge décroît en même raison.

Vous voyez par-là que plus l'ellipse est excentrique, plus la vitesse varie de l'aphélie au périhélie. C'est ce qui arrive aux cometes : elles se meuvent rapidement dans la partie inférieure de leur orbite, le périhélie ; lentement dans la partie supérieure, l'aphélie : &

c'est cette accélération & ce retardement qui font décrire au rayon vecteur des aires proportionnelles aux temps.

Pour comprendre comment la gravitation des planetes & des cometes s'accorde avec la pesanteur des corps sur la terre, vous n'avez qu'à supposer que d'une partie de la surface du soleil on jette un corps, en sorte qu'il remonte jusqu'en A par la ligne BA : car, dans cette supposition, vous voyez qu'il s'éleva jusqu'en A avec un mouvement retardé ; & qu'arrivé à ce point où la force de projection & la force qui l'attire vers le centre S, agissent à angle droit, il tombera avec un mouvement accéléré par la ligne Ab. Si, à une certaine distance du soleil, vous jetez ce même corps dans une direction parallele à BA, il ira, par exemple, de C en D ; & continuant dans cette courbe, il décrira l'ellipse CDc. Ce sont-là des conséquences de ce que nous avons dit plus haut, ou des propositions identiques avec des propositions que nous avons démontrées.

Fig. 40.
La gravitation obéit aux mêmes loix, que la pesanteur auprès de la surface de la terre.

Cependant il ne faut pas croire que les cometes & les planetes doivent éternellement se mouvoir dans les orbites qu'elles ont une fois parcourues. Cela seroit vrai, si elles étoient transportées dans un milieu parfaitement vuide, où elles ne trouvaient aucune sorte de résis-

Les planetes & les cometes doivent continuellement se rapprocher du soleil.

tance : mais la lumière qui traverse tous les espaces célestes , & les particules subtiles qui s'échappent vraisemblablement des comètes & des planètes , sont un obstacle au mouvement de ces corps qui roulent autour du soleil. Cette résistance , il est vrai , est des milliers de fois moindre que celle que produiroit l'air qui environne la terre : mais enfin c'est une résistance. La force projectile de ces corps & par conséquent leur force centrifuge , diminue donc à proportion de ces obstacles , & puisque l'attraction du soleil , ou la force centripète , reste toujours la même , il faut que toutes les planètes s'approchent continuellement du soleil , quoique d'une manière insensible. Il ne faut donc plus qu'un certain nombre d'années , pour voir toutes les planètes tomber successivement dans le soleil. C'est ce qui a fait dire à Newton que le monde ne subsistera qu'autant que Dieu remontera cette immense machine. J'ajouterai même qu'il y a des astronomes , qui croient déjà avoir observé quelques petites altérations dans l'orbite des planètes. Ce sont-là des conjectures. Voyons cependant comment une comète peut tomber dans le soleil.

Comment
une comète
peut tomber
dans le soleil.

On a observé que le soleil a une grande atmosphère. Sa surface , à cause de sa chaleur immense , doit pousser au-dehors des écoulements , qui flottant tout autour , forment un milieu

milieu pour le moins aussi dense que notre air.

Soit ABC l'orbite d'une comete, & BLM l'atmosphère du soleil. Lorsque la comete vient de l'aphélie A au périhélie B, elle trouve en B une résistance qui diminue sa force projectile. L'attraction du soleil donnera plus de courbure à son orbite, & elle remontera par *b*, au lieu de passer par C : décrivant donc une ellipse plus allongée, elle s'élèvera jusqu'en *a*. Alors retombant en B, elle se rapprochera encore davantage; & s'échappant par D, elle ira en E, d'où elle descendra dans le soleil par la ligne ES. Il est donc possible que des cometes tombent dans le soleil. Les Newtoniens conjecturent même que cela arrive, & ils le croient nécessaire pour nourrir cet astre, qui s'épuiserait insensiblement, répandant la lumière dans tout le système.

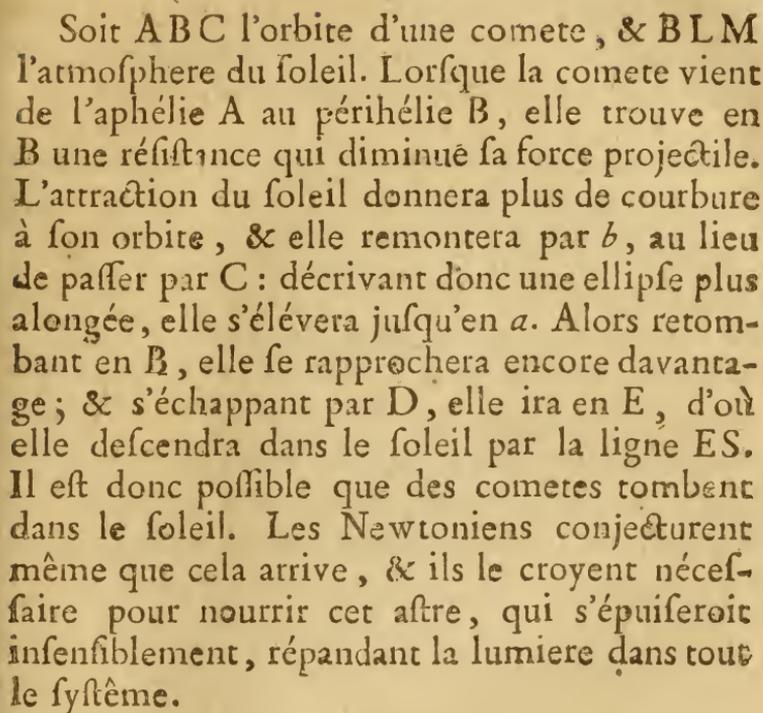


Fig. 415

Si la comete décrivait une orbite, telle que celle que nous avons tracée plus haut, il faudrait bien des milliers d'années pour altérer sa révolution, au point de la faire tomber dans le soleil.

Quoique les orbites des planetes soient presque circulaires, cependant comme les foyers des ellipses sont trop éloignés l'un de l'autre,

L'excentricité des orbites des planetes est

assez sensible
pour être ob-
servée.

l'excentricité est assez sensible pour être observée. C'est pourquoi dans l'hémisphère du nord, notre demi-année d'hiver, où nous passons par le périhélie, est de huit jours plus courte que notre demi-année d'été.

Les révolu-
tions sont
plus courtes,
à proportion
que les plane-
tes sont plus
près du soleil.

Par tout ce que nous avons dit, vous comprendrez que les planetes doivent achever leurs révolutions dans un temps d'autant plus court, qu'elles sont plus près du soleil, soit parce que la vitesse est plus grande. En effet, dès que la planete est plus près, sa force centripete qui augmente, exige que sa force centrifuge augmente également; & ces deux forces ne peuvent manquer de la transporter avec plus de vitesse. Cela est confirmé par les observations.



CHAPITRE VI.

Du centre commun de gravité entre plusieurs corps, tels que les planètes & le soleil.

L'ATTRACTION est dans le corps en raison de la quantité de matière. Donc deux corps égaux en masse & placés dans le vuide, peseront également l'un sur l'autre; A, par exemple, attirera B avec la même force qu'il en fera attiré; &, par conséquent, ils s'approcheront avec des vîteses semblables, & se joindront au point milieu C.

On retrouve la balance dans la révolution de deux corps autour d'un centre commun de gravité.

Fig. 42.

Si A a une masse double, il attirera doublement B: il lui donnera donc une vîtesse double de celle qu'il en reçoit; & le point de réunion sera d'autant plus près de A, que sa masse sera plus grande que celle de B.

A a son centre de gravité dans B sur lequel

M 2

il pese, & B a le sien dans A sur lequel il pese aussi : mais par cette attraction réciproque, ils sont précisément comme si, ne pesant point l'un sur l'autre, ils pesoient chacun uniquement sur le point où ils tendent à se réunir ; & si nous supposons un troisieme corps, A & B peseroient sur lui, comme si leurs deux points étoient réunis dans le point vers lequel ils s'attirent réciproquement. En effet, supposons A & B contenus par un fléau qui les empêche de se rapprocher, & suspendons ce fléau par le point où ils se seroient réunis ; nous aurons une balance, dans laquelle A & B seront en équilibre, parce que la distance de A à ce point, sera à la distance de B au même point, comme la masse de B à la masse de A ; & ils peseront sur un troisieme corps, comme si toute leur gravité étoit ramassée dans le centre de suspension.

Dans la révolution, par exemple, de la lune & de la terre autour de leur centre commun.

Or, vous pouvez vous représenter la lune & la terre aux deux bouts de ce fléau, & imaginer que vous les tenez suspendues au-dessus du soleil, comme vous tenez deux corps suspendus avec une balance : car l'équilibre aura lieu dans l'un & l'autre cas, si les distances au point de suspension sont en raison inverse des masses.

Voilà donc la lune & la terre en équilibre

aux deux bouts d'un fléau, qui est suspendu au-dessus du soleil. Mais si la force de l'attraction & la force de projection combinées, produisent précisément le même effet que le fléau suspendu; il s'en suivra qu'en raisonnant sur les révolutions des corps célestes, nous ferons des propositions identiques avec ce que nous avons dit en raisonnant sur la balance.

Or, la lune & la terre étant à 60 rayons l'une de l'autre, lançons-les avec une force dont la direction fasse un angle droit avec la direction de leur gravité réciproque; alors au lieu de se joindre, elles tourneront au tour d'un centre commun: la force de projection, combinée avec la pesanteur, fera donc l'effet d'un fléau, qui les tiendrait écartées; & le centre de leur révolution sera le même point, qui auroit été dans le fléau le centre de suspension. Par conséquent, comme en les pesant dans une balance, la terre, ayant environ 40 fois plus de matière, ne seroit en équilibre avec la lune, qu'autant qu'elle seroit environ 40 fois plus près du centre de suspension; de même l'équilibre ne sera conservé entre ces deux planètes au tour d'un centre de révolution, qu'autant que la terre sera environ 40 fois plus près du centre.

Et dans la révolution de ces deux planetes autour du soleil.

Vous appercevrez donc une balance dans la révolution de la lune & de la terre autour du centre commun de gravité : vous en appercevrez une également dans la révolution de ces deux planetes autour du soleil.

Lorsque vous les teniez suspendues aux deux bouts d'un fléau, elles ne pouvoient tomber vers cet astre qu'autant que le centre de suspension tomboit lui-même. Si vous vouliez donc imaginer un fléau, qui les empêchât de se joindre au soleil, il faudroit qu'un des bouts fût dans cet astre, & l'autre dans le centre de suspension des deux planetes ; & si vous vouliez trouver le point par où vous voudriez suspendre ce fléau, pour mettre ces deux poids en équilibre, vous cherchiez celui où la distance du soleil est à la distance des planetes, comme la masse des planetes est à la masse du soleil. Alors, saisissant cette balance, vous tiendrez le soleil en équilibre avec le centre de gravité commun aux deux planetes.

Mais comme une force de projection a fait mouvoir les deux planetes autour de leur centre commun de gravité, une autre force de projection, imprimée tout à la fois à ce centre & au soleil, fera mouvoir ce centre & le soleil autour d'un autre centre de gravité. Il suffira

de les lancer avec des forces qui soient capables de contrebalancer l'action de leur pesanteur réciproque.

C'est ainsi que la terre, placée à onze mille diamètres du soleil, c'est-à-dire, à environ trente-trois millions de lieues, fait sa révolution annuelle. Mais il faut remarquer que, vu la supériorité de la masse du soleil, cette distance est trop petite pour porter hors de cet astre le centre commun de gravité : il est donc au-dedans ; & nous pouvons, sans erreur sensible, regarder le soleil comme en repos.

Pour nous représenter dans cette supposition la révolution de la lune & celle de la terre, soit le soleil en S : que le centre commun de gravité de la lune Q, lorsqu'elle est en son plein, & de la terre M, soit en F : que lorsqu'après une lunaison entière, la lune se trouvant de nouveau dans son plein, le même centre soit en A : & qu'enfin FDA soit l'orbite que ce centre décrit autour du soleil.

Différentes situations de la lune & de la terre pendant leur révolution autour du soleil.
Fig. 43^e

Si nous partageons en suite la lunaison en 4 parties égales, après la première, le centre de gravité sera en E, la lune en p, la terre en L ; après la seconde, la lune étant nouvelle, le centre de gravité sera en D, la lune en R, la terre en

M 4

I; dans la quadrature suivante, le centre de gravité sera en B, la lune en o, la terre en H; enfin, quand la lune se trouvera dans son plein, le centre de gravité étant supposé en A, la lune sera en N, la terre en G : propositions qui sont toutes fondées sur la révolution de la terre & de la lune autour d'un centre de gravité, qui décrit une orbite autour du soleil.

Il paroît donc que la terre parcourt la courbe MLIHG : mais parce que cette irrégularité est trop peu considérable pour pouvoir être apperçue, nous pouvons supposer, sans erreur sensible, que le centre de la terre parcourt l'orbite FDA; car MF, ou DI, qui marque la plus grande distance où la terre peut se trouver de cette orbite, n'est qu'environ la 40.^{me} partie de la distance MQ, qui elle même n'est pas la 300.^{me} de la distance FS. C'est pourquoi on regarde la terre comme au centre des révolutions de la lune, & comme parcourant elle-même l'orbite décrite par le centre de gravité.

Comment on détermine à peu près le centre commun de gra-

Jetons successivement & dans une direction à peu près semblable à celle de la terre, mercure, vénus, mars, jupiter & saturne; ; mercure à 4257 diametre, vénus à 7953, mars à

16764, jupiter à 57200, & saturne à 104918; viè entre les planetes & le soleil.
 ce sont à peu près les distances moyennes où ces planetes sont du soleil.

D'après ces suppositions, il me sera aisé de vous faire concevoir comment on détermine un centre commun de gravité entre tous les corps. Je vous avertis cependant que mon dessein n'est pas de vous donner sur ce sujet les idées les plus précises : elles demanderoient des calculs dans lesquels nous ne devons entrer ni l'un ni l'autre. Il me suffira donc de vous faire connoître la maniere dont on raisonne.

Plus un corps a de masse, plus il est près du centre commun de gravité. Or, le soleil a un million de fois plus de matiere que mercure, sa distance est donc un million de fois moindre. Mais la distance de mercure au soleil étant 4257, vous ne sauriez rapprocher le centre commun de gravité un million de fois plus près du soleil, que vous ne le placiez à une très petite distance du centre de cet astre.

En effet, si ces deux corps étoient égaux, le centre commun de gravité seroit à 2128 environ du centre de chacun. Le centre commun de gravité se rapprochera donc du centre du soleil, à mesure que vous augmenterez la masse de cet astre.

Augmentée un million de fois, ce centre sera un million de fois plus près du centre du soleil.

Supposons maintenant 4257 divisé en un million de parties : une seule de ces parties mesurera la distance où le centre du soleil est du centre de gravité.

La masse de vénus étant à celle du soleil comme 1 à 169282, elle attirera un peu en avant le centre des trois corps ; la terre & mars, par la même raison, l'attireront encore davantage : mais parce que jupiter a une grande masse, & qu'il est d'ailleurs encore plus éloigné du soleil, le centre de gravité du soleil & de jupiter sera un peu hors de la surface du soleil ; &, par conséquent, le centre de gravité des cinq corps sera porté encore plus en avant. Mais parce que la masse de saturne n'est qu'environ le tiers de celle de jupiter, le centre commun de gravité seroit un peu en dedans de la surface, si nous supposions qu'il n'y eut que cette planete & le soleil. Quand nous considérerons tous ces corps ensemble, & que nous placerons toutes les planetes du même côté, le centre commun s'éloignera encore de la surface. Il rentrera au contraire dans la surface, lorsque jupiter sera d'un côté & saturne de l'autre ; quelle que soit

d'ailleurs la position des autres planetes. Car elles sont trop près, & elles ont trop peu de matiere, pour attirer en dehors le centre commun de gravité. Or, c'est ce centre qui est en repos dans notre systême, & non celui du soleil : c'est pourquoi cet astre a une espece de mouvement d'ondulation.

La masse de jupiter surpasse si fort celle de ses satellites, que le centre commun des cinq corps n'est guere éloigné du centre de cette planete. La même observation a lieu sur saturne, par rapport à ses satellites & à son anneau.

Concluons que pour changer le centre commun de notre systême, il suffiroit d'ajouter ou de retrancher une planete ; & que ce changement seroit plus ou moins considerable à proportion de la masse & de la distance de la planete ajoutée ou retranchée.





CHAPITRE VII.

De la gravitation mutuelle des planetes entre elles, & des planetes avec le soleil.

Irrégularités que l'attraction du soleil produit dans le mouvement de la lune.

Fig. 43.

Tous les corps de notre système agissent & réagissent les uns sur les autres en raison inverse du quarré de leurs distances, & en raison directe de leurs masses.

Lorsque la lune se trouve dans son premier & dans son dernier quartier, elle est précisément comme si elle n'étoit attirée que par la terre, puisque ces deux corps sont alors attirés par le soleil.

Mais quand elle passe de son second quartier au point où elle est en conjonction, elle précipite son mouvement, parce qu'elle est plus attirée vers le soleil; comme elle le ralentit, quand elle va à son premier quartier, parce que le soleil l'attire moins.

Enfin , quand de son premier quartier elle va au point où elle est en opposition , pour revenir à son second quartier , son mouvement s'accélère encore , parce qu'elle obéit d'autant plus à l'attraction de la terre , qu'étant plus éloignée du soleil , elle en est moins attirée. Ajoutez à tout cela que cette double attraction produit encore des effets différents , suivant que la terre est dans son périhélie ou dans son aphélie.

Cette accélération & ce retardement du mouvement de la lune , sont donc un effet de l'attraction du soleil combinée avec l'attraction de la terre ; & la lune décrirait des aires proportionnelles aux temps , si elle n'étoit attirée que par notre globe. Les irrégularités de son cours ne sont donc pas une difficulté contre le système de Newton : elles le confirment au contraire.

Quelqu'éloignés que les satellites de jupiter & de saturne soient du soleil , ils sont assujettis à la même loi ; mais ils le sont d'autant moins , qu'ils sont à une plus grande distance : & quoique l'action du soleil ne puisse manquer d'altérer quelque peu leur cours , elle est si peu de chose en comparaison de l'action de saturne & de jupiter , que cette altération n'est pas sensible au télescope.

Pourquoi les irrégularités qu'elle cause dans les satellites de jupiter & de saturne , ne sont pas sensibles.

Irrégularités
produites
dans le cours
des planètes
par leur gra-
vitation mu-
tuelle.

Puisque les planetes agissent & réagissent aussi les unes sur les autres, elles doivent altérer mutuellement leur cours; & on remarque cette altération dans le cours de saturne & dans celui de jupiter, lorsque ces planetes sont toutes deux du même côté. Si l'on n'observe pas la même chose à l'occasion des autres planetes, c'est que leur masse étant beaucoup plus petite, l'action réciproque des unes sur les autres, ne peut pas changer d'une maniere assez sensible le cours que l'attraction du soleil leur prescrit. Le cours des cometes & celui des planetes doivent aussi s'altérer réciproquement, lorsque les cometes passent dans le voisinage des planetes.





CHAPITRE VIII.

Comment on détermine l'orbite d'une planete.

SI nous supposons d'abord qu'une planete décrit un cercle, dont le soleil est le centre, elle parcourt, en temps égaux, des arcs égaux; & si nous divisons le temps de sa révolution en parties égales, les aires sur lesquelles son rayon vecteur glissera, seront non-seulement égales, elles seront encore semblables.

On fait d'abord une premiere hypothese.

Voilà l'hypothese que les astronomes ont d'abord faite, d'après leurs premieres observations, & qu'ils ont ensuite abandonnée, lorsqu'ils ont eu mieux observé. En effet, elle ne s'accorde point avec le mouvement tantôt accéléré & tantôt retardé, qu'on observe dans le cours des planetes.

Que l'observation détruit

Il y a deux choses à remarquer dans cette accélération & dans ce retardement : l'une,

qu'une planete est tantôt plus près & tantôt plus loin que le soleil; l'autre, que son rayon vecteur parcourt en temps égaux des aires égales. Or, il est évident par tout ce que nous avons dit, pour expliquer les ellipses, qu'elle ne peut se mouvoir ainsi, qu'autant qu'elle décrit une orbite elliptique, & dont un des foyers est le centre de la révolution.

Fig. 44.
Et on fait des
hypotheses
jusqu'à ce
qu'elles soient
confirmées
par les obser-
vations.
Planche V.

Au lieu donc de représenter l'orbite de la planete par un cercle tel que $A B C b$, les astronomes l'ont représentée par une ellipse, $A m C n$. Ils ont d'abord tracé cette ellipse d'après les hypotheses, qui paroissent leur être indiquées par les observations; & ensuite ils ont observé de nouveau pour s'assurer de la vérité de leur hypothese, ou pour en reconnoître l'erreur. Lorsqu'ils ont vu que le cours de la planete ne s'accordoit pas avec l'ellipse qu'ils avoient imaginée, ils ont fait de nouvelles suppositions, pour corriger leurs méprises. Si, par exemple, l'ellipse étoit trop renflée, ils l'applatissoient; si elle étoit trop aplatie, ils la renfloient. C'est ainsi que d'observations en hypotheses, & d'hypotheses en observations, ils ont enfin réussi à tracer l'orbite d'une planete. Vous jugez qu'une pareille recherche demande beaucoup de sagacité & beaucoup de calculs, & c'est assez pour vous aujourd'hui, que vous en portiez ce jugement.

CHAPL



CHAPITRE IX.

Du rapport des distances aux temps périodiques.

DUX corps étant à une certaine distance, & une force de projection leur étant communiquée, ils seront transportés autour d'un centre commun; & si vous supposez que les forces centripètes & les forces centrifuges ne sont pas égales, les deux corps se rapprocheront ou s'éloigneront, jusqu'à ce que ces deux forces se balancent l'une & l'autre, & mettent l'équilibre entr'eux.

Il y a nécessairement un rapport entre les distances, & les temps périodiques.

Dès-là tout est déterminé, & la distance de ces corps, & les orbites qu'ils décrivent, & la vitesse avec laquelle ils les parcourent.

En effet, les loix de l'équilibre déterminent les différentes distances où chaque planète est, du centre de sa révolution: les différentes distances déterminent les différents points

de son orbite ; & les différents angles que fait la direction des forces , déterminent la vitesse dans chaque portion de la courbe. Il doit donc y avoir un rapport entre la distance & le temps périodique d'une planete, qui étant plus près du soleil acheve sa révolution, par exemple, en trois mois, & la distance & le temps périodique d'une planete, qui étant plus éloignée, acheve sa révolution en trente ans.

Kepler l'a découvert en observant les satellites de jupiter. Kepler a le premier découvert ce rapport. Il observa la distance des satellites de jupiter, & le temps de leur révolution : il remarqua que les quarrés des temps périodiques sont entr'eux, comme les cubes des distances.

Les planetes confirment cette observation. En observant les planetes, cette loi s'est généralisée : les quarrés de leurs révolutions autour du soleil sont toujours comme les cubes de leurs distances.

Newton la démontre par sa théorie. Enfin, Newton a calculé, & sa théorie a rendu raison d'une loi prouvée par les observations.

Avec la loi que suit l'attraction & les deux analogies de Kepler, il explique. Nous avons vu que l'attraction & la pesanteur agit en raison inverse du quarré des distances, ou pour s'exprimer autrement, que son action diminue en même proportion que le quarré de la distance augmente.

Nous avons vu aussi que les planetes décrivent, dans leur cours, des aires proportionnelles aux temps.

que le système
du monde.

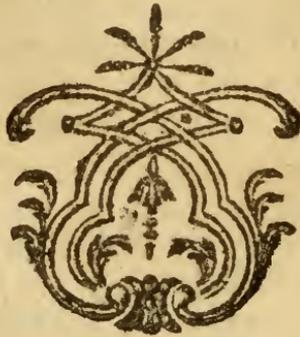
Enfin, nous venons de voir le rapport des temps périodiques aux distances. Or, Monseigneur, toutes ses loix s'accordent avec les phénomènes, & se démontrent les unes par les autres; il ne faut qu'observer & calculer pour s'en convaincre. Les deux dernières sont ce qu'on nomme les analogies de Kepler.

Aidé de ces principes, Newton trace aux planetes le chemin qu'elles doivent suivre; il leur fait décrire des ellipses autour du soleil qu'il place dans des foyers; & l'observation prouve qu'elles sont assujetties aux loix qu'il leur donne.

Il voit encore les comètes, lorsqu'elles échappent au télescope: à peine on lui montre quelques-uns des points, où elles ont passé, qu'il les suit rapidement dans des ellipses immenses, & il nous apprend à prédire leur retour. Il ne faut plus que des observations pour achever de confirmer ses résultats à cet égard, ou pour corriger ses méprises.

On connoît, par exemple, l'orbite de la lune, & le temps de sa révolution autour de la

terre ; on fait que cette orbite & le temps périodique sont un effet de la force de projection & de la pesanteur : on fait ce que la lune pese à 60 rayons , ce qu'elle peseroit sur la terre : on fait quelle est sa vitesse dans un cas , & quelle seroit sa vitesse dans l'autre ; & soit qu'on observe , soit qu'on calcule , les résultats sont les mêmes. C'est ainsi que toute la théorie de ce système est démontrée par l'évidence de fait & par l'évidence de raison.



CHAPITRE X.

De la pesanteur des corps sur différentes planetes.

C'EST une chose bien étonnante qu'on soit parvenu à peser en quelque sorte les corps célestes. Mais croiriez-vous qu'on détermine à peu-près le poids, qu'auroient sur la surface de saturne & celle de jupiter, les corps que nous pesons sur notre globe? Pouviez-vous prévoir que nous nous éleverions à ces connoissances, lorsque vous avez vu avec quelle ignorance nous avons commencé? mais lorsque nous observons & que nous raisonnons, transportés, pour ainsi dire, d'une planete dans l'autre, nous prenons la balance & nous pesons.

On est parvenu à déterminer le poids des mêmes corps sur différentes planetes.

Ces recherches demandent sans doute bien des calculs. Je n'entreprendrai pas de vous faire entrer dans tous ces détails: vous n'avez pas encore la main assez sûre pour tenir la ba-

lance ; & c'est beaucoup de vous faire voir dans l'éloignement, Newton pesant l'univers & ses parties.

Le poids d'un corps est plus grand à la surface d'une planète qu'à toute autre distance. Le poids d'un corps sur une planète n'est que l'effet de la force attractive qui agit de la planète sur un corps, & réciproquement du corps sur la planète.

Cette force est dans chaque particule ; elle est donc composée d'autant de forces particulières, qu'il entre de parties dans chaque masse. C'est donc une conséquence, qu'à distances égales, l'attraction soit toujours en proportion avec la quantité de matière.

Il suit de là que le poids des mêmes corps est plus grand à la surface d'une planète, qu'à toute autre distance ; qu'il l'est plus qu'au dessous de la surface même, quoique alors les corps soient plus près du centre. A, par exemple, si nous n'avions égard qu'au centre, devoit être d'autant plus attiré qu'il en seroit plus près : mais vous voyez que la matière qui s'étend au dessus, en diminue nécessairement le poids, à proportion qu'étant en plus grande quantité, elle attire davantage.

Fig. 45.

La masse & le diamètre d'une planète Si les planètes sont égales en masse & en volume, les mêmes corps peseront également sur leurs surfaces.

Si, étant inégales en masse, elles sont égales en volume, les mêmes corps, placés à la surface, peseront plus sur l'une & moins sur l'autre, & cela en raison de la quantité de matière qu'elles renferment.

étant connus, on peut juger du poids des corps à la surface.

Si nous les supposons inégales en volume, mais égales en masse, les corps transportés des plus petites sur les plus grandes, peseront en raison inverse, du quarré des distances.

Enfin, dans le cas où elles seront tout à la fois inégales en masse & en volume, les corps peseront en raison directe de la quantité de matière, & en raison inverse du quarré des distances.

Vous comprenez donc comment la masse & le diametre des planetes étant connus, on peut juger du poids qu'auroit sur chacune un corps qui pese ici une livre.

Sur jupiter la plus grande de toutes les planetes, les poids augmentent; mais ce n'est pas dans la même proportion que jupiter surpasse la terre en quantité de matière: car, si les corps qui sont à la surface, sont attirés par une plus grande masse, ils sont aussi moins attirés par le centre dont ils sont plus éloignés. Ainsi sur la surface de jupiter, qui a 200 fois autant

Sur la surface de jupiter un corps a le double du poids, qu'il auroit sur notre globe.

de matiere que la terre, on trouve que le poids du corps n'est que le double de ce qu'il est sur la surface de notre globe.

De même sur la surface de la lune, les corps pesent plus à proportion, que sur la surface de la terre : il est vrai, que cette planete a 40 fois moins de matiere ; mais aussi les points de sa surface sont moins éloignés du centre, puisque son diametre est à celui de la terre comme 100 est à 365.

C'est ainsi que d'après la masse & le diametre d'une planete, on juge du poids du corps à sa surface. Mais il est à propos de vous avertir que dans ces choses, il n'est pas possible de saisir la vérité dans une précision exacte ; il faut se contenter d'en approcher, & vous convieurez que c'est beaucoup.





CHAPITRE XI.

Conclusion des chapitres précédents.


UE l'homme, Monseigneur, est tout-à-la-fois ignorant & sublime ! Pendant que chaque corps paroît se cacher à lui, l'univers se dévoile à ses yeux ; & il saisit le système de ces choses, dont la nature lui échappe. Placez en équilibre ce fléau de balance sur la pointe d'une aiguille, vous ferez du bout du doigt tourner autour d'un même centre les corps qui sont aux extrémités : voilà en quelque sorte l'image de l'univers, & c'est ainsi que Newton le soutient & le fait mouvoir.


 L'univers
 n'est qu'une
 balance.

Pour peu que vous réfléchissiez sur la balance, le levier, la roue, les poulies, le plan incliné & le pendule ; vous verrez que ces machines & d'autres plus composées, se réduisent à une seule, la balance ou le levier. L'identité est sensible ; elles prennent différentes formes pour produire plus comme-

dément des effets différents : mais dans le principe, toutes ne font qu'une même machine.

Or, notre univers n'est qu'une grande balance. Le soleil, arrêté au bras le plus court, est en équilibre avec les planetes placées à différentes distances : & tous ces corps se meuvent sur un point d'appui, qu'on nomme centre commun de gravité.

Cette comparaison suffit pour vous faire comprendre comment toutes ces masses sont réglées dans leur cours par cette même force qui fait tomber ce cahier, si vous cessez de le soutenir. La pesanteur est la loi générale : c'est par elle que le soleil emporte autour de lui mercure, venus, la terre, mars, jupiter, saturne, leurs lunes ou leurs satellites, & les cometes.

Toutes les vérités possibles se réduisent à une seule.

Or, comme toutes les machines, depuis la plus simple jusqu'à la plus composée, ne sont qu'une même machine, qui prend différentes formes pour produire des effets différents ; de même les propriétés qu'on découvre dans une suite de machines, toutes plus composées les unes que les autres, se réduisent à une première propriété, qui, se transformant, est tout à la fois une & multiple. Car s'il n'y a dans le fond qu'une machine,

il n'y a dans le fond qu'une propriété. C'est ce dont vous serez convaincu si vous considérez que nous ne nous sommes élevés de connoissance en connoissance, que parce que nous avons passé de propositions identiques en propositions identiques. Or, si nous pouvons découvrir toutes les vérités possibles, & nous en assurer d'une manière évidente, nous ferions une suite de propositions identiques, égales à la suite des vérités; & par conséquent nous verrions toutes les vérités se réduire à une seule. S'il y a donc des vérités dont l'évidence nous échappe, c'est que nous ne pouvons pas découvrir qu'elles sont identiques avec d'autres vérités que nous connoissons évidemment; & tout vous prouve que l'identité est, comme je l'ai dit, le seul signe de l'évidence.

Je me suis borné jusques à présent aux connoissances, que l'évidence de fait & l'évidence de raison nous donnent sur le système du monde. Il reste donc encore bien des choses à étudier. Je vous en enseignerai une partie, en traitant des autres moyens de nous instruire. Ce sera le sujet des livres suivans.





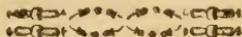
LIVRE QUATRIEME.

*Des moyens par lesquels nous tâchons
de suppléer à l'évidence.*



CHAPITRE I.

Réflexions sur l'attraction.



Vous avez vu les loix que suit l'attraction, lorsqu'elle agit à des distances considérables : mais il y en a une autre qui agit à de fort petites distances, & dont les loix ne sont pas également connues.

Ce seroit une erreur de supposer que l'attraction suit toujours la même loi.

Pourquoi l'attraction se montre-t-elle en général dans tout corps ? C'est sans doute parce qu'elle est dans chaque particule, & c'est ce qui a fait remarquer que cette force est tou-

jours proportionnelle à la quantité de matiere. Il sembleroit donc qu'elle devoit toujours suivre la même loi, &, par conséquent, agir toujours en raison inverse du quarré de la distance. Or, cela n'est pas, & c'en est assez pour vous faire comprendre la nécessité de joindre l'observation au raisonnement : c'est le seul moyen de s'assurer d'une vérité physique.

Cependant à peine les philosophes ont trouvé une loi, confirmée par l'expérience dans quelques cas, qu'ils se hâtent de la généraliser, croyant tenir tout le secret de la nature. Si cette maniere de philosopher est commode, elle n'est certainement pas la plus sage. Il faut généraliser, sans doute; c'est le seul moyen de saisir la chaîne des vérités, de mettre de l'ordre dans ses connoissances; mais la manie de généraliser a souvent égaré; elle est le principe de tous les mauvais systêmes.

Il faut être en garde contre la manie de généraliser

Les Newtoniens ne sont pas tombés à cet égard dans les plus grands excés; des expériences trop frappantes les en ont garantis: cependant tous ne sont pas exempts de reproches. En voulant tout rapporter au principe de l'attraction, ils se sont souvent contentés de raisons vagues, & qu'on peut tout au plus regarder comme ingénieuses.

Les Newtoniens ne sont pas tout-à-fait exempts de reproches à cet égard.

Attraction
qui n'a lieu
qu'au point
du contact ou
que très près
de ce point.

Les petites parties de matiere s'attirent fortement au point du contact , ou très près de ce point ; mais à une petite distance cette force décroît tout à coup , & devient nulle : des parties d'eau , par exemple , forment une goutte , aussitôt qu'elles se touchent ; & pour peu qu'elles soient écartées , elles n'agissent plus l'une sur l'autre. On ne fait pas les mêmes observations à l'occasion des particules d'air , de feu , & de lumiere. Pourquoi donc ces fluides ne forment ils pas des gouttes , si , comme on le suppose , l'attraction se trouve également dans toutes les parties de la matiere ? on ne dira pas sans doute que les particules de ces fluides ne se touchent jamais : on l'avanceroit sans preuve : il y a donc ici un mystere , que nous ne saurions pénétrer. Je ne prétends pas conclure de là que les particules d'air , de feu , & de lumiere ne sont pas sujettes à s'attirer mutuellement ; je prétends seulement que nous n'en savons pas encore assez , pour appliquer également ce principe à toutes les particules de la matiere : s'il est général , il ne produit pas toujours les mêmes effets ; son action varie suivant les cas , & il se déguise au point qu'il faudra encore bien des expériences pour le reconnoître par tout. Je vais vous donner quelques exemples de cette attraction, qui agit à de petites distances.

Exemples de
cette attrac-
tion.

Deux glaces polies, nettes & seches s'attachent l'une à l'autre, & on ne les peut plus séparer qu'avec effort. La même chose arrive dans le vuide; & c'est une preuve qu'on ne sauroit attribuer cette cohésion à la pression de l'air environnant.

Mettez entre ces glaces un fil de soie fort fin, il faudra moins de force pour les écarter. Séparez les par deux fils tordus ensemble, par trois, vous trouverez encore moins d'obstacle. Cela paroît prouver que l'attraction réciproque de ces glaces diminue, à proportion qu'elles sont plus éloignées l'une de l'autre.

Plongez un corps solide dans un fluide, & soulevez-le doucement; la liqueur y restera attachée, & formera une petite colonne entre le solide & la surface du liquide. Elevez le solide plus haut, la colonne se détache & tombe; c'est que l'attraction, qui l'a soulevée, cède à la pesanteur.

Je ne vous parlerai pas des expériences qui semblent prouver que l'attraction détourne de la ligne droite les rayons de lumière. Je ne vous parlerai pas non plus de l'attraction du magnétisme, ni de celle de l'électricité, qui agissent à des distances plus sensibles: toutes ces choses

Combien l'attraction agit différemment suivant la variété des circonstances.

viendront dans leur temps. Je me contenterai seulement de vous faire remarquer que, dans tous ces cas, rien n'est moins uniforme que les loix que suit l'attraction; & que vraisemblablement plus nous ferons d'expériences, plus nous trouverons que ce principe agit différemment.

Ce n'est pas à dire que ce principe ne soit pas général: car l'action d'une cause doit être différente suivant la différence des circonstances. Mais il faudroit voir toutes les circonstances, pour voir comment il agit dans toutes. Or, j'ai bien peur que nous n'en sachions jamais assez. Il ne nous reste donc qu'à suspendre notre jugement.

Comment d'après l'attraction, les Newtoniens expliquent la solidité & la fluidité.

C'est cependant d'après un principe si peu connu que des Newtoniens ont entrepris d'expliquer la solidité, la fluidité, la dureté, la mollesse, l'élasticité, la dissolution, la fermentation, &c. Je vais vous donner en peu de mots une idée de la manière dont ils raisonnent.

Vous avez vu deux attractions; l'une qui agit à raison du quarré de la distance, & l'autre qui n'agit qu'au point du contact, ou qui du moins s'évanouit à la moindre distance. C'est cette

cette seconde attraction qui convient aux atômes, c'est-à-dire, aux plus petites parties dont on suppose que les corps sont composés.

Dès que ces particules ne s'attirent qu'au point du contact, leur force attractive doit être proportionnelle aux surfaces qui se touchent; & les parties un peu éloignées des surfaces ne contribuent en rien à la cohésion.

Or, il y a à proportion plus de surface dans un petit corps que dans un grand. Vous voyez, par exemple, qu'un dé a six faces égales. Placez-en deux l'un sur l'autre, & considérez-les comme un seul corps double du premier, vous remarquerez que les faces ne sont pas comme les masses. Car dans le double dé, elles ne sont pas comme douze, double de six, mais seulement comme dix. Quelque jour la géométrie vous démontrera cette proposition; il me suffit, pour le présent, de vous en donner un exemple sensible.

Or, supposons des atômes dont les surfaces soient planes, & d'autres dont les surfaces soient sphériques. Les premiers s'attacheront fortement, parce qu'ils se touchent dans tous les points de leur surface: voilà les corps solides formés. Les autres ne se touchent que dans un point

infiniment petit : ils ne s'attacheront donc presque pas ensemble, & c'est de ces corpuscules que se forment les fluides, dont les parties cèdent au moindre effort.

La dureté.

Varions la figure des atômes, la contexture variera dans les corps. Il y aura plus ou moins de vuide, & les surfaces intérieures se toucheront dans plus ou moins de parties. De là les corps plus ou moins durs.

La mollesse.

Supposons qu'un corps soit comprimé par un poids, enforte que les particules élémentaires ayant été éloignées de leur premier point de contact, viennent à se toucher dans d'autres points; & qu'alors se collant ensemble dans une situation différente de celle où elles se trouvoient avant la pression, elles restent dans cette situation : un corps, qui se prête aussi facilement à toutes les formes qu'on veut lui faire prendre, est ce qu'on appelle un corps mou.

L'élasticité,

Mais si la pression, assez grande pour déranger le premier contact, ne l'a pas été assez pour en produire un nouveau, les particules reprendront leur première situation, aussi-tôt que la pression cessera. Tel est le phénomène de l'élasticité.

Si les particules d'un corps dur, plongé dans un fluide, s'attirent réciproquement avec moins de force qu'elles ne sont attirées par les particules du fluide, il se dissoudra, & il se répandra çà & là en petites parties. Voilà la dissolution.

La dissolution.

Si des corpuscules élastiques nagent dans un fluide, & s'attirent réciproquement, ils se heurteront & s'écarteront après le choc. Ainsi continuellement attirés & réfléchis, ils seront transportés en tout sens d'un mouvement toujours plus rapide. C'est ainsi que se fait la fermentation & l'ébullition.

La fermentation & l'ébullition.

Toutes ces explications sont fort ingénieuses; elles le sont même beaucoup plus que tout ce qu'on avoit imaginé avant le Newtonianisme. Mais nous ne trouvons point ici cette évidence qui résulte de l'accord du raisonnement & de l'observation; & dans cette occasion les Newtoniens imaginent plutôt qu'ils ne raisonnent.

Défaut de ces explications.

Pourquoi avons-nous regardé l'attraction comme la cause du mouvement des corps célestes? C'est que l'observation & le raisonnement conspirent ensemble: l'un & l'autre démontrent les loix suivant lesquelles ce principe

agit. Mais lorsque nous considérons les particules de la matière, nous ne pouvons plus déterminer ces loix avec précision. Or, si nous ne pouvons pas les déterminer, comment nous assurer que l'attraction est la seule cause des phénomènes? Il se peut qu'elle le soit; mais ignorant la manière dont elle agit, comment nous en assurer? il n'y a point de règle pour bien raisonner, quand les observations manquent.

Tantôt l'action des corps qui s'attirent est en raison inverse du carré de la distance, tantôt elle n'est sensible qu'au point du contact. Pourquoi cette différence? Je conviens que les circonstances variant, le même principe doit agir suivant des loix qui varient également. Mais, encore un coup, quelle est la variété des circonstances, & quelle variété la différence des circonstances doit-elle mettre dans les loix? Voilà ce qu'il faudroit exactement connoître, avant de raisonner sur les phénomènes.

Il n'y a vraisemblablement qu'un seul principe: mais est-ce l'attraction? en est-ce un autre? C'est ce que nous ignorons. Supposons que ce soit l'attraction; il est au moins démontré que nous ne savons pas quelle en est la première loi. Ce n'est pas celle du carré, puisqu'elle

n'a pas lieu par rapport aux particules de la matiere ; ce n'est pas celle du contact, puisqu'elle ne se manifeste pas dans les phénomènes de ces corps qui roulent au-dessus de nos têtes : ni l'une ni l'autre n'est uniforme, ni universelle. Il y a donc une loi plus générale, dont celles-ci ne sont que des conséquences. Or quelle est-elle ?

Il reste donc à découvrir un principe plus général que l'attraction, ou du moins une loi plus générale que toutes celles qu'on a observées. Qu'on fasse des hypothèses, puisqu'on aime à en faire ; mais que sur-tout on fasse des expériences, & peut-être on parviendra à de nouvelles découvertes. Newton a si fort reculé les bornes de nos connoissances, qu'on peut se flatter de les reculer encore ; & il seroit aussi téméraire d'affirmer qu'on ne peut plus rien découvrir, qu'il seroit peu raisonnable d'affirmer qu'on a tout découvert.

L'attraction existe ; on n'en peut pas douter. Mais est-ce une qualité essentielle à la matiere ? Est-ce une qualité primordiale ? Voilà, Monseigneur, une question qui tourmente les philosophes. Eh ! qu'importe qu'elle soit essentielle ou primordiale ? c'est un phénomène, & c'est assez. N'êtes-vous pas étonné de voir des hommes vouloir décider de ce qui est essentiel

Question vaine au sujet de l'attraction.

à une chose dont ils ne connoissent pas l'essence ?
Toujours les philosophes s'occupent à disputer
sur ce dont ils n'ont point d'idées : s'ils em-
ploient le même temps à observer , la phi-
losophie feroit plus de progrès.

Qu'est-ce donc enfin que l'attraction ? C'est
un phénomène qui en explique plusieurs autres ;
mais qui est encore bien éloigné de les expli-
quer tous , & qui suppose lui-même , ou paroît
au moins supposer un principe plus général.





CHAPITRE II.

De la force des conjectures.

Les conjectures sont le degré de certitude le plus éloigné de l'évidence ; mais ce n'est pas une raison pour les rejeter. C'est par elles que toutes les sciences & tous les arts ont commencé : car nous entrevoyons la vérité, avant de la voir ; & l'évidence ne vient souvent qu'après le tâtonnement. Le système du monde que Newton nous a démontré , avoit été entrevu par des yeux qui n'avoient pu le saisir , parce qu'ils ne savoient pas encore assez voir.

Utilité des
conjectures.

L'histoire de l'esprit humain prouve que les conjectures sont souvent sur le chemin de la vérité. Nous serons donc obligés de conjecturer , tant que nous aurons des découvertes à faire ; & nous conjecturerons avec d'autant plus de sagacité , que nous aurons fait plus de découvertes.

Excès à éviter.

Il y a ici, Monseigneur, des excès à éviter ; car les philosophes peuvent être crédules par présomption, & incroyables par ignorance.

Les uns, parce qu'on a l'évidence dans quelques cas, ne veulent plus rien croire, lorsque l'évidence manque. Quelques uns même se refusent à l'évidence ; & parce qu'il y a des opinions incertaines, ils veulent que tous les systèmes soient incertains. D'autres enfin s'abandonnent aux plus petites vraisemblances : la vérité leur parle toujours, ils la voient, ils la touchent. Ce sont des hommes qui rêvent éveillés, & qui sont fort surpris, lorsqu'on ne rêve pas comme eux.

Il faut quelquefois faire des conjectures pour arriver à l'évidence.

Les hommes se sont trompés de tant de façons, qu'on seroit presque tenté de croire qu'il ne reste plus de nouveau chemin pour s'égarer. La philosophie est un océan, & les philosophes ne sont souvent que des pilotes, dont les naufrages nous font connoître les écueils que nous devons éviter. Etant venus après eux, nous avons l'avantage de voguer avec plus de sûreté sur une mer, où ils ont été plus d'une fois le jouet des vents. Sondons cependant avec soin, & craignons de nous exposer dans des parages, où nous ne saurions pas quelle route tenir.

Quand le temps est serein , un bon pilote ne s'égare pas : l'étoile polaire paroît placée dans les cieux pour lui montrer par où il doit diriger sa course. Mais s'il n'a plus de guide sûr , quand les nuages obscurcissent les airs , il ne désespère pas pour cela de son salut : jugeant par estime du lieu où il est , & du chemin qu'il doit prendre , il conjecture , il avance avec plus de précaution , il ne précipite pas sa marche , il attend que l'astre qui doit le guider , se montre à lui. C'est ainsi que nous devons nous conduire. L'évidence peut ne pas se montrer d'abord : mais en attendant qu'elle paroisse , nous pouvons faire des conjectures ; & lorsqu'elle se montrera , nous jugerons si nos conjectures nous ont mis dans le bon chemin.

Le plus foible degré de conjecture est celui où n'ayant pas de raison pour assurer une chose , on l'assure uniquement parce qu'on ne voit pas pourquoi elle ne seroit pas. Si l'on se permet ces conjectures , ce ne doit être que comme des suppositions , & il ne faut pas négliger de faire les recherches propres à les détruire ou à les confirmer.

Quel est le plus foible degré de conjecture.

Si on ne veille pas sur soi , on donnera à cette maniere de raisonner plus de poids qu'elle

Usage qu'on en doit faire.

n'en a : car nous sommes portés à croire une chose, quand nous ne voyons pas pourquoi on la nieroit.

C'est ainsi qu'aussitôt qu'on fut assuré que les planetes tournent autour du soleil, on supposa que leurs orbites étoient des cercles parfaits, dont le soleil occupoit le centre, & qu'elles les parcouroient d'un mouvement égal. On n'en jugeoit ainsi, que parce qu'on n'avoit pas de raison d'en juger autrement ; & on le croiroit encore, si les observations n'avoient pas obligé de déplacer le soleil, de tracer de nouvelles routes aux planetes, de précipiter & de ralentir tour-à-tour leurs mouvements. Avant ces observations personne n'avoit prévu qu'on dût jamais changer rien aux premieres suppositions ; non qu'on eût des raisons pour les préférer, mais parce qu'on n'en avoit pas pour les rejeter. Des cercles parfaits, un centre & des mouvements toujours égaux sont des idées si claires, si faciles à saisir, que, croyant qu'elles sont les plus simples pour la nature, parce qu'elles sont les plus simples pour nous, nous jugeons qu'elle les a choisies, comme nous les aurions choisies nous-mêmes, & nous les adoptons sans soupçonner qu'elles aient besoin d'être examinées. Mais si à tout cela on veut substituer

des mouvements inégaux, des orbites excen-
triques elliptiques, &c. l'esprit ne fait plus
sur quoi se fixer; il ne peut plus déterminer
ces mouvements & ces orbites: il n'est plus
si à son aise dans cette opinion, & il de-
mande pourquoi il la préféreroit.

Les conjectures du second degré sont celles,
où, de plusieurs moyens dont une chose peut
être produite, on préfère celui qu'on imagine
le plus simple, sur cette supposition que la
nature agit par les moyens les plus simples.

Second degré
de conjecture.

Cette supposition est vraie en général: mais
dans l'application elle peut faire tomber dans
l'erreur. Il est certain que si une première loi
suffit pour produire une suite de phénomènes,
Dieu n'en a pas employé deux; que s'il en a
fallu deux, il les a employés, & qu'il n'en
a pas employé une troisième. Ainsi les pre-
mières loix de l'univers sont simples, parce
que toutes sont également nécessaires relati-
vement aux phénomènes qui doivent être pro-
duits.

Sur quoi il
est fondé.

Mais cette loi agit différemment suivant
les circonstances, & de là, il arrive qu'il y
a nécessairement une multitude de loix sub-
ordonnées, & qu'il y a des effets compli-

Combien il
est peu sûr.

qués, c'est-à-dire, produits par une multitude de causes qui se croisent, ou qui se modifient.

Le système le plus simple est certainement celui où une seule loi suffit à la conservation de l'univers entier. Or, la simplicité de ce système ne subsisteroit plus si chaque phénomène étoit produit par une cause particulière & unique. Ce seroit compliquer le tout que de supposer autant de causes que de phénomènes; & il est plus simple que plusieurs causes concourent à la production de chacun, lorsque ces causes existent déjà, & qu'elles font autant de conséquences d'une première loi. Il doit donc y avoir dans la nature beaucoup d'effets compliqués, & qui par cette raison même n'en font que plus simples & plus réguliers.

Erreurs où il
fait tomber.

Mais le philosophe à qui il est impossible de voir le rapport d'un effet au tout, tombe dans l'inconvénient de juger compliqué ce qui ne l'est pas, ou du moins ce qui ne l'est que par rapport à lui: & jugeant témérairement de la simplicité des voies de la nature, il suppose qu'une cause qu'il a imaginée, est la vraie & l'unique; parce qu'elle suffit, selon lui, pour expliquer un phénomène, dont il cherche la raison.

Ainsi ce principe, *la nature agit toujours par les voies les plus simples*, est fort beau dans la spéculation, mais il est rare qu'on puisse l'appliquer.

Ce degré de conjecture a d'autant plus de force, qu'on est plus sûr de connoître tous les moyens dont une chose peut être produite, & qu'on est plus en état de juger de leur simplicité; il en a moins au contraire, si on n'est pas sûr d'avoir épuisé tous ces moyens, & si on n'est pas capable de juger de leur simplicité : c'est le cas ordinaire aux philosophes.

Comment il acquiert de la certitude.

Les conjectures ne sont donc fondées, qu'à proportion, qu'en comparant tous les moyens, on a lieu de s'assurer de plus en plus, combien celui qu'on a préféré est simple, & combien les autres sont compliqués.

Il est évident, par exemple, que la révolution du soleil peut être produite par son mouvement ou par celui de la terre, ou par tous deux à la fois : il n'y a pas un quatrième moyen.

Or, le moyen le plus simple c'est de faire tourner la terre sur elle-même, & autour du

soleil. Vous en serez convaincu : mais vous remarquerez que ce principe n'est pas ce qui démontre le mieux la vérité du système de Copernic.

On veut toujours rapporter tout à une seule cause : ce défaut est général. Il semble qu'on entende les philosophes crier de tous côtés ; *les moyens de la nature sont simples. Mon système est simple, mon système est donc celui de la nature.* Mais encore un coup, il est rare qu'ils soient juges de ce qui est simple & de ce qui ne l'est pas.

Les conjectures ne sont pas des vérités, mais elles doivent ouvrir le chemin à la vérité.

On ne doit s'arrêter à des conjectures qu'autant qu'elles peuvent frayer un chemin à de nouvelles connoissances. C'est à elles à indiquer les expériences à faire : il faut qu'on ait quelque espérance de pouvoir un jour les confirmer, ou de pouvoir y substituer quelque chose de mieux ; & , par conséquent, il n'en faut faire qu'autant qu'elles peuvent devenir l'objet de l'évidence de fait & de l'évidence de raison.

Rien n'est donc moins solide qu'une conjecture, qui est de nature à ne pouvoir jamais être confirmée ni détruite. Telle sont, par exemple, celles des Newtoniens pour expliquer la solidité, la fluidité, &c.

L'histoire est le véritable champ des conjectures. Le gros des faits a une certitude qui approche beaucoup de l'évidence, & qui, par conséquent, ne permet pas de douter. Il n'en est pas de même des circonstances. Les règles qu'il faut suivre en pareil cas sont très délicates : mais, comme je vous l'ai dit, vous n'êtes pas encore en état d'entrer dans cette recherche.

L'histoire est
le véritable
champ des
conjectures.





CHAPITRE III.

De l'analogie.



L'ANALOGIE est comme une chaîne qui s'étend depuis les conjectures jusqu'à l'évidence. Ainsi vous voyez qu'il y en a plusieurs degrés, & que tous les raisonnements qu'on fait par analogie, n'ont pas la même force; essayons de les apprécier.

L'analogie a différents degrés de certitude.

On raisonne par analogie, lorsqu'on juge du rapport qui doit être entre les effets, par celui qui est entre les causes; ou lorsqu'on juge du rapport qui doit être entre les causes, par celui qui est entre les effets.

Analogie des effets à la cause & de la cause aux effets.

Que les révolutions diurnes & annuelles, & la variété des saisons sur la terre soient, par exemple, les effets que nous remarquons, & dont il s'agit de chercher la cause par analogie.

Exemple où l'analogie prouve que la terre se meut sur elle-même & autour du soleil.

Nous

Nous ne sommes pas dans les autres planètes pour y remarquer les mêmes effets : mais nous en voyons qui décrivent des orbites autour du soleil, qui ont sur elles-mêmes un mouvement de rotation, & dont l'axe est plus ou moins incliné. Voilà des causes. Ainsi d'un côté en observant la terre nous remarquons des effets ; & d'un autre côté en observant les planètes nous remarquons des causes.

Or, il est évident que ces causes doivent produire dans ces planètes des périodes qui répondront à nos années, à nos saisons & à nos jours. Ainsi nous descendons des causes aux effets.

Mais puisque les effets sont de la même espèce que ceux que nous observons sur la terre, nous pouvons remonter des effets à la cause & donner à la terre un mouvement de rotation & un mouvement de révolution autour du soleil.

D'un côté, les effets sont : *années, saisons, jours* ; d'un autre, les causes sont, *rotation autour de l'axe, révolution autour du soleil, inclinaison de l'axe*

Nous remarquerons ces causes dans jupiter

& considérant qu'elles y doivent produire des années, des saisons & des jours, nous concluons par analogie que la terre qui est comme jupiter, un globe suspendu, n'a des années, des saisons & des jours que parce qu'elle a deux mouvements; l'un de rotation autour de son axe incliné, l'autre autour du soleil. Voilà la plus forte analogie.

C'est juger d'après l'évidence de raison que de juger d'une cause par un effet qui ne peut être produit que d'une seule manière: lorsque l'effet peut être produit de plusieurs, c'est en juger par analogie que de dire: là, il est produit par telle cause; donc ici, il ne doit pas être produit par une autre.

Analogies
qui viennent
à l'appui.

En pareil cas, il faut que de nouvelles analogies viennent à l'appui de la première. Or, il y en a deux qui prouvent le mouvement de la terre autour du soleil.

Vous verrez dans la suite comment l'observation démontre que la terre est à une plus grande distance du soleil que vénus, & à une moindre que mars. Cela étant, rappelez vous les principes que nous avons établis & vous jugerez qu'elle doit employer à sa révolution moins de temps que mars, & plus que vénus. C'est précisément ce que l'observation

confirme : car la révolution de vénus est de huit mois , celle de la terre d'un an , & celle de mars de deux.

La dernière analogie est tirée de cette règle de Képler : *les quarrés des temps périodiques sont proportionnels aux cubes des distances.* Disons donc :

Comme 729 , quarré de 27 , qui est le temps de la révolution de la lune est à 133225 , quarré de 365 , qui est le temps de la révolution supposée faite par le soleil ; ainsi 216000 , cube de 60 , qui est la distance de la lune en demi-diametres de la terre est à un quatrième terme. Or , cette opération nous donneroit 39460356 dont la racine cubique est 340. La terre ne seroit donc éloignée du soleil que de 340 rayons. Or , il est démontré par l'observation , que sa distance est au moins trente fois plus grande. Il est donc également démontré que ce n'est pas le soleil qui tourne.

Sur quel fondement voudroit-on que la terre fût une exception à une loi que l'observation & le calcul rendent générale ? le préjugé n'auroit pour lui que l'apparence , & par conséquent, il est sans fondement. Transportons nous successivement dans toutes les planètes :

elles nous paroîtront tour-à-tour chacune immobile, & le mouvement du soleil nous paroîtra plus ou moins rapide, à mesure que nous passerons de l'une dans l'autre. De saturne nous jugerons qu'il acheve sa révolution en 30 ans, de jupiter en 12, de mars en 2, de vénus en 8 mois, de mercure en 3; comme nous jugeons qu'il l'acheve autour de la terre en un an. Or, le soleil ne faudroit avoir tous ces mouvements à la fois, & il n'y a pas plus de raison pour lui attribuer celui qui est apparent de la terre que celui qui le seroit de toute autre planete. Comme nous voyons d'ici l'erreur où seroit un habitant de jupiter, qui se croiroit immobile; il voit également que nous nous trompons, si nous jugeons que tout tourne autour de nous.

De toutes les planetes il n'y a que mercure dont la révolution autour du soleil échappe aux yeux des observateurs. Le voisinage où il est de cet astre en est cause: mais l'analogie, soutenue par les principes que nous avons établis, ne permet pas d'en douter. Cette planete tomberoit dans le soleil, si elle n'étoit emportée d'un mouvement rapide autour de cet astre.

Analogie qui n'est fondée Saturne & mercure sont les deux seules planetes dont on n'a pas encore pu observer la

rotation : mais nous pouvons la supposer par analogie.

que sur des
rapports de
ressemblances

Peut être la rotation doit-elle être l'effet de la révolution de saturne autour du soleil, & de celle de ses satellites autour de lui-même ; cependant cela n'est pas démontré. Ainsi l'analogie ne conclut point ici de l'effet à la cause, ni de la cause à l'effet : elle ne conclut que sur des rapports de ressemblance : elle a donc moins de force.

Il pourroit absolument se faire que saturne tournât autour du soleil, comme la lune autour de la terre, en lui présentant toujours le même hémisphere, & alors, son mouvement de rotation seroit extrêmement lent. Mais il y a une considération qui semble détruire cette supposition : c'est que dans l'éloignement où il est du soleil, ses hémispheres ont encore plus besoin d'être successivement éclairés. Ce besoin est même une preuve d'autant plus forte, qu'on ne peut pas imaginer que l'auteur de la nature ne l'ait pas fait tourner plus rapidement sur son axe ; lui qui a pris les précautions de lui donner plusieurs satellites & un anneau lumineux.

Quant à la rotation de mercure, elle est également fondée sur l'analogie, & sur ce que

d'ailleurs le voisinage du soleil semble demander que le même hémisphere ne soit pas continuellement exposé à l'ardeur des rayons.

Ajoutons à ces considérations, que la rotation dans les planetes où nous l'observons, est l'effet de quelque loi qui agit également sur toutes. Quelle que soit donc cette loi, elle doit à peu de choses près produire les mêmes phénomènes dans mercure & dans saturne, qu'elle produit ailleurs. Car tout système suppose un même principe qui agit sur toutes les parties, & qui, par conséquent, produit par-tout des effets du même genre.

Analogie fondée sur le rapport à la fin.

Nous avons vu une analogie qui conclut de l'effet à la cause, ou de la cause à l'effet: nous en avons vu une autre qui conclut sur des rapports de ressemblance: il y en a une troisième qui conclut sur le rapport à la fin.

Elle prouve que les planetes sont habitées.

Si la terre a une double révolution, c'est afin que ses parties soient successivement éclairées & échauffées: deux choses qui ont pour fin la conservation de ses habitants. Or, toutes les planetes sont sujettes à ces deux révolutions. Elles ont donc également des habitants à conserver.

Cette analogie n'a pas autant de force que

celle qui est fondée sur le rapport des effets aux causes. Car ce que la nature fait ici pour une fin, il se peut qu'elle ne le permette ailleurs, que comme une suite du système général. Cependant sur quoi jugeons nous que tout est subordonné à la terre ? sur les mêmes raisons que nous jugerions tout subordonné à saturne, si nous l'habitons. Or, des raisons qui prouvent également pour toutes les planetes ne prouvent pour aucune. Il ne faut donc pas croire que le système de l'univers n'ait pour fin qu'un atôme, qui paroît se perdre dans l'immensité des cieux ; & ce seroit attribuer des vues bien petites à la nature, que de penser qu'elle n'a placé tous les points lumineux au-dessus de nos têtes, que pour faire un spectacle digne de nos regards. D'ailleurs pourquoi en a-t-elle créé que nous avons été si longtemps sans appercevoir, & tant d'autres vraisemblablement que nous n'appercevrons jamais ? ces opinions sont trop vaines & trop absurdes.

Il est donc prouvé que les cieux ne sont pas un immense désert, créé seulement pour une vue aussi courte que la nôtre. L'analogie ne permet pas de douter lorsque vous considérez la chose en général : mais si vous voulez juger de telle planete, de vénus, par exemple, l'analogie n'a plus la même force ; car

rien ne vous démontre qu'il n'y a pas d'exception, & que l'exception ne tombe pas sur vécus. Cependant il seroit encore plus raisonnable de la supposer habitée.

Elle ne prouve pas le même que les comètes le sont.

Mais quel jugement porterons-nous des comètes ? il me semble que l'analogie ne nous en approche pas encore assez : nous les connoissons trop peu. Les grandes variations qui leur arrivent dans leur passage de l'aphélie au périhélie, ne nous permettent pas de comprendre comment les habitants pourroient s'y conserver.

Quant au soleil, ou plutôt à tous les soleils que nous nommons étoiles fixes, on peut se borner à juger qu'ils sont subordonnés aux mondes qu'ils éclairent & qu'ils échauffent.

Exemple où les différents degrés d'analogie sont rendus sensibles.

Je joindrai encore un exemple, afin de vous faire mieux sentir tous les différents degrés d'analogie.

Je suppose deux hommes qui ont vécu si séparés du genre humain, & si séparés l'un de l'autre, qu'ils se croient chacun seul de leur espèce. Il faut me passer la supposition toute violente qu'elle est. Si la première fois qu'ils se rencontrent, ils se hâtent de porter l'un de l'autre ce jugement, *il est sensible*

comme moi, c'est l'analogie dans le degré le plus foible: elle n'est fondée que sur une ressemblance qu'ils n'ont points encore assez étudiée.

Ces deux hommes, que la surprise a d'abord rendus immobiles, commencent à se mouvoir, & l'un & l'autre raisonnent ainsi : *le mouvement que je fais est déterminé par un principe qui sent : mon semblable se meut. Il y a donc en lui un pareil principe.* Cette conclusion est appuyée sur l'analogie, qui remonte de l'effet à la cause ; & le degré de certitude est plus grand, que lorsqu'elle ne portoit que sur une première ressemblance : Cependant ce n'est encore qu'un soupçon. Il y a bien des choses qui se meuvent, & dans lesquels il n'y a point de sentiment. Tout mouvement n'a donc pas avec le principe sentant le rapport nécessaire de l'effet à la cause.

Mais si l'un & l'autre dit : *je remarque dans mon semblable des mouvements toujours relatifs à sa conservation ; il recherche ce qui lui est utile, il évite ce qui lui est nuisible, il emploie la même adresse, la même industrie que moi, il fait, en un mot, tout ce que je fais moi-même avec réflexion.* Alors il lui supposera avec plus de fondement le même principe de sentiment qu'il apperçoit en lui-même.

S'ils considèrent ensuite qu'ils sentent & qu'ils se meuvent l'un & l'autre par les mêmes moyens ; l'analogie s'éleva à un plus haut degré de certitude : car les moyens contribuent à rendre plus sensible le rapport des effets à la cause.

Lors donc que chacun remarque que son semblable a des yeux, des oreilles, il juge qu'il reçoit les mêmes impressions par les mêmes organes, il juge que les yeux lui sont donnés pour voir, les oreilles pour entendre, &c. Ainsi comme il a pensé que celui qui fait les mêmes choses que lui, est sensible ; il le pense encore avec plus de fondement, lorsqu'il voit en lui les mêmes moyens pour le faire.

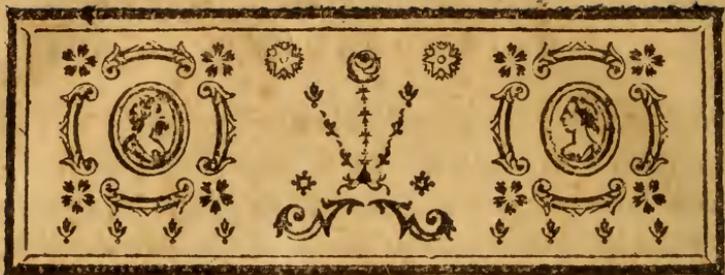
Cependant ils s'approchent, ils se communiquent leurs craintes, leurs espérances, leurs observations, leur industrie, & ils se font un langage d'action. Ni l'un ni l'autre ne peut douter que son semblable n'attache aux mêmes cris & aux mêmes gestes les mêmes idées que lui. L'analogie a donc ici une nouvelle force. Comment supposer que celui qui comprend l'idée que j'attache à un geste, & qui par un autre geste en excite un autre en moi, n'a pas la faculté de penser ?

Voilà le dernier degré de certitude, où l'on

peut porter cette proposition , *mon semblable pense*. Il n'est pas nécessaire que les hommes sachent parler , & le langage des sons articulés n'ajouteroit rien à cette démonstration. Si je suis sûr que les hommes pensent ; c'est parce qu'ils se communiquent quelques idées , & non parce qu'ils s'en communiquent beaucoup : le nombre ne fait rien à la chose. Qu'on suppose un pays où tous les hommes soient muets , jugera-t-on que ce sont des automates ?

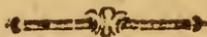
Les bêtes sont-elles donc des machines ? il me semble que leurs opérations , les moyens dont elles opèrent , & leur langage d'action ne permettent pas de le supposer ; ce seroit fermer les yeux à l'analogie. A la vérité , la démonstration n'est pas évidente ; car Dieu pourroit faire faire à un automate tout ce que nous voyons faire à la bête la plus intelligente , à l'homme qui montre le plus de génie : mais on le supposeroit sans fondement.





LIVRE CINQUIEME.

Du concours des conjectures & de l'analogie avec l'évidence de fait & l'évidence de raison ; ou par quelle suite de conjectures, d'observations, d'analogies & de raisonnements on a découvert le mouvement de la terre, sa figure, son orbite, &c.



Combien les hommes sont portés à raisonner pas préjugés.

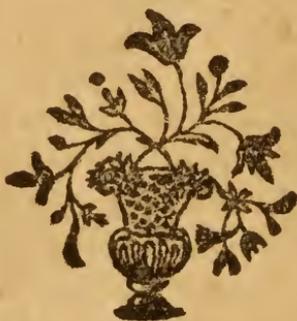
L peuple croit aux prédictions des éclipses ; comme il croit à la pluie & au beau-temps que lui promettent les astrologues. Pour donner sa confiance en pareil cas, il ne demande pas de comprendre comment les choses arrivent ; c'est assez qu'il ne puisse pas imaginer pourquoi elles n'arriveroient pas, &

plus elles sont extraordinaires , plus il est porté à les croire. Mais si on lui dit : *la terre tourne , le soleil est fixe , &c.* il pense ou qu'on lui en impose ou qu'on extravague. Il est crédule par ignorance & incrédule par préjugé.

Tout homme est peuple. Nous voulons peser les opinions , & nous n'avons que de fausses balances : nous ne jugeons du vrai & du faux que par des idées qui sont en nous , sans que nous sachions comment elles y sont. L'habitude nous entraîne , & laisse la raison bien loin derrière nous. Vous verrez le philosophe lui-même croire plus qu'il ne doit croire , rejeter plus qu'il ne doit rejeter , & donner une proposition pour certaine ; non parce qu'il comprend comment elle est vraie , mais parce qu'il ne comprend pas comment elle seroit fausse. C'est encore un coup , le peuple qui croit à la pluie , parce qu'il ne voit pas pourquoi l'almanach le tromperoit.

C'est dans les recherches , où les conjectures concourent avec l'évidence de fait & avec l'évidence de raison , que nous trouverons des exemples de ces sortes de raisonnements. Mon dessein est de vous garantir des écueils , où les plus grands esprits ont échoué. Je crois que

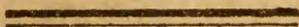
rien n'y est plus propre que les recherches qu'on a faites sur la figure de la terre , sur son mouvement & sur quelques autres phénomènes qui dépendent de l'un & de l'autre. Ce sont d'ailleurs des choses qui entrent dans le plan de votre éducation , & dont il faudroit tôt ou tard vous instruire.





CHAPITRE PREMIER.

Premieres tentatives sur la figure de la terre.



Il faut d'abord dans ces sortes de questions distinguer l'apparence de fait, de l'évidence de fait. Sans cela on précipitera ses jugemens, & on prendra une erreur pour une vérité. La révolution, par exemple, du soleil autour de la terre, n'est qu'une apparence de fait, & c'est une évidence de raison, que ce phénomène peut être produit de deux manieres; par le mouvement du soleil, ou par celui de la terre. De là, naissent naturellement deux systêmes, & il faut observer jusqu'à ce qu'on ait des motifs suffisants pour préférer l'un à l'autre.

Comme la terre paroît immobile, elle paroît une surface plate.

Comme les apparences nous trompent sur le mouvement de la terre, elles nous trompent aussi sur sa figure. En effet, elle paroît d'abord comme une surface plate, sans mouvement,

& placée dans le lieu le plus bas du monde, en sorte qu'on n'imagine pas ce que le soleil devient, lorsqu'il se couche, & comment, au bout de quelques heures, il reparoit vers un point diametralement opposé : mais quelques observations ont insensiblement détruit des préjugés que plusieurs philosophes partageoient avec le peuple.

On remarqua que la sphere céleste paroît tourner autour d'un point fixe, qu'on appella le pole du monde. Or, cette apparence peut provenir ou de ce que les cieux se meuvent en effet sur l'axe de la terre, ou de ce que la terre se meut sur elle-même, en dirigeant toujours son pole vers le même point du ciel. Mais il n'étoit pas encore temps de former des conjectures sur cette question : il falloit auparavant en former sur la figure de la terre.

Comment on a jugé que sa surface est convexe dans la direction du levant au couchant.

Il faut considérer que si vous élevez circulairement un corps sur une surface plane, le moment de sa plus grande ou de sa plus petite élévation sera le même pour tous les points de cette surface ; au lieu que si vous le faites mouvoir autour d'un globe, le moment de sa plus grande élévation par rapport à un point, sera précisément celui de sa plus petite élévation

tion par rapport à un autre. Or, on remarque facilement que le moment de la plus grande élévation du soleil n'est pas le même pour tous les lieux de la terre ; on vit au contraire, qu'il arrive plutôt pour ceux qui sont vers le côté où le soleil se leve, & plus tard pour ceux qui sont vers le côté opposé ; & on conclut avec fondement que la terre, dans la direction du levant au couchant, est une surface convexe.

On observa le cours du soleil, & on n'eut pas de peine à remarquer qu'en faisant chaque jour une révolution, il va alternativement dans la direction d'un pôle à l'autre. Je dis *en faisant* ; car alors il ne s'agissoit pas encore de distinguer l'apparence du fait.

Comment au-dessus de cette surface on traça une portion des tropiques.

On observa dans les cieux le point où le soleil, s'étant approché du nord, rétrograde vers le midi ; & celui, où s'étant approché du midi, il rétrograde vers le nord. On vit que cet astre arrivé au point du nord, décrit, en une révolution diurne, un arc dans les cieux ; on vit, qu'arrivé au point du midi, il en décrit un semblable & parallele ; & on eut la moitié de ces deux cercles que nous nommons *tropiques*, d'un mot qui signifie *retour*.

& une portion de l'équateur,

A une égale distance des tropiques, & dans direction parallele, on traça de la même maniere la moitié de ce grand cercle, qu'on nomme équateur, parce qu'il partage la sphere céleste en deux parties égales.

& une portion du méridien.

On ne tarda pas d'observer que le soleil au moment de sa plus grande élévation, est à l'opposite du pole du monde. Alors on eut deux points opposés, & en tirant une ligne de l'un à l'autre, on traça une partie du méridien. C'est ainsi qu'on nomme un grand cercle qui partage le ciel en deux, & auquel le soleil arrive à midi. Le méridien tombe perpendiculairement sur l'équateur, & coupe les tropiques à angles droits.

Il falloit tracer des routes dans les cieux, avant d'en tracer sur la terre.

L'objet de ces observations étoit de tracer dans les cieux des routes qu'on ne pouvoit pas encore tracer sur la terre, & de distinguer les différentes saisons de l'année par le cours du soleil. Vous sentez qu'il falloit pour cela avoir des points fixes dans les cieux. Car la terre étant inconnue à ses habitants, on ne pouvoit juger de la position de ses différentes parties, qu'en cherchant dans les cieux les points auxquels chacune correspondoit. Dès qu'on eut la méridienne, on put aller directement au nord ou au midi, en suivant directement cette

ligne ; & on put aller partout ailleurs , en remarquant le degré d'obliquité avec lequel elle étoit coupée par les différens chemins qu'on vouloit prendre.

Or , en voyageant dans la direction du méridien , on s'apperçut que les étoiles qu'on voyoit au-devant de soi , s'élevoient au-dessus de la tête , & qu'il en paroissoit de nouvelles , tandis que celles qu'on laissoit derrière soi , s'abaissoient , & que quelques unes même dispa-roissoient. De ce fait évident , on tira une conséquence évidente ; c'est qu'on avoit voyagé sur une surface courbe.

Comme on jugea que la surface de la terre est convexe dans la direction des méridiens.

C'étoit une suite des observations , qu'il y eût autant de méridiens que de lieux , & que tous les méridiens concourussent au pôle du monde. Par là il fut prouvé que l'hémisphère est convexe selon deux dimensions perpendiculaires l'une à l'autre. En conséquence on abassa les lignes qu'on avoit décrites dans les cieux , & on eut sur la terre des méridiennes , & des arcs qui , parallèles à l'équateur , diminuent à proportion qu'ils approchent du pôle , en sorte que le dernier coïncide avec le point où les méridiennes concourent.

Idée qu'on se fait de l'hémisphère.

Dès que les méridiennes concourent aux

Q .

poles, c'est une conséquence, qu'elles se rapprochent à mesure qu'elles s'étendent de l'équateur au point du concours. Traçons donc maintenant sur notre hémisphère un certain nombre de méridiennes, & supposons que vous voyagez dans une direction perpendiculaire à ces lignes, c'est-à-dire, dans un des arcs parallèles à l'équateur.

Il est évident que suivant la grandeur de ces arcs, qui mesurent la distance d'un méridien à l'autre le moment de la plus grande ou de la plus petite élévation des astres, arrivera pour vous plutôt ou plus tard. Car le chemin que vous aurez à faire, sera plus court ou plus long à proportion que vous voyagerez plus près ou plus loin des poles. C'est ainsi qu'on se confirma que la terre est convexe dans la direction de la méridienne & dans celle de l'équateur.

Comment on
imagina un
autre hémis-
sphère.

Le mouvement diurne & apparent des cieux mettoit dans la nécessité d'imaginer un autre hémisphère à la terre. On le conjectura également convexe, parce qu'on n'avoit pas de raison pour l'imaginer autrement. Dès-lors on alla vite de conjecture en conjecture. On dit, s'il y a un autre hémisphère, il est tout comme le nôtre, les cieux tournent pour tous deux,

& ils sont également habités : paradoxe qui parut déraisonnable au peuple, hardi au philosophe, impie au théologien qui crut qu'un autre hémisphere étoit un autre monde.

A la vérité ce n'étoit encore là qu'un soupçon. Si le lever & le coucher du soleil démontroient l'existence d'un autre hémisphere, ils n'en démontroient pas la forme. On ne l'imaginoit convexe que parce qu'on n'avoit pas de raison de le croire différent de celui qu'on habitoit ; & on le jugeoit habité parce que dès qu'une fois l'imagination suppose des ressemblances, elle les suppose parfaites. Ce jugement étoit vrai ; mais on ne pouvoit pas encore s'en assurer : il choquoit les préjugés ; & l'imagination, qui s'étoit hâtée de le porter, étoit bien embarrassée à le défendre.

L'opinion des antipodes n'étoit encore qu'une conjecture.

Ce raisonnement, *l'autre hémisphere est semblable au nôtre, parce que nous n'avons pas de raison de l'imaginer autrement ; & s'il est semblable au nôtre, il peut être habité, & il l'est en effet* : ce raisonnement, dis-je, nous donne l'idée d'une conjecture qui est dans le moindre degré. Cette espece de conjecture vient immédiatement après celles qui sont absurdes ; parce qu'il n'y a rien qui la détruise ; & elle vient immédiatement avant celles qui

sont prouvées, parce qu'il n'y a rien qui l'établisse. Elle n'a pour elle, que de n'être pas démontrée fausse.

On peut & on doit même se permettre de pareilles conjectures ; car elles donnent lieu à des observations : mais il ne leur faut donner aucun degré de certitude, & il faut les regarder comme des suppositions, jusqu'à ce que l'évidence de fait, celle de raison, ou l'analogie les aient prouvées. Nous allons voir par quelle suite de degrés la conjecture des antipodes va s'élever à la démonstration.

Comment on jugea que la terre est ronde

Les progrès de l'astronomie furent lents. On fut long-temps sans doute avant de reconnoître l'ombre de la terre dans les éclipses de lune ; & vraisemblablement cette découverte à été faite par un philosophe qui étoit prévenu, que la terre pourroit être ronde : elle ne permit plus d'en douter.

D'où on conclut que toutes les parties posent également vers le même centre,

Alors on commença à comprendre que toute la terre peut être habitée. Car dès qu'elle est ronde, il faut que les corps pesent sur toute sa surface, comme ils pesent sur notre hémisphère. Il est évident qu'il n'y a que l'équilibre de toutes ces parties qui puisse lui conserver la rondeur ; & on conçoit que l'é-

quilibre aura lieu, si elles pesent toutes également vers un même centre.

Aussitôt on regarda comme une chose hors de doute que les corps pesent par-tout également, & tendent par-tout vers un même centre. On le crut ainsi, non qu'on eût des raisons pour assurer cette uniformité de pesanteur, & de direction; mais uniquement parce qu'on n'avoit point encore de raison pour juger que la direction & la pesanteur variaient suivant les lieux. C'est cette conduite des philosophes qu'il faut observer, si l'on veut apprécier leurs raisonnements, & être en garde contre les jugements qu'ils portent avec trop de précipitation. En effet, ils ont conclu à cette occasion plus qu'ils ne devoient conclure: car nous verrons bientôt que l'équilibre peut subsister & subsiste, quoique la pesanteur & la direction varient d'un lieu à un autre.

Cependant quoique leur théorie les eût jetés dans une erreur, elle suffisoit pour détruire la principale difficulté de l'imagination contre les antipodes: les loix de la pesanteur étoient assez connues pour faire comprendre qu'on n'a pas la tête en bas dans un hémisphère plutôt que dans un autre, & on peut

& on comprit comment l'autre hémisphère peut être habité.

prévoir qu'il seroit possible un jour de voyager dans des pays qui paroissent fabuleux.

On en fut convaincu.

Cependant jusqu'à ce qu'on eût fait le tour de la terre, l'existence des antipodes n'étoit qu'une conjecture plus ou moins forte ; aussi fut-elle condamnée par des théologiens. Mais si c'étoit un crime de croire aux antipodes ; quel crime ne devoient pas commettre ceux qui entreprirent d'y voyager ? Ce dernier cependant fit pardonner l'autre, & l'on eut la bonne foi de se rendre à l'évidence de fait.

Alois, on imagina la terre parfaitement sphérique.

A peine eut-on lieu de juger que la terre est ronde, qu'on se hâta de la juger sphérique. Il parut naturel de lui supposer cette figure : premierement, parce qu'on n'avoit pas encore assez de raison pour en imaginer une autre. En second lieu, parce que c'est de toutes les figures rondes, celle que l'esprit saisit le plus facilement. Si de pareils raisonnemens ne prouvent rien, ils persuadent. Aussi n'est-ce que dans ces derniers temps, qu'on a commencé à former des doutes sur la sphéricité de la terre.

Preuve qu'on eut en donner.

Un principe, adopté sans preuve, jeta dans l'erreur. On supposa gratuitement que tous les corps pesent également vers le centre de

la terre, & on fit ce raisonnement : si notre globe étoit composé d'une matiere fluide, toutes les colonnes seroient égales, tous les points de la surface seroient à une même distance d'un centre commun, & toutes les parties de ce fluide s'arrangeroient pour former une sphere parfaite.

Ce raisonnement est vrai, dans la supposition où la pesanteur seroit égale dans toute la circonférence du globe. On n'en doutoit pas ; on continuoit donc. La mer couvre la plus grande partie de la terre ; la surface en est donc sphérique ; & puisque le continent s'élève peu au-dessus du niveau de la mer, il est prouvé que la terre est une sphere.

Tous les esprits sont conséquents ; on le dit du moins : mais les philosophes semblent prouver souvent le contraire. Si l'on se fût contenté de dire : la terre est à peu près ronde ; son ombre vue sur la lune, & la pesanteur des corps suffisoient pour le prouver. Mais qu'est devenu l'esprit conséquent, lorsqu'on la jugée sphérique ? Cet exemple vous fera voir comment on donne aux conséquences plus d'étendue qu'aux principes ; & plus vous étudierez la maniere de raisonner des hommes, plus vous serez convaincu qu'ils concluent presque

On ne raisonneit pas conséquemment.

CHAPITRE II.

*Comment on est parvenu à mesurer les
cieux, & puis la terre.*

AUSSITÔT qu'on jugea que la terre est ronde, on continua ces courbes qu'on avoit tracées au-dessus de notre hémisphère, & on acheva les cercles commencés. Vous comprenez qu'il suffisoit pour cette opération de remarquer des points fixes dans les cieux.

Comment on se représente le plan de l'équateur, & celui du méridien,

Imaginez actuellement des rayons tirés du centre de la terre à tous les points de la circonférence de l'équateur, & prolongez-les à toute distance : par ce moyen vous vous représenterez l'équateur comme un plan qui coupe notre globe & les cieux en deux parties égales. De la même manière vous concevrez chaque méridien comme un plan, qui les partage également en deux, & qui tombe perpendiculairement sur le plan de l'équateur.

Sc celui de
l'horifon.

Vous vous faites une idée de l'horifon, lorsque, placé dans une campagne, vous regardez tout autour de vous, & qu'imaginant un plan dont vous êtes le centre, vous partagez le ciel supérieur du ciel inférieur. Voilà ce qu'on nomme *l'horifon sensible*.

Ce plan touche la terre dans le point où vous êtes arrêté : mais vous pouvez vous représenter un plan parallèle qui partagera le globe en deux hémisphères égaux : ce plan est ce qu'on nomme *l'horifon vrai ou rationnel*.

Si vous considérez que la terre est un point par rapport aux étoiles, vous jugerez que ces deux horifons se confondent en un seul. N'avez vous pas quelquefois remarqué, que lorsque vous vous placez à l'extrémité d'une allée fort longue vous voyez les deux côtés insensiblement se rapprocher, en sorte que la distance des deux derniers arbres devenant nulle, ils sont par rapport à vous dans la même position l'un & l'autre, soit que vous les regardiez le long de la rangée qui est à droite, ou le long de la rangée qui est à gauche ? c'est ainsi qu'une étoile, observée du point *a* ou du point *c*, vous paroîtra toujours au même endroit du ciel.

Fig. 46.

Vous concevez comment vous changez d'ho-

riſon en changeant de lieu, & par conféquent il y a autant d'horifons que de points ſur la ſurface de la terre.

Placez-vous ſur l'équateur, vous voyez que le plan de l'horifon fait un angle droit avec le plan de l'équateur. Transportez vous au pôle, le plan de l'équateur & celui de l'horifon coïncideront. Enfin à différentes diſtances de l'équateur ou du pôle, ces deux plans feront des angles différens. Cela étant, vous jugerez des différentes diſtances où vous ſerez du pôle ou de l'équateur, ſi vous trouvez un moyen pour meſurer les angles de deux plans.

L'angle du plan de l'horifon avec le plan de l'équateur détermine le degré de latitude où l'on eſt.

Dans cette vue on diviſe le méridien, ainſi que tous les cercles de la ſphère en 360 degrés, chaque degré en 60 minutes, chaque minute en 60 ſecondes, chaque ſeconde en 60 tierces, &c.

Comment on meſure cet angle.

Vous comprenez qu'un angle, qui a ſon ſommet dans le centre d'un cercle, a différentes grandeurs, ſuivant le nombre des degrés contenus dans l'arc oppoſé au ſommet. Que le cercle ſoit plus grand ou plus petit vous déterminez toujours également la valeur de l'angle : ſeulement les degrés ſeront plus ou moins grands & les côtés de l'angle plus ou

moins longs. L'angle ACB est le même, soit que vous le mesuriez sur le cercle ABD , ou sur le cercle abd .

Vous pouvez imaginer une ligne tirée d'un pôle à l'autre. C'est sur cette ligne que les lieux paroissent se mouvoir : & on la nomme, par cette raison, l'axe du monde. Voulez-vous donc connoître à quelle distance les poles sont de l'équateur ? Considérez les angles que l'axe fait avec le diametre de ce grand cercle, & vous verrez sensiblement que le méridien est partagé en quatre parties égales. La mesure de chacun de ces angles est donc le quart de 360, c'est-à-dire, 90 degrés.

Comment on détermine la position des lieux par rapport au pôle, ou par rapport à l'équateur.

Pour découvrir la position des lieux qui sont entre le pôle & l'équateur, on se sert d'un quart de cercle divisé en degrés, en minutes, &c. & on suppose l'observateur au centre de la terre. Il fixe le pôle ; dirigeant ensuite sa vue le long d'un rayon qui s'éleve, par exemple, au-dessus de Parme ; il fixe dans le ciel le point où ce rayon va se terminer. Par cette opération, il voit, sur son quart de cercle, la grandeur de l'arc du méridien. Il n'a plus qu'à compter pour s'assurer que Parme est à 45 degrés 10' du pôle, & , par conséquent, à 44 degrés 50' de l'équateur.

Vous me direz que l'observateur ne peut

pas être placé au centre de la terre. Il s'agit donc de voir comment, étant placé sur la surface, le résultat des calculs sera le même.

Parme est au point p . Or, si vous prolongez jusques dans les cieux la ligne cp , nous aurons une ligne perpendiculaire à notre horison, & le point z où elle se termine, sera le zénith de Parme. Sur quoi je vous ferai remarquer, que chaque lieu a son zénith comme son horison. Si de l'autre côté vous prolongez cette même ligne, N diametralement opposé à z , est ce qu'on nomme *nadir*.

 Fig. 46.

Dans la supposition de la sphéricité de la terre, tous les corps pesent vers le centre c . Nous découvrirons donc notre zénith, en observant la direction d'un fil auquel un plomb sera suspendu. Ce fil coïncidera nécessairement avec la ligne zpc .

C'est évidemment la même chose d'observer le zénith de p ou de c . Mais puisque l'horison sensible & l'horison vrai se confondent en un seul, il est donc indifférent d'être en p ou en c , pour observer le pole. Par conséquent, il n'y aura point d'erreur à supposer que l'angle $z c E$ est le même que l'angle $z p E$. C'est ainsi que, de la surface de la terre, on mesure avec la même exactitude que du centre.

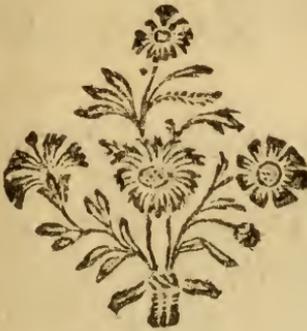
Vous voyez comment on détermine la distance, où un lieu est de l'équateur : cette distance est ce qu'on nomme latitude. Parme est à 44 degrés 50' de latitude.

Comment on détermine le degré de longitude d'un lieu.

Pour achever de marquer la position des lieux, il reste à déterminer la situation respective où ils sont par rapport à l'orient ou au couchant. Il est évident que, dans ce cas, nous pouvons mesurer les degrés sur l'équateur, comme dans le précédent nous les avons mesurés sur le méridien : il n'y a qu'à déterminer un point d'où on puisse compter, & c'est ce qu'on fait en choisissant un méridien, qu'on regarde comme le premier. La distance où les lieux sont de ce premier méridien, se nomme longitude, & se compte sur l'équateur d'occident en orient, ou sur les cercles paralleles. Au reste, le choix du premier méridien est indifférent : les François le font passer par l'île de fer, les Hollandois par le Pic de Ténériffe, & chaque astronome, par le lieu d'où il fait ses observations.

La longitude est donc la distance d'un premier méridien à un autre : mais la distance entre deux méridiens n'est pas la même par-tout : elle est plus grande sur l'équateur, elle diminue sur les cercles paralleles. Cela est évident, puisque tous les méridiens concourent au pôle.

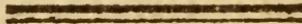
Si la terre étoit parfaitement ronde, on pourroit déterminer dans quelle proportion les degrés de longitude diminuent à mesure qu'on va de l'équateur au pôle. Mais vous verrez que l'incertitude où nous sommes de sa figure, ne permet pas de déterminer, avec précision, ni les degrés de longitude, ni même ceux de latitude. Parme est à 28 degrés, 27', 50" de longitude. Mais quelle est la vraie mesure de ces degrés ? c'est ce qu'on ne fait pas exactement.





CHAPITRE III.

Comment on a déterminé les différentes saisons.



Les saisons.

ON divise l'année en quatre saisons. La plus chaude se nomme *été* ; la plus froide *hiver* ; celle qui sépare l'hiver de l'été, *printemps* ; & celle qui sépare l'été de l'hiver, *automne*.

L'écliptique.

Ces saisons dépendent du cours du soleil ; cet astre , comme je l'ai déjà dit , va & revient d'un tropique à l'autre. En observant sa route , on lui voit décrire , d'occident en orient , un cercle qui coupe l'équateur , & fait avec lui un angle de 23 degrés & demi , ou environ : ce cercle se nomme *l'écliptique*.

L'année.

Le soleil ne s'écarte jamais de l'écliptique. Il est 365 jours , 5 heures , 49 minutes à revenir au point d'où il est parti , & cet intervalle se nomme *année*. Mais parce qu'on néglige les

cing heures & les quarante-neuf minutes, on ajoute tous les quatre ans un jour, & on fait une année de 366 jours. C'est l'année bissextile. Cette addition d'un jour étant trop grande de douze minutes par an, l'année, après quatre siècles, auroit trois jours de trop; & pour se retrouver au cours du soleil, il faut avoir retranché les trois jours sur les trois années qui auroient été bissextiles.

Les planetes se meuvent aussi d'occident en orient dans des orbites qui coupent l'écliptique en deux parties égales. Leurs révolutions s'achevent entre deux cercles paralleles à l'écliptique, dont l'un est à huit degrés au midi, & l'autre à huit degrés au nord.

On se représente l'intervalle, qui est entre ces trois cercles, comme une bande large de 16 degrés: on partage toute la circonférence de cette bande en 12 parties de 30 degrés; chacune est distinguée par un signe différent, c'est-à-dire, par un certain assemblage d'étoiles. Cette bande est ce qu'on nomme le zodiaque.

Dans la partie septentrionale, le soleil commence le printemps, lorsqu'il est au premier degré du belier: l'été, lorsqu'il décrit le tro-

rique du cancer : l'automne , lorsqu'il entre dans la balance : l'hiver , lorsqu'il parcourt le tropique du capricorne.

Dans la partie méridionale , l'été répond à l'hiver , le printemps à l'automne & réciproquement.

Vous voyez que l'été est la saison où le soleil approche le plus de notre zénith. Alors il est plus long-temps sur l'horison , & ses rayons tombent moins obliquement : ce sont deux causes de la chaleur ; mais ce ne sont pas les seules. En hiver , cet astre est moins long-temps sur l'horison , & ses rayons sont fort obliques. Il répand donc moins de chaleur , encore est-elle détruite en partie par la longueur des nuits.

Entre les deux tropiques , il n'y a proprement que deux saisons , l'hiver & l'été. Lorsque le soleil approche du zénith de quelque lieu , il tombe des pluies presque continuelles qui diminuent la chaleur ; & on regarde ce temps comme l'hiver : lorsque le soleil s'éloigne , les pluies diminuent , la chaleur augmente , & on regarde ce temps comme l'été.





CHAPITRE IV.

Comment on explique l'inégalité des jours.

LA durée du jour dépend du temps que le soleil est sur l'horison. Le jour commence lorsque le soleil se montre au-dessus de l'horison. Il finit, lorsque cet astre descend au-dessous : car l'horison partageant la terre en deux hémispheres égaux, vous ne sauriez voir le soleil, lorsqu'il éclaire l'hémisphere opposé.

Le jour considéré par opposition à la nuit.

Placez vous sur l'équateur ; votre horison coupera ce cercle & ses paralleles en deux moitiés ; l'une supérieure, l'autre inférieure. Il vous cachera donc la moitié de la révolution diurne du soleil : cet astre fera 12 heures au-dessus de l'horison, 12 heures au-dessous ; & tous les jours de l'année seront égaux aux nuits. Cette position où l'horison coupe

Sphere droit^e qui donne le^s jours égaux aux nuits.

R ;

l'équateur à angles droits se nomme *sphere droite*.

Sphere parallele qui donne six mois de jour & six mois de nuit.

Si vous vous transportés sous l'un des poles, votre horison se confondra avec l'équateur ; vous ne verrez le soleil que pendant qu'il parcourra une moitié de l'écliptique, & il vous sera caché pendant qu'il parcourra l'autre moitié. L'année sera donc partagée pour vous en un jour & une nuit, l'un & l'autre de six mois. Cette position se nomme *sphere parallele*.

Sphere oblique qui donne les jours inégaux.

Enfin si vous vous supposez entre le pole & l'équateur, le plan de ce cercle sera coupé obliquement par le plan de votre horison. Dans cette supposition l'équateur sera partagé en deux parties égales ; mais les cercles paralleles seront partagés inégalement. Pour nous, par exemple, il y a une plus grande partie des cercles septentrionaux au-dessus de l'horison, & une plus petite des cercles méridionaux. un coup d'œil sur un globe vous rendra cela plus sensible, que toutes les figures que je pourrois vous tracer ; cette derniere position est la *sphere oblique*.

Maintenant il est aisé de comprendre, que lorsque le soleil est dans l'équateur, le jour doit être égal à la nuit ; puisqu'il décrit au-dessus de l'horison une partie de cercle égale

à celle qu'il décrit au-dessous. Cette égalité a lieu sur toute la terre, à l'exception du pôle. Voilà pourquoi on donne à l'équateur le nom d'*équinoxial*.

Vous voyez par la même raison que le jour doit augmenter, lorsque le soleil approche du tropique du cancer; car cet astre nous éclaire d'autant plus long-temps, qu'il décrit au-dessus de l'horison de plus grandes portions de cercle. Au contraire les jours doivent diminuer, lorsqu'il rétrograde vers le tropique du capricorne; parce qu'il est d'autant moins sur l'horison, que les portions de cercle qu'il décrit sont plus petites.

On nomme *équinoxes* les points où l'équateur coupe l'écliptique, parce que lorsque le soleil y arrive, les nuits sont égales aux jours; l'un est l'équinoxe de printemps; vers le 21 de mars; l'autre est l'équinoxe d'automne, vers le 23 septembre.

 Les équinoxes

On nomme *solstices* les points de l'écliptique qui viennent se confondre avec les tropiques. Alors le soleil est dans son plus grand éloignement de l'équateur, à 23 degrés & demi, & il est quelques jours sans paroître sensiblement s'en approcher; le solstice d'été est dans le premier degré du cancer, où le

 Les solstices

soleil fait le plus long jour, vers le 21 juin. Le solstice d'hiver est dans le premier degré du capricorne, où cet astre fait le jour le plus court, vers le 22 décembre.

Les colures.

Dans ces quatre points on fait passer deux grands cercles qui se coupent à angles droits aux poles du monde; l'un se nomme *colure* des solstices & l'autre *colure* des équinoxes. Ce sont les cercles les moins nécessaires à la sphere.

Les jours pris pour des révolutions de 24 heures, n'ont pas exactement la même durée.

Jusqu'ici nous avons considéré le jour par opposition à la nuit : mais on nomme encore *jour* le temps qui s'écoule depuis le moment que le soleil quitte le méridien d'un lieu, jusque qu'au moment où il y revient.

Ce jour excède le temps d'une révolution de la terre sur son axe : car pendant que par un mouvement diurne, le soleil va d'orient en occident, il avance dans l'écliptique d'occident en orient, & il revient par conséquent plus tard au méridien d'où il étoit parti.

Mais cet astre ne parcourt pas chaque jour un espace égal dans l'écliptique. Ce que nous avons dit plus haut vous fait voir que le mouvement du soleil dans l'écliptique, n'est autre chose que le mouvement de la terre dans

son orbite. Or, la terre décrit en temps égaux, de plus grands arcs dans son périhélie que dans son aphélie. C'est donc une conséquence que le soleil n'avance pas toujours également dans l'écliptique, & que tous les jours n'excèdent pas d'une égale quantité chaque révolution de la terre sur son axe.

Ainsi quoiqu'on divise le jour en 24 heures, il ne faut pas croire que la durée en soit toujours égale : elle varie au contraire d'un jour à l'autre. Mais les astronomes prennent un terme moyen entre les plus longs jours & les plus courts : par là ils les réduisent à l'égalité ; & cette réduction se nomme équation du temps. Elle se fait en divisant en heures égales le temps que le soleil emploie à parcourir l'écliptique.

Puisque nous voilà dans la sphere, je crois à propos de continuer & d'achever de vous en donner une idée exacte. Ce sera le sujet du chapitre suivant.





CHAPITRE V.

*Idée générale des cercles de la sphere,
& de leur usage.*



Cercles dont
nous avons
déjà parlé.

L'AXE du monde est une ligne qui va d'un pole à l'autre, & sur laquelle les cieux paroissent se mouvoir ; il traverse perpendiculairement le plan de l'équateur, qui partage l'univers en deux.

Le zodiaque est une bande circulaire, large de 16 degrés qui partage également la terre & les cieux, & qui fait avec l'équateur un angle de 23 degrés & demi.

Au milieu de cette bande est l'écliptique que le soleil parcourt d'occident en orient dans l'espace d'une année.

Le méridien coupe l'équateur à angles droits ; l'horizon est oblique ou parallele suivant la

position des lieux, & les deux tropiques marquent les limites, au-delà desquelles le soleil ne doit pas s'écarter. Voilà les cercles dont nous avons déjà parlé.

Imaginez une ligne qui traverse perpendiculairement le plan de l'écliptique; elle en fera l'axe, & vous vous en représenterez les poles aux deux extrémités.

Axe de l'écliptique.

Pendant que le plan de l'écliptique fait sa révolution, ses poles décrivent des cercles, qu'on nomme polaires: celui qui est tracé au nord est le cercle arctique; & celui qui est tracé au midi est le cercle antarctique. Vous les voyez marqués sur le globe à 23 degrés & demi des poles.

Ses poles décrivent des cercles polaires.

Sous ces cercles, le plus long jour est de 24 heures & au-delà, en s'éloignant de l'équateur, les jours vont toujours en augmentant.

Voilà maintenant la terre divisée en plusieurs bandes qu'on nomme zones. L'espace compris entre les deux tropiques est la zone torride: les zones tempérées s'étendent des tropiques aux cercles polaires, & les zones glaciales des cercles polaires aux poles.

Les zones.

Les climats. Le jour étant sur l'équateur de 12 heures, & sous les cercles polaires de 24, on a considéré l'espace où le plus long jour est de 12 & demi, celui où il est de 13, celui où il est de 13 & demi; & on a divisé l'espace contenu entre ces deux cercles en 24 bandes qu'on nomme *climats*. On a pareillement divisé en d'autres climats l'espace contenu depuis les cercles polaires jusqu'aux poles. Ce sont les climats où les jours augmentent beaucoup plus sensiblement. Des tables vous mettront ces détails sous les yeux.

Les cercles de longitude & les cercles de latitude.

Tous les méridiens sont considérés comme des cercles de longitude, parce que les différentes longitudes se mesurent d'un méridien à un autre. Par la même raison les paralleles sont regardés comme des cercles de latitude; mais il a fallu d'autres cercles pour mesurer la longitude & la latitude des astres. L'écliptique est par rapport à ces nouveaux cercles, ce qu'est l'équateur par rapport à ceux que je vous ai expliqués. Représentez vous donc de grands cercles de longitude qui coupent l'écliptique à angles droits & qui passent par ses poles; & des cercles de latitude paralleles à l'écliptique; & qui, par conséquent, coupent aussi à angles droits les cercles de longitude.

Le premier de ces cercles de longitude passe

au point des équinoxes par le belier ; & c'est delà que l'on compte la longitude des astres d'occident en orient ; comme on compte la latitude depuis l'écliptique au pôle de ce cercle.

Vous pouvez considérer le mouvement apparent des cieus par rapport aux révolutions diurnes, & par rapport aux révolutions annuelles. Dans le premier cas le soleil paroît décrire des paralleles à l'équateur ; mais dans le second il paroît décrire des especes de spirales ; car à chaque révolution diurne cet astre revient à un point différent de celui où il étoit parti, & trace l'écliptique dans le cours d'une année. Or, c'est par rapport au plan de ce grand cercle qu'on juge des mouvements annuels des planetes, des cometes, & de la position de tous les astres.

Le mouvement des cieus par rapport aux révolutions diurnes & par rapport aux révolutions annuelles.

La terre transportée d'occident en orient, paroît conserver son axe toujours parallele à lui-même ; cependant il a un petit mouvement. Cet axe toujours incliné de 66 degrés, & 1 minutes au plan de l'écliptique, se meut d'orient en occident, & ses poles décrivent des cercles autour des poles de l'écliptique. Par là toute la sphere des étoiles fixes paroît tourner, d'occident en orient, autour d'un axe mené par les poles de l'écliptique ; & toutes

Inclinaison de l'axe de la terre.

les étoiles décrivent , par leur mouvement apparent , des cercles paralleles à l'écliptique.

La précession
des équinoxes

Par le mouvement de cet axe , la section commune au plan de l'équateur & à celui de l'écliptique tourne ; & les premiers points du belier & de la balance , qui sont toujours opposés , parcourent d'orient en occident toute l'écliptique dans l'espace de 25920 ans.

Ce mouvement des premiers points du belier & de la balance est ce qu'on nomme *précession des équinoxes* : il est cause que le soleil revient au point de l'écliptique d'où il est parti , avant d'avoir achevé sa révolution entiere , & par conséquent , l'année est plus petite que le temps périodique de la révolution de cet astre.

On voit par là qu'aujourd'hui le soleil ne se trouve pas à l'équinoxe du printemps au même point où il étoit , il y a 2 , 3 , ou 4000 ans ; & qu'il ne se retrouvera au même point où il est aujourd'hui , que dans environ 26000 ans ; c'est ce que l'on nomme la grande année.

Les astronomes grecs qui ont donné des

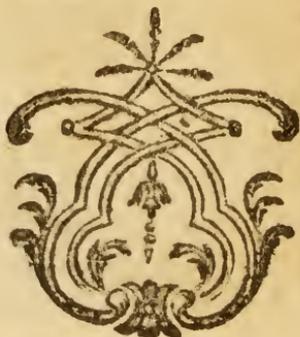
noms aux constellations , ont regardé l'étoile du belier comme le premier point du zodiaque , parce qu'en effet le soleil répondoit à cette étoile, lorsqu'il étoit dans l'équinoxe du printemps. Mais chaque constellation a depuis avancé de près d'un signe : le belier est tout entier dans le signe du taureau, le taureau dans celui des gémeaux , &c.

De-là il arrive , que parmi les astronomes modernes , les uns comptent les mouvements célestes depuis le point actuel de l'équinoxe ; les autres depuis l'étoile du belier : mais ces derniers ajoutent à leurs calculs la différence qu'il y a entre le lieu de cette étoile , & celui où se fait l'équinoxe ; & ils appellent cette différence la *précession des équinoxes* , parce que l'équinoxe arrive avant que le soleil ait achevé sa révolution annuelle.

Ce mouvement des poles de l'équateur n'a pas d'abord été apperçu : au contraire on supposa immobiles les étoiles polaires, parce qu'on ne voyoit pas sensiblement qu'elles changeassent de situation. Quand on eut remarqué leur mouvement ; il fut question d'appuyer les poles du monde sur des points fixes. On remarqua donc que chaque jour les étoiles faisant une révolution, elles décrivoient un cercle

Comment on a déterminé plus exactement le pôle du monde.

autour d'un centre ; & dès qu'on eut ce centre, on eut les poles immobiles du monde. Alors au lieu de diriger la méridienne aux étoiles polaires, on la dirigea à ce point, autour duquel ces étoiles sont alternativement à leur plus grande & à leur plus petite élévation. C'est ainsi qu'on traça plus exactement tous les cercles de la sphere.





CHAPITRE VI.

Comment on mesure les degrés d'un méridien.

Ce n'étoit pas assez d'avoir tracé des lignes sur la terre, & de l'avoir divisée en degrés, en se représentant des arcs de cercles dans les cieux. On savoit par là quelles routes on devoit tenir ; mais on ne savoit pas quelle en étoit la longueur. Il falloit donc encore mesurer les degrés, & déterminer le nombre des toises que chacun contient ; cette recherche a été tentée dans différents temps. Cependant vers le milieu du dernier siècle on ne savoit encore quel jugement porter, lorsque Louis XIV ordonna de prendre de nouvelles mesures. On avoit alors de meilleurs instrumens que jamais, & les méthodes avoient été perfectionnées. De sorte que Picard ayant exécuté les ordres du roi, on eut connoître enfin la véritable grandeur de notre globe. Mais toutes les opérations de ce géo-

Les premières mesures de la terre ont été peu exactes.

metre supposoient la terre parfaitement ronde : supposition démentie par des expériences , qui furent faites peu de temps après.

Lorsqu'on avance dans la direction de la méridienne , on voit les étoiles s'élever au-dessus de l'horison. Il semble donc que pour connoître la grandeur d'un degré sur la terre , il suffise de mesurer le chemin qu'on a fait , lorsqu'une étoile en s'élevant , a paru parcourir un arc , qui est à la circonférence d'un cercle , comme 1 à 360. En suivant cette méthode , on jugea qu'un degré sur la surface de la terre est de 20 lieues. Et parce qu'on se hâta de juger que tous les degrés sont égaux , on crut qu'il n'y avoit plus qu'à multiplier 20 par 360. On conclut donc que la terre a 7200 lieues , de circuit. Mais il y avoit deux principes d'erreur dans cette opération : le premier provenoit de ce qu'on jugeoit de l'élévation des étoiles par rapport à l'horison ; le second de ce qu'on supposoit tous les degrés égaux. C'est ce qu'il faut développer.

On se trompoit en jugeant de l'élévation des étoiles par rapport à l'horison. On a remarqué que les rayons se brisent , lorsqu'ils passent obliquement d'un milieu dans un autre. On vous fera quelque jour observer le chemin qu'ils suivent , mais pour le moment il suffit de supposer ce phéno-

mene, comme un fait dont il n'est pas permis de douter.

Les rayons des astres qui sont à l'extrémité de notre horison, ne parviennent donc à nous qu'après s'être brisés. Cela est cause que nous ne voyons point les étoiles dans leur vrai lieu; elles nous paroissent plus élevées qu'elles ne sont, & nous les appercevons même au-dessus de l'horison lorsqu'elles sont encore au-dessous.

Si cette réfraction étoit la même dans tous les temps, on pourroit l'évaluer, & elle n'occasionneroit point d'erreur: mais elle est sujette à toutes les variations de l'atmosphère, & l'atmosphère change continuellement.

Les astres sont à leur plus grande hauteur, lorsqu'ils sont au zénith: alors leurs rayons tombent perpendiculairement, & ne souffrent point de réfraction. Nous mesurerons donc plus exactement l'élévation des étoiles, si, au lieu d'en juger par rapport à l'extrémité de l'horison, nous en jugeons par rapport à notre zénith.

Il en falloit juger par rapport au zénith.

On connoît le zénith, lorsqu'on observe la

Si la terre est

parfaitement
ronde, les de-
grés du méri-
dien sont
égaux.

direction d'un fil chargé d'un plomb. Cette direction se nomme *ligne verticale*, & tombe perpendiculairement du zénith sur l'horison ; la ligne verticale fait donc un angle droit avec la ligne horifontale.

Maintenant prenons deux lieux situés sous un même méridien, & concevons que, des zéniths de l'un & de l'autre, les deux verticales sont prolongées dans l'intérieur de la terre. Cela supposé, si la terre est absolument plate ces lignes seront paralleles dans toute leur longueur, & soit que nous marchions vers le nord ou vers le midi, les étoiles paroîtront toujours à la même élévation. Si la terre est parfaitement ronde, toutes les verticales concourront à un même point. Nous verrons donc les étoiles s'élever à proportion de l'espace que nous parcourons sur un méridien. Si, par exemple, il faut se transporter à 57000 toises, pour voir une étoile s'élever d'un degré, il faudra se transporter à deux, trois, quatre fois cette distance, pour voir une étoile s'élever de deux, trois, quatre degrés ; car les points de la surface, par où passent les verticales A, B, C, D, sont tous à égale distance.

Fig. 47.

Fig. 48.

Il n'en fera pas de même, si la courbure de la terre est inégale ; car les lignes A & B

qui tombent perpendiculairement sur la surface aplatie, se réunissent plus loin, que les lignes C & D qui tombent perpendiculairement sur la surface plus convexe. Il y a donc un plus grand intervalle entre les points A & B, qu'entre les points C & D. Or, il est évident que les degrés sont en proportion avec la longueur des rayons tirés du point du concours, à la surface de la terre : là où les rayons sont plus courts les degrés sont plus petits : là où les rayons sont plus longs, les degrés sont plus grands. D'où on conclut avec raison, que la terre est aplatie vers les poles, si les degrés du méridien sont plus grands au pôle qu'à l'équateur.

L'angle que forment les verticales de deux lieux situés sous le même méridien, se nomme *l'amplitude* de l'arc du méridien, qui s'étend de l'un à l'autre zénith. Si l'arc est d'un degré, de deux, de trois, l'amplitude sera également d'un, de deux & de trois ; car si l'arc mesure l'angle, l'angle détermine aussi l'amplitude de l'arc : ces deux choses sont réciproques.

L'amplitude
d'un arc du
méridien.

Si, du centre de la terre, on observoit le zénith de Paris & celui d'Amiens qui sont dans le même méridien, il est évident qu'on pour-

Comment
on détermine
cette ampli-
tude.

roit déterminer l'amplitude de l'arc sur un quart de cercle. Mais la même opération peut se faire de Paris ou d'Amiens, parce que, dans la distance où nous sommes des étoiles, le demi-diamètre de la terre doit être compté pour rien, & que, par conséquent, l'angle formé par les lignes tirées des deux zéniths, est le même, soit qu'elles concourent sur la surface, soit qu'on les prolonge au centre.

Lorsqu'on ne peut pas fixer les deux zéniths, on prend une étoile qui est entre deux. Alors l'angle, qui détermine l'arc du méridien de Paris à Amiens, est composé de deux autres, dont l'un est formé par la verticale de Paris & la ligne tirée à l'étoile, & l'autre par une semblable ligne & la verticale d'Amiens.

Si l'étoile se trouvoit hors de l'angle des deux verticales, & au-delà du zénith d'Amiens, il est clair que vous aurez la valeur de l'angle que forment les deux verticales, si de l'angle formé par la verticale de Paris & la ligne tirée à l'étoile, vous retranchez l'angle formé au-delà des deux verticales.

Dès qu'on connoît l'amplitude de l'arc, il ne reste plus, pour déterminer la valeur du

degré, que de mesurer l'espace entre Paris & Amiens.

Il seroit aisé de mesurer la distance de Paris à Amiens, si l'égalité du terrain permettoit de se servir d'une toise : mais parce que les hauts & les bas rendoient ce moyen impraticable, il a fallu se représenter, au-dessus des inégalités, un plan parallele à l'horison, & trouver le secret de le mesurer. C'est ce que les géometres exécutent d'une maniere bien simple. Si vous voulez concevoir comment ils operent en pareil cas, il faut prendre pour principe ce que nous avons prouvé plus haut, que *les trois angles d'un triangle sont égaux à deux droits.*

Pour comprendre comment on mesure des grands inaccessibles, il faut prendre pour principe, que *les trois angles d'un triangle sont égaux à deux droits.*

Dès que les trois angles d'un triangle sont égaux à deux droits, il suffit d'en mesurer deux, pour juger de la valeur du troisieme. Vous en conclurez encore, que connoissant un des côtés & deux angles, vous pourrez déterminer les deux autres côtés. Ainsi de six choses qu'on peut considérer dans un triangle, savoir, trois angles & trois côtés, c'est assez d'en pouvoir mesurer trois, pour juger de la valeur des trois qu'on ne peut pas mesurer.

Un côté & deux angles étant connus, on détermine le troisieme angle & les deux autres côtés.

Soit la ligne A B base d'un triangle. Il est

S 4

Fig. 49.

certain que plus les angles, que nous formerons sur les extrémités, seront grands, plus le troisieme angle sera éloigné de cette base; & qu'au contraire plus ils seront petits, moins le troisieme sera éloigné. La longueur de cette base & la grandeur des deux angles déterminent donc le point où les deux autres côtés doivent se rencontrer. Par conséquent, si nous connoissons la longueur de cette base, & la grandeur des deux angles, nous pourrons déterminer la longueur des lignes AC & BC , & celle des lignes Ad & Bd .

Comment on mesure la largeur d'une riviere.

Fig. 50.

Supposons qu'on veuille mesurer la largeur d'une riviere: on tire le long du rivage la base AB . Du point A on fixe ensuite l'objet C , qui est à l'autre bord, en sorte que le rayon visuel tombe perpendiculairement sur la ligne AB . On a des instruments pour faire cette opération. De là, on va à B , & fixant encore l'objet C , on acheve le triangle.

Cette opération étant achevée, on connoitra facilement la grandeur de chaque angle. Il ne restera plus qu'à mesurer la longueur de la base, pour juger de la longueur de la ligne AC , c'est-à-dire de la largeur de la riviere.

Comment

Quand des obstacles ne permettent pas de

voir en même temps les objets dont on mesure la distance, on cherche de côté & d'autre des objets visibles, & on forme une suite de triangles dont on mesure les angles. Le second a pour base un des côtés du premier, le troisième un des côtés du second, ainsi des autres.

par une suite de triangles on mesure un degré du méridien.

Connoissant donc la base du premier & ses trois angles, on connoît la longueur de chacun de ses côtés, & par conséquent, la base du second. Connoissant la base du second & ses angles, on connoitra de même la base du troisième. En un mot, par cette méthode on détermine les côtés de tous les triangles.

On trace sur le papier les triangles, qu'on a observés, & on ne trouve plus d'obstacle pour tirer une ligne droite entre les deux points dont on veut mesurer la distance.

Il ne reste donc qu'à déterminer la longueur de cette ligne, & cela est tout aussi aisé que de mesurer le côté d'un triangle. C'est ainsi qu'on prend la mesure d'un degré du méridien.

Vous voyez comment par cette méthode on parvient à juger de la distance où l'on est d'un

Comment on mesure la dis.

distance des af-
tres qui ont
une parallaxe

lieu inaccessible ; & vous commencez à n'être plus si étonné de voir les astronomes entreprendre de mesurer les cieux. Mais pour vous faire connoître les moyens dont on se sert en pareil cas, il faut vous expliquer ce qu'on entend par un mot dont nous aurons occasion de faire usage. C'est celui de *parallaxe*.

De quelque lieu que nous observions les étoiles, elles paroissent toujours dans le même point du ciel, nous les voyons toujours dans la même ligne droite. Ce que nous avons dit vous fait comprendre que ce phénomène est l'effet de l'éloignement où elles sont de nous. Il faut même que cette distance soit bien grande ; car si, en différentes saisons, nous observons une étoile, nous continuons de la voir dans la même ligne, quoique la terre, en parcourant son orbite, nous place dans des lieux, fort différents : c'est que cette orbite, toute immense qu'elle nous paroît, n'est qu'un point par rapport à l'immenfité des cieux.

Si, au contraire, nous observons un astre voisin de la terre, nous le rapportons à différents points, suivant le lieu où nous sommes placés. Lorsque, du centre C, nous observons la lune L, nous la voyons dans le vrai lieu où elle est par rapport à notre globe. Il en se-

Fig. 51.

ra de même si nous nous transportons sur la surface au point A, parce qu'alors nous la voyons dans la même ligne. Mais de tout autre endroit, de B., par exemple, elle nous paroîtra dans un lieu différent. Or, les deux lignes CL, & BL vont se joindre dans le centre de la lune, & y forment un angle. C'est cet angle qu'on nomme *la parallaxe de la lune*. Les astres ont donc une parallaxe plus ou moins grande, à proportion qu'ils sont plus ou moins près de la terre, & à une certaine distance ils n'en ont plus.

- Les lignes CL, LB & BC, forment un triangle qu'on nomme *parallaëctique*. BC, rayon ou demi-diametre de la terre, en est la base, & il ne reste plus qu'à mesurer les angles B & C pour connoître la distance de la lune en demi-diametres de la terre. C'est ainsi qu'on mesure la distance de tous les astres qui ont une parallaxe.

Ces opérations sont simples & belles; cependant elles ne sont pas tout-à-fait exemptes d'erreurs. L'observateur peut se tromper; les instruments ne sauroient être d'une précision exacte; & vous verrez bientôt qu'on est obligé de raisonner sur des suppositions qui ne sont pas tout-à-fait démontrées. Il y auroit bien des choses à vous faire remarquer sur la sagacité

qu'on apporte à ces sortes de calculs ; mais ces premières idées suffisent à l'objet que nous avons actuellement en vue , & elles vous préparent à acquérir un jour de plus grandes connoissances. Vous n'êtes pas d'un âge à approfondir encore chaque science que vous étudiez : vous commencez seulement , & toute votre ambition doit être de bien commencer.





CHAPITRE VII.

Par quelle suite d'observations & de raisonnemens on s'est assuré du mouvement de la terre.

LES corps paroissent en mouvement toutes les fois qu'ils cessent de se conserver dans la même situation, soit entr'eux, soit par rapport au lieu d'où nous les regardons. Aux yeux de celui qui vogue dans un vaisseau, tout ce qui est transporté avec lui, quoique mu, paroît immobile; & tout ce qui est au-dehors, quoi qu'immobile, paroît mu. La terre est peut-être ce vaisseau: si nous ne sentons point son mouvement, c'est qu'elle est poussée par une force égale & uniforme; & si nous n'apercevons pas celui des objets qu'elle transporte, c'est qu'ils conservent entr'eux & nous les mêmes rapports de situation. Vue d'une autre planète, c'est à elle que nous attribuerions tout le mouvement; & la planète, d'où nous l'ob-

Chaque planète paroît à ses habitans le centre de tous les mouvemens célestes.

serverions, nous paroîtroit immobile. Supposons-nous successivement dans mercure, vénus, mars, &c. chacun de ces astres nous paroitra comme un centre autour du quel tous les cieux feront leurs révolutions. Toutes ces apparences ne prouvent donc rien.

Les différentes phases de la lune prouvent qu'elle se meut au tour de la terre.

La lune présente successivement différentes phases. Or, quand elle est pleine, il faut que nous nous trouvions directement entr'elle & le soleil, ou que le soleil soit directement entr'elle & nous. Ce sont les deux seules positions où tout son disque peut se montrer à la fois.

Mais la parallaxe du soleil étant si petite, qu'on a fait des tentatives inutiles pour la déterminer, il est prouvé que cet astre est à une plus grande distance que la lune. D'ailleurs, il suffit d'observer l'ombre que la lune & la terre se renvoyent tour-à-tour, lorsqu'elles s'éclipsent, pour être convaincu que le soleil est au-delà de l'orbite que décrit l'une de ces planetes autour de l'autre. Donc, lorsque la lune est pleine, nous sommes entr'elle & le soleil.

Une seconde conséquence de ce principe, c'est que la lune n'est nouvelle que parce que,

se trouvant entre le soleil & la terre, elle tourne vers nous l'hémisphère qui est dans les ténèbres.

Enfin, vous conclurez qu'elle présente une partie plus ou moins grande de son disque, lorsqu'elle paroît parcourir les arcs compris entre le point où elle est pleine, & celui où elle est nouvelle. Les différentes phases de la lune sont représentées dans la figure 52.

Or, par la même raison que ces rapports de position démontrent, que la lune doit se montrer à la terre sous différentes phases, ils démontrent également que la terre doit se montrer à la lune sous autant de phases différentes; & les phénomènes seront les mêmes, soit qu'on suppose le mouvement de révolution dans la terre, soit qu'on le suppose dans la lune. Mais les principes, établis plus haut, prouvent que c'est la lune qui tourne proprement autour de la terre; car le centre commun de gravité est quarante fois plus près de la terre que de la lune.

Si on réfléchit sur ce dernier raisonnement, on reconnoîtra que les propositions démontrées sont identiques avec les observations,

car, dire que la lune ou la terre tourne, c'est dire qu'elles changent de situation l'une par rapport à l'autre : & dire qu'elles changent de situation, c'est dire qu'elles se présentent différentes phases.

Les différen-
tes phases de
vé nus prou-
vent qu'elle
tourne autour
du soleil, dans
une orbite
plus petite
que celle de
la terre.

En considérant les effets qui doivent résulter des rapports de position, on reconnoîtra que la lune donneroit lieu aux mêmes phénomènes, si elle tournoit autour du soleil dans une orbite qui ne renfermât pas la terre. Tel est le cas de vé nus. Elle offre successivement les mêmes phases que la lune : lorsqu'elle est nouvelle, on la voit quelquefois passer comme une tache sur le disque du soleil : elle est pleine, lorsque le soleil est entr'elle & nous; & dans les autres positions, elle ne laisse voir qu'une partie de son disque. Voyez la figure 53.

L'observation
prouve, que
l'orbite de
mars renfer-
me celle de la
terre.

Si l'orbite d'une planete renfermoit tout à la fois la terre & le soleil, les phénomènes ne seroient plus les mêmes. Il est évident, que si on considère une planete dans les différentes positions où elle seroit alors par rapport à nous, il n'y en a qu'une où sa rondeur seroit un peu altérée. C'est lorsqu'elle seroit à 90 degrés du soleil. Voyez la figure 54. Dans toute autre, son disque, toujours

toujours parfaitement rond, paroîtroit seulement plus petit ou plus grand, suivant qu'elle s'éloigneroit ou se rapprocheroit de nous : tel est mars. L'évidence de fait & l'évidence de raison concourent donc à démontrer qu'il tourne autour du soleil dans une orbite qui renferme celle de la terre.

Les mêmes observations & le même raisonnement sont applicables à jupiter & saturne. Mais tandis que les inégalités du diamètre apparent sont fort sensibles dans mars, elles le sont beaucoup moins dans jupiter, & moins encore dans saturne. Preuve évidente que jupiter fait sa révolution au delà de l'orbite de mars, & que saturne fait la sienne au delà de l'orbite de jupiter.

Elle prouve la même chose de celle de jupiter & de celle de saturne.

Mercure est trop près du soleil pour être observé comme les autres planetes : mais ce qui prouve qu'il fait sa révolution, c'est qu'il faut le supposer pour trouver dans son cours la même régularité que dans celui des autres planetes. Si l'évidence de fait & l'évidence de raison nous manquent à cette occasion, il ne faut pas croire que la révolution de mercure autour du soleil soit une supposition gratuite : elle est suffisamment indiquée, & pour n'être pas évidente, elle n'en est pas

Raisons qui prouvent que mercure fait sa révolution autour du soleil.

moins hors de doute : elle est prouvée d'ailleurs par les loix de la gravitation.

Les planetes
superieures &
les planetes
inferieures
font leurs ré-
volutions
dans des
temps iné-
gaux.

Parmi les planetes , les unes décrivent des orbites autour de la terre & du soleil : on les nomme *superieures*, parce qu'elles sont en effet plus élevées que nous par rapport à cet astre , qui est véritablement en bas , puisque c'est le centre vers lequel tout pese. Les autres parcourent des orbites , au-delà desquelles nous nous trouvons , & on les nomme *inferieures* , parce qu'étant plus près du soleil , elles sont en effet plus bas que nous.

Toutes les planetes , comme nous l'avons remarqué , font leurs révolutions dans des temps inégaux , & elles précipitent ou retardent leur cours , suivant qu'elles sont dans leur aphélie ou dans leur périhélie.

Quels seroient
pour nous les
phenomenes ,
si nous nous
placions au
centre de ces
révolutions.

Si nous nous placions au centre de ces révolutions , nous verrions tous ces corps avancer régulièrement chacun dans son orbite , & nous ne remarquerions d'autre variation , sinon que le mouvement en seroit plus lent ou plus rapide.

Phenomenes
que nous ver-
rions de vénus

Mais supposons-nous dans vénus , que nous savons être transportée au tour du soleil , & voyons quels seroient les phenomenes.

Supposons le soleil en S, que ABCD soit l'orbite de mercure, planete inférieure, par rapport à vénus, & que MON soit une portion de la sphere des étoiles fixes.

Ces deux planetes, ainsi que toutes les autres, sont transportées d'occident en orient: mais mercure, ayant un mouvement plus rapide, passe & repasse par les mêmes points, avant que vénus ait achevé sa révolution.

Lorsqu'il se meut de C par D en A, il doit paroître aux habitants de vénus, aller de M par O en N, c'est-à-dire, qu'il doit paroître se mouvoir, suivant l'ordre des signes d'occident en orient, & son mouvement est direct.

Lorsqu'il va de A en F, il tend vers vénus dans la direction d'une ligne droite. Il devrait donc paroître s'arrêter dans le même point du ciel. Mais parce que vénus se meut, il paroitra se mouvoir avec le soleil, d'occident en orient. Il fera donc encore direct.

Depuis *f* jusqu'en *g*, mercure va d'un mouvement plus rapide que vénus. Il paroitra donc se mouvoir de N en O, contre l'ordre des si-

gnes, d'orient en occident; c'est-à-dire, qu'il paroîtra rétrograder.

Enfin, si mercure, étant en F au moment que vénus est en u , parcourt la courbe F f dans le même temps que vénus parcourt la courbe u V; la ligne qui passe par le centre des deux planetes, sera transportée d'un mouvement parallele: en ce cas mercure ne paroîtra pas changer de lieu, par rapport à vénus; il sera donc jugé stationnaire. L'observation sera encore la même, si mercure va de g en G, lorsque venus va de V en u .

Les mêmes phénomènes auront encore lieu de vénus à une planete supérieure, telle que mars.

Fig. 56.

Soit mars en M, & vénus en A; mars paroîtra stationnaire, tant que les lignes droites, que vous concevez tirées de l'une à l'autre planete, resteront paralleles.

Planche VI.

Lorsque vénus va de A en C par B, mars paroîtra se mouvoir dans l'ordre des signes, soit par le mouvement qui lui est propre, soit par celui de vénus, transportée dans la partie du cercle, qui est au delà du soleil. Mars sera donc direct.

Enfin, lorsque vénus passe de C en A par D, elle laisse mars derriere elle, parce qu'elle se meut plus rapidement. Mars paroîtra donc avancer contre l'ordre des signes, & il sera rétrograde.

Tels sont les phénomènes qui seroient vus de vénus. Or, nous les appercevons nous-mêmes ces phénomènes. Notre terre fait donc comme toutes les planetes, une révolution autour du soleil : & tout prouve que nous ne sommes pas le centre de notre systême.

Ces phénomènes, prouvent que la terre se meut autour du soleil.





CHAPITRE VIII.

Des recherches qu'on a faites sur la figure de la terre.

Le mouve-
ment de rota-
tion donne
aux parties de
la terre une
force centri-
fuge plus ou
moins grande

UN corps ne peut se mouvoir autour d'un centre, qu'il ne fasse continuellement effort pour s'en écarter : cet effort est d'autant plus grand, qu'il décrit un plus grand cercle dans un temps donné ; & il y a en lui une force centrifuge plus grande. Or, dans le même temps, dans 24 heures, toutes les parties de la terre décrivent des cercles. Il y a donc dans toute la surface une force centrifuge ; & cette force est inégale, parce que les cercles décrits sont inégaux. Le plus grand cercle est sous l'équateur : tous les autres diminuent insensiblement, en sorte que ceux qui terminent les poles, peuvent être regardés comme deux points. La force centrifuge est donc plus grande sous l'équateur que partout ailleurs : elle diminue ensuite comme les cercles, & elle s'éteint aux poles.

Mais cette force centrifuge est contraire à la pesanteur. La pesanteur est donc moindre sous l'équateur que sous les poles; & par conséquent l'équilibre des eaux demande que, tandis que la surface de la mer s'éloigne d'un côté, du centre de la terre, elle s'en rapproche de l'autre. Les colonnes sont donc plus longues sous l'équateur, plus courtes sous les poles: d'où l'on doit conclure l'applatiffement de la terre.

La pesanteur est donc moins grande sous l'équateur, & la terre est applatie aux poles.

Rien n'étoit plus naturel que ce raisonnement: cependant, lorsque sous Louis XIV, Picard mesura le méridien, on n'avoit point encore pensé à révoquer en doute la sphéricité de la terre: voilà où l'on en étoit en 1670.

Quelques expériences ayant fait soupçonner que la pesanteur est moindre sous l'équateur qu'aux poles, l'observation du pendule à 5 degrés de latitude le confirma. Richer étant à Cayenne trouva que son horloge à pendule retardoit de 2 minutes, 28 secondes chaque jour. Or, si l'aiguille marque moins de secondes pendant une révolution des étoiles, c'est que le pendule fait moins d'oscillations; & si le pendule fait moins d'oscillations, c'est qu'ayant moins de pesanteur, il tombe plus

Expériences qui le confirment.

lentement dans la verticale. Il est vrai que la chaleur pourroit produire le même effet en alongeant la verge du pendule : car, toutes choses d'ailleurs égales, un pendule plus long oscille plus lentement. Mais les observations prouvent que les chaleurs de la Cayenne ne fauroient alonger la verge du pendule au point de causer dans le mouvement de l'aiguille un retardement de 2 minutes, 28 secondes par jour.

Figure qu'on
donne en consé-
quence à la
terre.

Il fut donc démontré que la pesanteur est moins grande sous l'équateur. Alors on conclut que la terre est aplatie vers les poles, & cette conséquence parut évidente aux plus grands calculateurs, Huyghens & Newton. Mais si les calculs sont sûrs, ils portent souvent à faux. Dans l'application de la géométrie à la physique, il est assez ordinaire de calculer, avant de s'être assuré des suppositions sur lesquelles on s'appuie. Les questions sont si compliquées, qu'on ne peut pas répondre de faire entrer dans la théorie toutes les considérations nécessaires. Huyghens & Newton vont nous en donner un exemple.

La théorie de ces deux mathématiciens s'accorde à donner à la terre la figure d'un sphéroïde elliptique aplati vers les poles.

Huyghens supposoit que tous les corps tendent précisément au même centre, & qu'ils y tendent tous avec le même degré de force, à quelque distance qu'ils en soient. De là, il concluoit que la force centrifuge peut seule altérer la pesanteur; & il trouvoit que l'axe de la terre est au diamètre de l'équateur, environ comme 577 à 578.

Résultat de la théorie d'Huyghens à ce sujet.

Newton raisonnoit sur une autre hypothese: il supposoit que la pesanteur est l'effet de l'attraction, par laquelle toutes les parties de la terre s'attirent mutuellement en raison inverse du quarré des distances. Alors ce n'étoit plus assez de déterminer avec Huyghens, de combien la terre devoit être aplatie par la force centrifuge, il falloit encore déterminer de combien la terre déjà aplatie par cette force, devoit l'être encore par la loi de l'attraction; & il trouvoit que l'axe est au diamètre de l'équateur, comme 229 à 230.

Résultat de la théorie de Newton.

L'hypothese d'Huyghens est contrariée par l'observation du pendule, & par la mesure des degrés qui font l'applatissment de la terre beaucoup plus grand que sa théorie ne le suppose. Mais le succès du système de Newton suffisoit pour lui donner l'exclusion.

La théorie d'Huyghens est défectueuse.

Celle de
Newton l'est
aussi.

A la vérité, la loi de l'attraction étoit une considération que la théorie ne devoit pas oublier; & Newton avoit par-là un avantage. Cependant, la solution qu'il a donnée, est insuffisante & imparfaite à certains égards. *Newton*, dit M. d'Alembert, *supposoit d'abord que la terre est elliptique, & il déterminoit, d'après cette hypothese, l'applatissment qu'elle doit avoir...* C'étoit proprement supposer ce qui étoit en question. Voilà ce que c'est que le calcul, lorsqu'on l'applique à la solution des problèmes compliqués de la nature.

La théorie ne
fauroit prou-
ver que la ter-
re a une figure
régulière.

Messieurs Stirling & Clairaut ont cru démontrer que la supposition de Newton est légitime, & que la terre est un sphéroïde elliptique: mais ils raisonnent eux-mêmes sur des hypothèses, qui auroient besoin d'être prouvées: & M. d'Alembert assure, qu'en faisant d'autres suppositions, il démontre lui-même dans ses recherches sur le système du monde, que toutes les parties du sphéroïde pourroient être en équilibre, quoique la terre n'eût pas une figure elliptique: il fait plus; c'est que dans la supposition, où les méridiens ne seroient pas semblables, où la densité varieroit, non-seulement d'une couche à l'autre, mais encore dans tous les points d'une même couche; il démontre que l'équilibre pourroit encore se maintenir par les loix de l'attraction, &

que, par conséquent, il pourroit avoir lieu dans la supposition où la terre auroit une figure tout-à fait irrégulière. Il n'est donc pas même possible à la théorie de prouver la régularité de la figure de la terre. Les loix de l'hydrostatique, sur lesquelles elle porte, ne la prouvoient que dans la supposition où la terre, ayant été primitivement fluide, auroit conservé la forme d'un sphéroïde aplati, forme que la gravitation mutuelle de ses parties, combinées avec la rotation autour de l'axe, lui auroit fait prendre. Mais, demande M. d'Alembert, est-il bien prouvé qu'elle ait été originairement fluide? & quand, l'ayant été, elle eût pris la figure que cette hypothèse demandoit, est-il bien certain qu'elle l'ait conservée?

Les parties d'un sphéroïde fluide devroient être disposées avec une certaine régularité, & sa surface devroit être homogène: or, nous ne remarquons ni homogénéité sur la surface de la terre, ni régularité dans la distribution de ses parties. Tout paroît, au contraire, jetté comme au hasard dans la partie que nous connoissons de l'intérieur, & de la surface de notre globe: & comment pourra-t-on croire que sa figure primitive n'a pas été altérée, si on considère les bouleversements dont il reste des traces évidentes?

La théorie porte donc sur des suppositions qu'il est impossible de prouver, & qu'on n'admet pour certaines, que parce qu'on ne voit pas pourquoi elles seroient fausses.

Faux raisonnements qu'on fait pour défendre la théorie.

On l'a voulu confirmer cette théorie par des observations & par la mesure des degrés en différents lieux : mais les raisonnements ont quelquefois été faux, les mesures peu d'accord entr'elles, & les difficultés se sont multipliées.

La terre, a-t-on dit, a une figure régulière, & ses méridiens sont semblables, si l'équateur est exactement un cercle : or, la circularité de l'ombre de la terre, dans les éclipses de lune, prouve la circularité de l'équateur.

Ce qu'il y a de singulier, c'est que ceux qui font ce raisonnement, sont persuadés que les méridiens ne sont pas des cercles. Mais comment veulent-ils que l'ombre de la terre soit une preuve de la circularité de l'équateur, & qu'elle n'en soit pas une de la circularité des méridiens ?

Si, en partant des mêmes latitudes, dit-on encore, on parcourt des distances égales, on observera les mêmes hauteurs du pôle.

Donc les méridiens sont semblables , & la terre a une figure réguliere.

Ceux qui parlent ainsi , supposent tacitement que les mesures terrestres & les observations astronomiques sont susceptibles de la dernière précision. Car , auroient - ils l'esprit assez peu conséquent pour dire : ces mesures & ces observations sont nécessairement sujettes à erreur ; donc nous devons juger par elles de la courbure des méridiens ? J'avoue cependant qu'ils seroient fondés , si , ayant mesuré à même latitude un grand nombre de méridiens , les résultats s'étoient toujours trouvés à peu près les mêmes : cet accord prouveroit l'exactitude des observateurs. Mais sur six degrés qu'on a mesurés , il n'y en a que deux à même latitude ; celui de France & celui d'Italie ; & on a trouvé qu'ils diffèrent de plus de 70 toises.

On dit encore : les regles de la navigation dirigent d'autant plus sûrement un vaisseau , qu'elles sont mieux observées. Or , ces regles supposent à la terre une figure réguliere ; donc , &c.

Je réponds que ces regles ont encore moins de précision , que ces mesures & ces observations dont nous venons de parler ; & que ,

par conséquent, elles sont encore plus fautive-
 ves. Ignore-t-on l'imperfection des méthodes
 par lesquelles on mesure le chemin qu'à fait
 un vaisseau, & on juge du lieu où il est;
 & les estimations nautiques ne sont-elles pas
 sujettes à bien des erreurs? Les méthodes de
 navigation sont si imparfaites, que quand on
 connoîtroit parfaitement la figure de la terre,
 le pilote n'en tireroit aucun avantage.

Cette théorie
 porte sur des
 suppositions
 qu'on ne
 prouve pas.

La théorie de la figure de la terre porte
 sur trois suppositions, qui n'ont pas encore
 été rigoureusement démontrées. C'est que le
 plan du méridien, qui passe par la ligne du
 zénith, passe par l'axe de la terre; que la ligne
 verticale passe par le même axe, & qu'elle est
 perpendiculaire à l'horison. On a été long-
 temps sans avoir aucun doute sur ces supposi-
 tions: il est vrai qu'elles ne sont pas aussi
 gratuites que d'autres, que je vous ai fait re-
 marquer. Plusieurs phénomènes les indiquent:
 car la rotation uniforme de la terre sur son axe,
 la précession des équinoxes, & l'équilibre des
 eaux qui couvrent la plus grand partie de la
 surface, paroissent s'accorder parfaitement avec
 ces suppositions. Vous avez vu que le rap-
 port, entre la durée des jours & des nuits,
 varie d'un climât à l'autre, c'est-à-dire, à dif-
 férentes latitudes. Or, on a calculé ces dif-
 férences, en supposant la terre régulière, &

le calcul se trouve d'accord avec les observations.

On a mesuré en Italie un degré du méridien à une même latitude, que celui qui a été mesuré en France; les résultats ne se sont pas trouvés semblables. Voilà la plus forte difficulté contre la régularité de la figure de la terre : cependant cette différence est si petite, qu'elle peut être attribuée aux observations. Pour éclaircir cette question, il faudroit, comme le dit M. d'Alembert, mesurer à la même latitude, & à une distance considérable, un grand nombre de méridiens, & faire dans chaque lieu l'observation du pendule.

Mesures qui sembleroient prouver que les degrés ne sont pas semblables à même latitude.

Mais en supposant que les méridiens sont semblables, il resteroit à savoir si ce sont des ellipses. On n'a pas hésité de l'assurer, parce que cette figure s'accorde parfaitement avec les loix de l'hydrostatique : mais M. d'Alembert croit avoir démontré que toute autre figure s'accorde également avec ces loix, surtout si on ne suppose pas la terre homogène. Passons aux mesures qui ont été prises.

Quand les méridiens seroient semblables il n'est pas prouvé, qu'ils soient des ellipses.

Pour vous faire une idée des principes & des conséquences de cette opération, il faut vous rappeler, que si l'on voit les étoiles s'élever ou s'abaisser à proportion du chemin

On a mesuré plusieurs degrés du méridien, pour déterminer l'arc

platiffement
de la terre.

qu'on fait sur le méridien, c'est uniquement parce qu'on a marché sur une surface courbe; que, par conséquent, la terre est sphérique, si après des longueurs égales de chemin, on voit les étoiles s'élever ou s'abaisser d'une quantité égale; & qu'au contraire elle ne l'est pas, si pour trouver la même quantité dans l'élevation, il faut faire sur le méridien des trajets inégaux. Il est évident qu'elle sera plus courbe, dans la partie sur laquelle il faudra faire moins de chemin, pour voir les étoiles s'élever d'un degré, & qu'elle sera plus aplatie dans la partie où il faudra faire plus de chemin, pour voir les étoiles s'élever pareillement d'un degré. Par conséquent les mesures déterminent l'applatiffement de la terre, si elles déterminent dans quelle proportion croissent les degrés terrestres.

Mais on a
toujours sup-
posé à la terre
une figure ré-
guliere.

Pour faciliter ces opérations, on fait ce raisonnement. La terre a certainement une figure réguliere; donc, si elle est sphérique, ses degrés seront tous égaux; & si elle n'est pas sphérique, ses degrés croîtront ou décroîtront dans une certaine proportion: par conséquent, en déterminant à des latitudes connues la valeur de deux degrés, on découvrira la valeur des autres, & on connoîtra le rapport de l'axe de la terre au diametre de l'équateur.

On

On voit qu'alors la question n'étoit pas de savoir si la figure de la terre est régulière : on le supposoit comme hors de doute, quoique la chose ne fût pas suffisamment prouvée. Il s'agissoit seulement de savoir si la terre est aplatie vers les poles, & de combien elle doit l'être.

Les premières mesures furent celles de Messieurs Cassini : elles furent répétées, dit M. de Maupertuis, en différents temps, en différents lieux, avec différents instruments & par différentes méthodes ; le gouvernement prodigua toute la dépense & toute la protection imaginable, & le résultat de six opérations faites en 1701, 1713, 1718, 1733, 1736, fut toujours que la terre étoit alongée vers les poles.

Degrés mesurés en France

On jugea, avec raison, que ces mesures ne renversoient pas évidemment la théorie. Les erreurs inévitables dans les observations, faites avec le plus de soin, ne permettent pas de déterminer avec précision des degrés aussi peu distants que ceux qu'avoient mesurés Messieurs Cassini. On imagina donc de mesurer des degrés plus éloignés, & on envoya des académiciens au Pérou & en Laponie.

au Pérou, &
en Laponie ;

A leur retour, il ne s'agissoit plus que de savoir dans quelles proportions étoient les mesures prises au Nord, au Pérou, & en France. Mais la chose fut d'autant plus difficile, que le degré de France, quoique plus mesuré, ou parce qu'il l'a été plus, est celui sur lequel on s'accorde le moins.

au Cap de
bonne - espé-
rance ;

En 1752, M. l'Abbé de la Caille, se trouvant au Cap de Bonne-espérance, mesura un degré à 33 degrés, 18 minutes au-delà de l'équateur.

en Italie.

Ajoutez à cela le degré mesuré en Italie ; nous aurons des degrés mesurés en cinq lieux différents ; en France, au Nord, au Pérou, au Cap de Bonne-espérance, & en Italie.

Les doutes
subsistent.

Après toutes ces entreprises, la détermination de la figure de la terre en est devenue plus difficile ; parce que les mesures, prises en différents lieux, ne s'accordent pas à donner à la terre la même figure. Les expériences du pendule contrarient même la théorie de Newton ; car elles font la terre plus aplatie que ce philosophe ne le suppose.

Qu'est-ce donc que cette théorie si sublime, ces calculs si bien démontrés ? Que résulte-

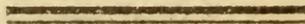
est-il des efforts des plus grands mathématiciens ? des raisonnemens certains, qui portent sur des suppositions incertaines. Les mesures viennent à l'appui; mais avec elles viennent aussi des erreurs inévitables; & plus on mesure, moins il semble qu'on est d'accord. Si l'on compare les moyens de prouver le mouvement de la terre, avec les moyens d'en déterminer la figure, on trouvera d'un côté une évidence complete, une évidence qui ne suppose rien; & de l'autre une évidence, qui laisse derriere elle un nuage où l'on suppose tout ce qu'on veut, parce que la lumiere n'y pénètre jamais. Le public, prévenu à juste titre pour le génie des inventeurs, croit légèrement que tout est démontré, parce qu'il ne fait pas pourquoi tout ne le seroit pas. Le philosophe, applaudi par des aveugles, devient aveugle lui-même: bientôt la prévention est générale; & on a peine à trouver des observateurs, auxquels on puisse donner une confiance entiere.





CHAPITRE IX.

Principaux phénomènes expliqués par le mouvement de la terre.



Vous savez déjà l'explication de plusieurs phénomènes ; mais je crois à propos d'en rassembler quelques-uns sous vos yeux, afin de vous faire mieux saisir l'ensemble de tout le système.

Pourquoi nous voyons le ciel comme une voûte surbaissée.

L'espace immense des cieux est par lui-même sans lumière & sans couleur, & il nous paroîtroit noir, si la terre seule étoit éclairée : mais les rayons des corps célestes tombant sur l'air qui nous environne, se brisent, se réfléchissent, & se répandant suivant toutes sortes de directions, éclairent l'atmosphère. Sans ces différentes réfractions qui dispersent les rayons, & les font venir de toutes parts à nos yeux, nous ne verrions les astres que comme des corps lumineux, placés

dans un espace noir. Ces rayons, ainsi répandus, colorent donc l'espace; & les cieux prennent cette couleur bleue que nous appercevons.

Dans l'habitude où nous sommes de rapporter les couleurs aux objets, notre œil crée, pour ainsi dire, une voûte sur laquelle il étend cette couleur bleue: car, voyant toujours dans la direction d'une ligne droite, notre œil tire, du lieu où nous sommes comme centre, des lignes en tout sens, & place à l'extrémité de chacune un point coloré.

Nous terminons naturellement toutes ces lignes, parce que nous ne pouvons jamais voir les objets qu'à une distance déterminée. Si nous les imaginons un peu plus longues, lorsque nous regardons horizontalement; l'espace que nous appercevons sur notre hémisphère, & les objets situés à différentes distances nous y obligent. Mais nous les imaginons au contraire un peu plus courtes, lorsque nous élevons la vue vers le zénith; parce que dans cet intervalle il n'y a point d'objets, qui, mesurant l'espace, nous engagent à donner plus de longueur aux lignes. Voilà pourquoi nous nous représentons le ciel comme une voûte surbaissée, à laquelle nous collons

tous les astres, ceux qui sont plus loin, comme ceux qui sont plus près. Cette voûte est donc un être imaginaire.

Pourquoi cette voûte paroît tourner en 24 heures.

La terre tournant sur son axe en 24 heures, cette voûte paroît chaque jour tourner autour de la terre, & emporter tous les astres avec elle. Par là les étoiles fixes décrivent des cercles parallèles, mais inégaux : en sorte que les unes se meuvent dans de si petits cercles, qu'elles paroissent immobiles ; tandis que les autres sont transportées dans de plus grands, avec une vitesse qui augmente comme les cercles.

Pourquoi le soleil paroît se mouvoir dans l'écliptique.

Fig. 57.

Si la terre n'avoit que ce mouvement, nous rapporterions toujours le soleil au même point du ciel : mais parce qu'elle est transportée sur son orbite $a b c d$, nous devons voir le soleil S répondre successivement à différents signes. Quand, de son aphélie a , elle va en b le soleil doit paroître aller de A en B , &c. en sorte que la terre est toujours dans le signe opposé à celui où nous supposons le soleil.

Pourquoi il paroît aller d'un tropique à l'autre.

Si le plan de l'écliptique étoit le même que celui de l'équateur, le soleil paroîtroit décrire tous les jours le même cercle ; il n'y auroit

sur toute la terre qu'une seule saison ; & les pôles n'auroient plus de nuit.

Mais parce que l'orbite que la terre parcourt fait un angle de 23 degrés & demi avec l'équateur , c'est une conséquence que le soleil paroisse décrire chaque jour différents parallèles , & aller alternativement d'un tropique à l'autre.

Par ce mouvement de la terre , la déclinaison du soleil varie , ses rayons tombent tantôt plus , tantôt moins obliquement sur chaque hémisphère , & la chaleur diffère , suivant la situation des climats par rapport au soleil. Delà résulte encore le phénomène des jours plus ou moins longs pour tous les lieux qui ne sont pas sous l'équateur.

Ce qui nous donne des saisons différentes & des jours plus ou moins longs.

Le mouvement de la terre & celui des planètes combinés , produisent encore d'autres apparences ; vues autour du soleil , elles doivent paroître se mouvoir autour de la terre.

Les orbites des planètes coupent le plan de l'écliptique.

Si le plan de leur orbite se confondoit avec le plan de l'orbite de la terre , elles suivroient toujours le cours du soleil & ne s'écarteroient jamais de l'écliptique. Cela

n'est pas : leurs orbites au contraire font des angles plus ou moins grands avec celui de la terre ; & elles paroissent décrire des cercles qui coupent l'écliptique. Voilà pourquoi on rapporte au plan de ce cercle les mouvements annuels des planetes , comme on rapporte leurs mouvements diurnes au plan de l'équateur. De là se sont formés tous les cercles de la sphère.

Les planetes
dans leurs
nœuds & hors
de leurs
nœuds.

On nomme *nœuds* les points où les orbites des planetes coupent l'écliptique. Lorsqu'une planete se trouve dans ses nœuds, elle est dans la ligne qui passe par le centre du soleil & de la terre. Or, les planetes sont inférieures ou supérieures.

Lorsque les planetes inférieures sont dans leurs nœuds, elles sont en-deça ou au-delà du soleil ; en-deça, elles paroissent comme une tache qui passe sur cet astre ; au-delà, elles ne sauroient être aperçues, parce que le soleil est directement entr'elles & nous.

Si elles sont hors de leurs nœuds, c'est-à-dire, à quelques degrés de latitude, elles présentent leur disque en entier ; quand elles se meuvent au-delà du soleil ; en-deça, elles dis-

paroissent tout-à-fait, parce que l'hémisphère qu'elles tournent vers la terre est dans les ténèbres. Enfin dans les deux autres parties de leur orbite, elles nous montrent une partie plus ou moins grande de l'hémisphère qui réfléchit la lumière : elles croissent & décroissent alternativement.

Quant aux planetes supérieures, elles ne disparaissent que lorsqu'étant dans leurs nœuds, le soleil est directement entr'elles & nous. Dans toute autre position leur disque paroît tout entier. Il n'y a que mars dont le disque est un peu altéré à 90 degrés, c'est-à-dire, lorsqu'il est entre les points de conjonction & d'opposition. L'éloignement nous empêche d'observer le même phénomène dans jupiter & dans saturne.

Les planetes supérieures sont en conjonction ou en opposition : en conjonction, quand elles sont du même côté que le soleil ; en opposition, quand elles sont du côté opposé, c'est-à-dire, à 180 degrés. Les planetes inférieures sont en conjonction de deux manieres, & jamais en opposition.

Les planetes inférieures n'étant jamais en Les planetes inférieures pa. opposition, accompagnent toujours le soleil.

roissent toujours accompagner le soleil.

Fig. 58.

Elles paroissent seulement s'en rapprocher ou s'en éloigner. Si, de la terre A, vous tirez à l'orbite de vénus les tangentes AB & AC, il est évident que cette planete ne fera jamais à une plus grande distance du soleil, que BV ou VC. Voilà pourquoi les planetes inférieures accompagnent toujours le soleil. La distance où elles paroissent être de cet astre, est ce qu'on nomme *élongation*.

Les satellites ont aussi leurs phénomènes : je ne vous parlerai que de la lune : car mon dessein n'est pas de vous donner un traité d'astronomie.

Pourquoi on distingue deux mois lunaires.

La lune & la terre, transportées autour d'un centre commun qui décrit une orbite autour du soleil, se trouvent, l'une par rapport à l'autre, tour-à-tour en conjonction & en opposition.

Cependant ce phénomène n'arrive pas à chaque révolution que les planetes font autour de leur centre de gravité. Au moment que la lune acheve sa révolution, elle ne peut pas se retrouver en conjonction, parce que pendant qu'elle la faisoit, son orbite étoit transportée par la terre qui avançoit elle-même dans la sienne. Lorsque sa révolution est achevée, il

faut donc qu'elle en recommence une autre & qu'elle fasse une partie de cette nouvelle révolution, avant de se retrouver en conjonction, & par conséquent il lui faut plus de temps pour revenir en conjonction, que pour achever son orbite. C'est ce qui a fait distinguer deux mois lunaires; l'un périodique, c'est le temps que la lune emploie à faire sa révolution dans son orbite, il est de 27 jours 7 heures; l'autre synodique, c'est le temps qui s'écoule d'une conjonction à l'autre il est de 29 jours & demi.

La lune est invisible, lorsqu'elle est en conjonction, & on la nomme nouvelle; elle paroît toute entière, lorsqu'elle est en opposition, & on la nomme *pleine*; dans les autres parties de son orbite, elle croît ou décroît: c'est le temps de ses quadratures ou quartiers.

Différentes
positions de
la lune.

Lorsque la lune est dans ses nœuds, il y a éclipse de soleil toutes les fois qu'elle est en conjonction; & éclipse de lune, toutes les fois qu'elle est en opposition: car dans l'un & l'autre cas les rayons du soleil sont interceptés.

Eclipses.

Si la lune a peu de latitude, elle ne sera pas bien loin de ses nœuds: en ce cas l'éclipse sera plus ou moins grande.

Il n'y a donc éclipse, que lorsque la lune se trouve dans le cercle que le soleil paroît décrire en une année, ou qu'elle n'en est pas bien loin. C'est ce qui a fait donner à ce cercle le nom d'écliptique.

Fig. 58.

RR soit le plan de l'écliptique dans lequel se trouve toujours le centre de l'ombre de la terre ; OO le chemin de la lune , N le nœud.

Quand l'ombre de la terre est en A elle tombe à côté de la lune que je suppose en F, & il n'y a point d'éclipse.

Quand la lune est en G, elle est en partie obscurcie par l'ombre de la terre qui tombe en B : c'est le cas d'une éclipse partielle ; en H elle entre dans l'ombre, en L elle en sort, en I elle y est tout-à-fait : alors l'éclipse est totale. Enfin en N, l'éclipse est centrale, parce que le centre de la lune se trouve dans le centre de l'ombre. L'ombre de la terre, ainsi que celle de la lune, est conique ; parce que le diamètre du soleil est plus grand que celui de ces planètes. Aussi remarque-t-on que le diamètre de l'ombre de la terre, sur la lune, est environ d'un quart plus petit que le diamètre de la terre.

Comme la terre intercepte les rayons qui tomberoient sur la lune, la lune intercepte aussi les rayons qui tomberoient sur la terre. C'est ce qui produit les éclipses de soleil, qui sont proprement des éclipses de terre.

Ces éclipses sont non-seulement tour-à-tour partiales, totales & centrales; elles sont encore annulaires : c'est ce qui arrive lorsque la lune est dans son apogée. Alors son ombre ne parvenant pas jusqu'à la terre, elle ne cache que le centre du soleil, & les rayons qui se transmettent jusqu'à nous, forment tout au tour un anneau lumineux.

On distingue dans les éclipses une ombre & une pénombre. Soient les lignes $A p$ & $B p$, tangentes à la lune, tirées des deux extrémités du diamètre $A B$ du soleil. Soit encore $M N$ une partie de l'orbite de la terre. Il est évident que la terre étant en M , nous devons voir le disque entier du soleil; que nous devons le perdre de vue, à mesure que la terre va de M en p ; & qu'en $p p$ il doit disparaître tout-à-fait, pour reparoître à mesure que la terre avance de p en N . Or, comme $p p$ est le lieu de l'ombre, les intervalles $p M$ & $p N$ sont le lieu de la pénombre.

Fig. 60.

Vous conclurez de là que l'éclipse de soleil est différente, suivant les lieux d'où elle est observée. Elle n'est pas la même pour ceux qui sont dans l'ombre, & pour ceux qui sont dans la pénombre. Elle est partielle pour les uns, tandis qu'elle est totale ou centrale pour d'autres. Quant à l'éclipse de lune, elle est la même pour tous les lieux d'où elle est aperçue.

L'observation ayant fait connoître les orbites des planètes & le temps des révolutions, vous comprenez comment on peut prédire les éclipses : il ne faut faire que des calculs.

Les éclipses servent à déterminer les longitudes.

Les éclipses sont utiles aux géographes pour déterminer la longitude des lieux.

La terre tournant sur son axe, toutes les parties de sa surface passent successivement sous le méridien; & il est midi sur tous les points de la ligne ou du demi-cercle, qui allant directement d'un pôle à l'autre, correspond au méridien, ou se trouve dans le même plan.

Concevons de pareilles lignes sur toute la surface du globe, elles viendront successivement sous le méridien. Quand il sera midi

dans un point d'une ligne, il le fera dans tous les points; mais il ne le fera jamais dans deux lignes à la fois. S'il est midi pour nous, ceux qui doivent passer dans le plan du méridien, une heure après, ne comptent qu'onze heures; & s'il est midi pour eux, il sera une heure pour nous. Ainsi des autres successivement.

Chacune de ces méridiennes se retrouve au bout de 24 heures dans le plan du méridien. Parcourant donc 360 degrés en 24 heures, elle parcourt en une heure la 24^{me} partie de 360, c'est-à-dire, 15 degrés. Quand donc il est midi à Parme, il est onze heures à 15 degrés vers l'occident, & une heure à 15 degrés vers l'orient. Ainsi comme je dois juger que tous les lieux qui comptent midi, en même temps que nous, sont dans la même méridienne, je dois juger à 15 degrés de longitude occidentale ceux qui alors comptent onze heures, & à 15 degrés de longitude orientale ceux qui comptent une heure. Par conséquent, pour savoir la différence longitude de deux lieux, il me suffira de découvrir la différence des heures qu'on y compte au même instant.

Or, cette différence se connoît par les

éclipses de lune. En effet, que deux observateurs, situés dans des lieux différents, déterminent le moment de l'éclipse, on connoîtra la différence des longitudes, si la différence entre les deux instants est réduite en degrés, à raison de 15 par heure. On détermine encore les longitudes en observant les éclipses des satellites de jupiter : la méthode est la même, & le résultat en est plus précis. Nous aurons occasion d'en parler.

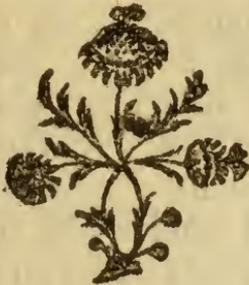
Comment le même jour peut être pris pour trois jours différents.

Vous ne croiriez peut-être pas que le même jour puisse être pris avec raison pour le samedi, le dimanche & le lundi : c'est cependant une chose qui s'explique aisément.

Supposons qu'un homme entreprenne le tour de la terre par l'Orient. Arrivé à 15 degrés, il comptera une heure, quand nous compterons midi ; à 30 degrés deux heures ; à 45 degrés, 3 ; à 60 4, &c. Ainsi comptant de 15 en 15 degrés une heure de plus, il comptera 24 heures ou un jour de plus, quand il reviendra à Parme, parce qu'il aura parcouru 24 fois 15 degrés ou 360.

Par la même raison, celui qui voyagera par l'occident, comptera une heure de moins de 15 en 15 degrés ; c'est-à-dire, qu'au moment

ment où il sera midi pour nous , il sera d'a-
bord onze heures pour lui , puis dix , ensuite
neuf , &c. Arrivé à Parme, il comptera donc
un jour de moins. Par conséquent s'il juge
qu'il est samedi , nous jugerons qu'il est di-
manche , & il sera lundi pour celui qui aura
voyagé par l'orient.





CHAPITRE X.

Idée générale du système du monde.

Corps qui sont
hors de notre
système pla-
nétaire.

LES cieux sont semés de corps lumineux ; qui , semblables à notre soleil , font vraisemblablement rouler des planetes dans différentes orbites ; & l'univers est un espace immense , où il n'y a point de désert. Notre imagination est aussi embarrassée à lui donner des bornes , qu'à ne lui en pas donner.

Toutes les étoiles sont à une si grande distance , que , vues à travers le meilleur télescope , elles paroissent plus petites qu'à l'œil nu. Ainsi c'est moins leur grandeur qui les rend sensibles , que la lumiere vive qu'elles envoient jusqu'à nos yeux.

Parmi les étoiles il y en a qui paroissent & disparoissent régulièrement ; mais avec différents degrés de clarté. Quelquefois on en a vu tout-à-coup de nouvelles , qui , après

avoir successivement perdu leur lumière, ont disparu peu de temps après, pour ne plus se montrer.

Afin de distinguer les étoiles, on les rapporte à certains assemblages, qu'on nomme *astérismes* ou *constellations*. Il y a douze constellations dans le zodiaque, & elles partagent l'écliptique en douze parties égales.

Le ciel est partagé en deux par le zodiaque. Une partie est septentrionale, & l'autre est méridionale: dans toutes deux on distingue encore plusieurs constellations.

On remarque de plus à l'œil nu la voie lactée, qui, observée au télescope, paroît n'être formée que d'un nombre prodigieux d'étoiles.

Enfin on découvre au télescope d'autres taches, qui sont trop éloignées, pour qu'on puisse distinguer les étoiles qui les produisent. Voilà à peu près toutes les connoissances que nous avons sur les corps qui sont hors de notre système planétaire.

Dix-sept corps forment notre système planétaire. Le soleil, en repos au milieu, ou n'ayant du moins qu'un très petit mouvement,

Nombre des
planètes.

est seul lumineux. Tous les autres sont opaques, & ne brillent que d'une lumière empruntée. On les nomme *planetes*.

On distingue six planetes du premier ordre, mercure, vénus, la terre, mars, jupiter & saturne; & dix du second ordre, ou secondaires; les cinq satellites de saturne, les quatre de jupiter, & notre lune.

Leurs orbites
sont des ellip-
ses.

Les planetes du premier ordre, qu'on nomme aussi simplement *planetes*, décrivent des orbites elliptiques autour du soleil; & les planetes du second ordre, satellites ou lunes, tournent autour d'une planete principale, & l'accompagnent dans son cours.

Le soleil est
dans un des
foyers.
Fig. 61.

Le soleil n'est pas au centre C des orbites, mais dans le foyer c . Ainsi la planete, à chaque révolution, s'approche & s'éloigne tour-à-tour du soleil. En a elle est dans son aphélie, & en A dans son périhélie. La distance entre le centre du soleil c , & le centre de l'orbite C , se nomme excentricité de la planete.

La ligne des
apfides.

Ces deux points A & a , considérés ensemble, se nomment les *apfides*; & le grand axe, qui est prolongé de l'un à l'autre, se nomme

la ligne des abscides. Aux extrémités du petit axe Bb sont les distances moyennes.

L'orbite de chaque planete se trouve dans un plan, qui passe par le centre du soleil : tel est, pour la terre, le plan de l'écliptique.

Les planetes se meuvent d'occident en orient dans des plans différens.

Mais toutes les planetes ne se meuvent pas dans le même plan : elles ont chacune le leur ; & tous ces plans coupent différemment celui de l'écliptique, auquel nous les rapportons. Au reste, les planetes se meuvent toutes vers le même côté, c'est-à-dire, d'occident en orient ; & tournent toutes ainsi que le soleil sur un axe. Il n'y a que mercure & saturne, dont on n'a pas encore pu observer le mouvement de rotation : ce mouvement se remarque dans les autres par le moyen des taches, qui paroissent & reparoissent régulièrement.

L'observation, & sur-tout le calcul, déterminent avec assez de précision les rapports de distance & de grandeur entre les planetes & le soleil. Ce n'est pas cependant qu'on puisse comparer ces dimensions avec des mesures connues : mais supposant la distance moyenne de la terre comme 10, celle de mercure sera comme 4 ; de vénus, comme 7 ; de mars, comme 15 ; de jupiter, comme 52 ; & de sa-

Rapports de distance des planetes au soleil.

X 3

Fig. 62.
Planche VII.

turne, comme 95. Je vous en ai tracé la figure.

Rapports de
grandeurs.

On juge aussi que le diametre de mercure est la 300^{me}. partie de celui du soleil ; que le diametre de vénus en est la 100^{me}. , ainsi que celui de la terre ; celui de mars la 170^{me} ; celui de jupiter la 10^{me}. , & celui de saturene la 41^{me} : tout cela environ.

Temps de
leurs révolu-
tions.

Ce qu'on connoît le mieux , c'est le temps de leurs révolutions. Mercure acheve la sienne en 3 mois , vénus en 8 , & tourne sur son axe en 23 heures.

La révolution de mars se fait autour du soleil en deux ans , & en 25 heures autour de son axe.

Celle de jupiter dans son orbite est de douze ans , & il tourne rapidement sur son axe en 10 heures.

Enfin le temps périodique de saturene est de 30 ans. On n'a pas pu observer combien il est à tourner sur son axe. Au reste je ne détermine pas ces choses avec la dernière précision , & je néglige les minutes & les secondes.

On connoît encore la distance où les satelites sont de leur planete principale ; mais

c'est une chose qu'il suffira de vous montrer dans des figures, où je vous représenterai aussi le PL. VIII. & IX. temps de leurs révolutions. Voilà certainement autant d'astronomie qu'il vous en faut. C'en est assez du moins pour vous mettre en état d'en apprendre un jour davantage. Vous aurez même occasion d'acquérir de nouvelles connoissances à cet égard, lorsque nous étudierons l'histoire des découvertes du seizieme & du dix-septieme siecles.





CHAPITRE DERNIER.

Conclusion.

J'AI essayé, Monseigneur, de vous faire juger des différens degrés de certitude dont nos connoissances sont susceptibles. Vous avez vu comment on fait des découvertes, comment on les confirme, & jusqu'à quel point on s'en assure. Je vous ai donné beaucoup d'exemples & peu de regles, parce que l'art de raisonner ne s'apprend qu'en raisonnant. Il ne vous reste plus qu'à réfléchir sur ce que vous avez fait, & à contracter l'habitude de le refaire.

Les moyens qui vous ont donné des connoissances, pourront vous en donner encore; vous concevez même qu'il n'en est pas d'autres: car, ou vous jugez de ce que vous voyez, ou vous jugez sur le rapport des autres, ou vous avez l'évidence, ou enfin vous concluez par analogie.]

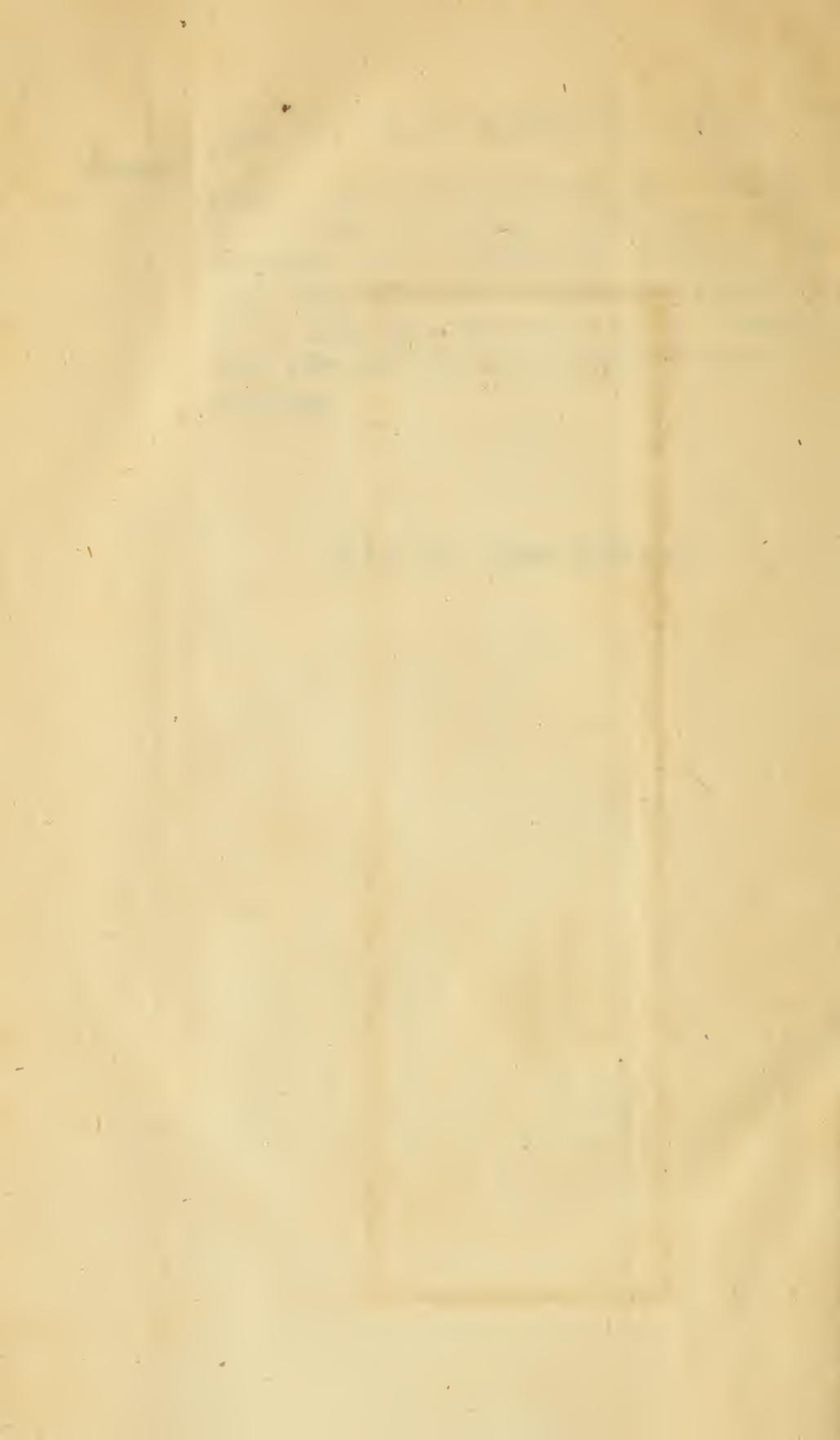
Mais vous devez sur-tout vous méfier de vous même , si vous voulez toujours prendre les précautions nécessaires pour acquérir de vraies connoissances. Souvenez-vous que les vérités les mieux prouvées , étant souvent contraires à ce que nous croyons voir , nous nous trompons , parce qu'il nous est plus commode de juger d'après un préjugé , que de juger le préjugé même. Ne croyez donc pas sur les apparences : apprenez à douter des choses mêmes , qui vous ont toujours paru hors de doute : examinez.

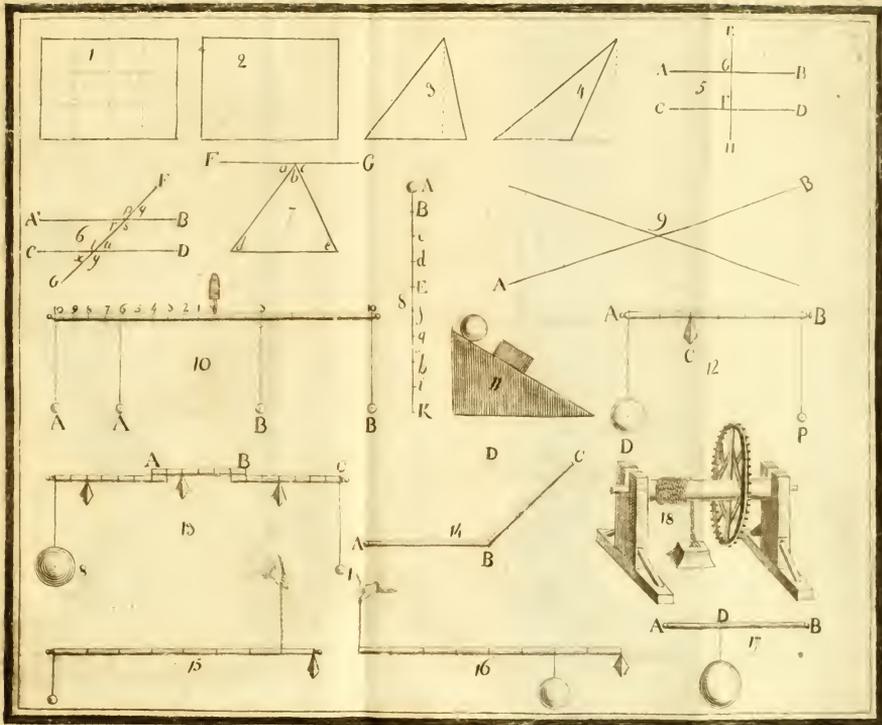
Lorsqu'à un préjugé vous substituez une nouvelle opinion , ne précipitez pas encore votre jugement ; car cette opinion peut être une erreur. Rappelez-vous que nous n'arrivons pas tout-à-coup aux découvertes : nous y allons de conjecture en conjecture , de supposition en supposition ; en un mot , nous y allons en tâtonnant. Par conséquent , si les conjectures peuvent nous conduire , aucune n'est le terme où nous devons nous arrêter : il faut toujours avancer jufqu'à ce qu'on arrive à l'évidence ou à l'analogie.

Au reste si vous concevez que les méthodes ne font que des secours pour votre

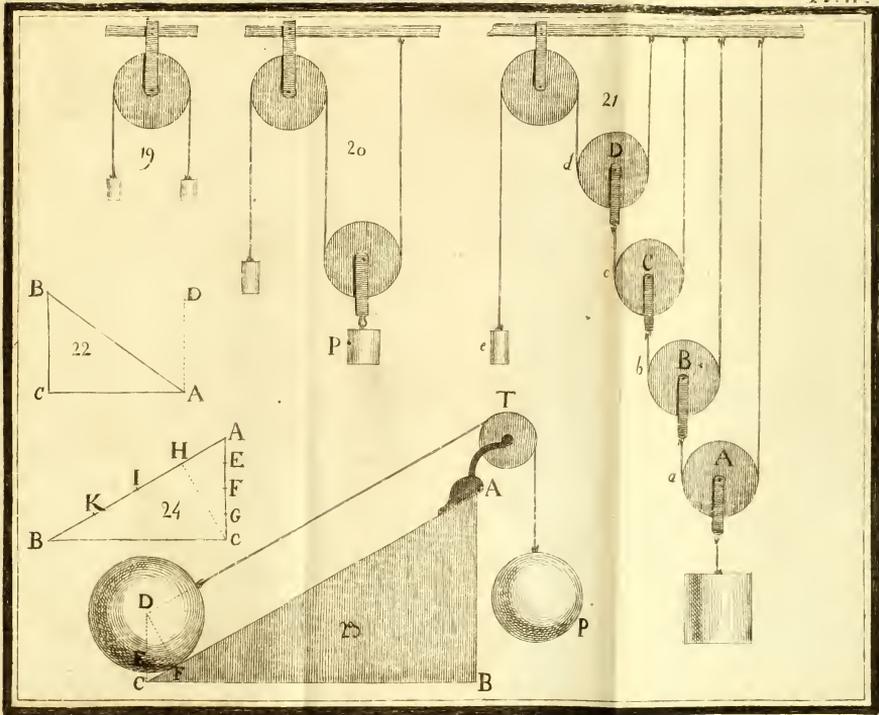
esprit, vous concevez encore que vous devez étudier votre esprit, pour juger de la simplicité & de l'utilité des méthodes. Il s'agit donc d'observer comment vous pensez, & de vous faire un art de penser, comme vous vous êtes fait un art d'écrire & un art de raisonner.

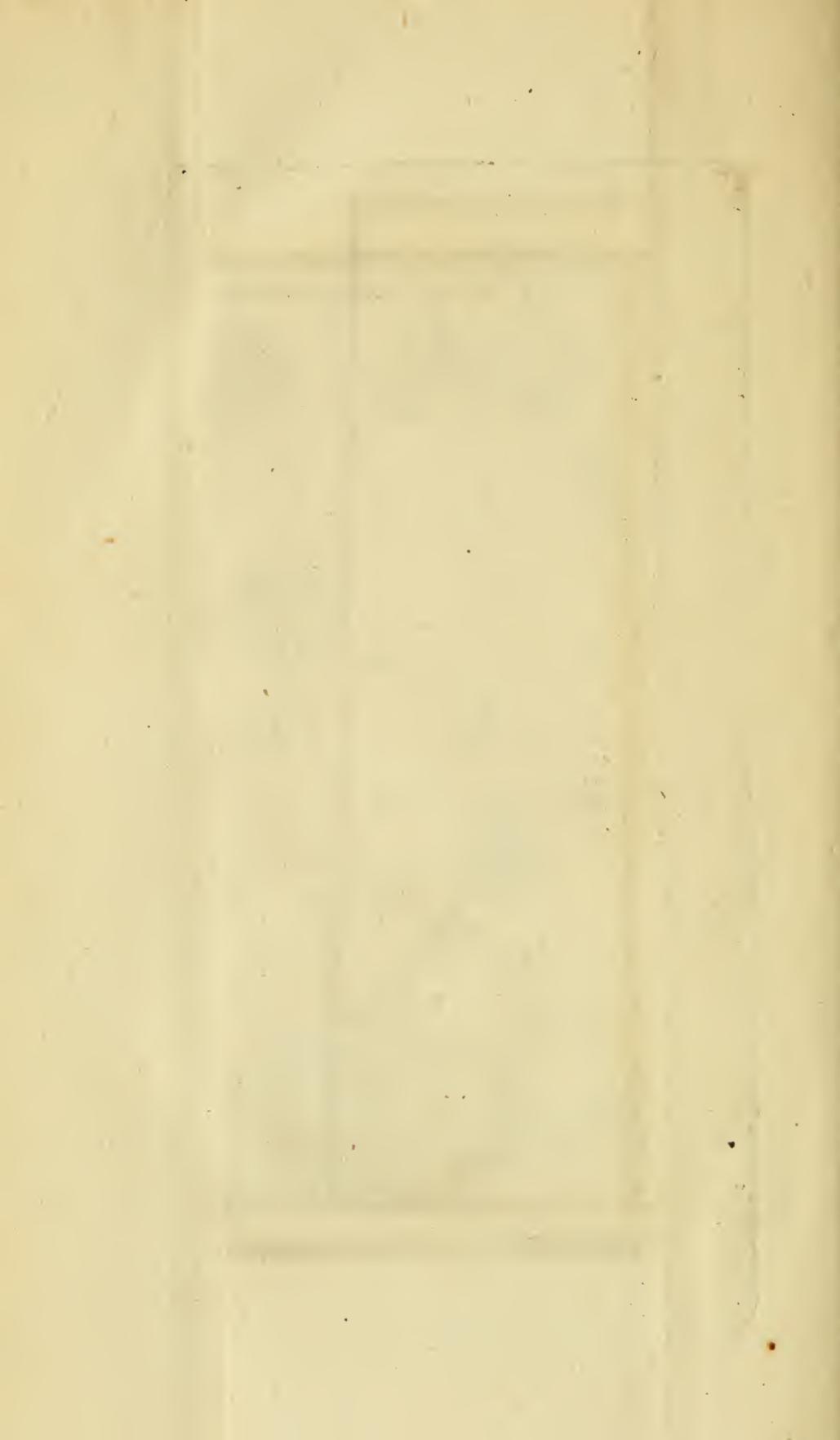
FIN du Tome troisieme.

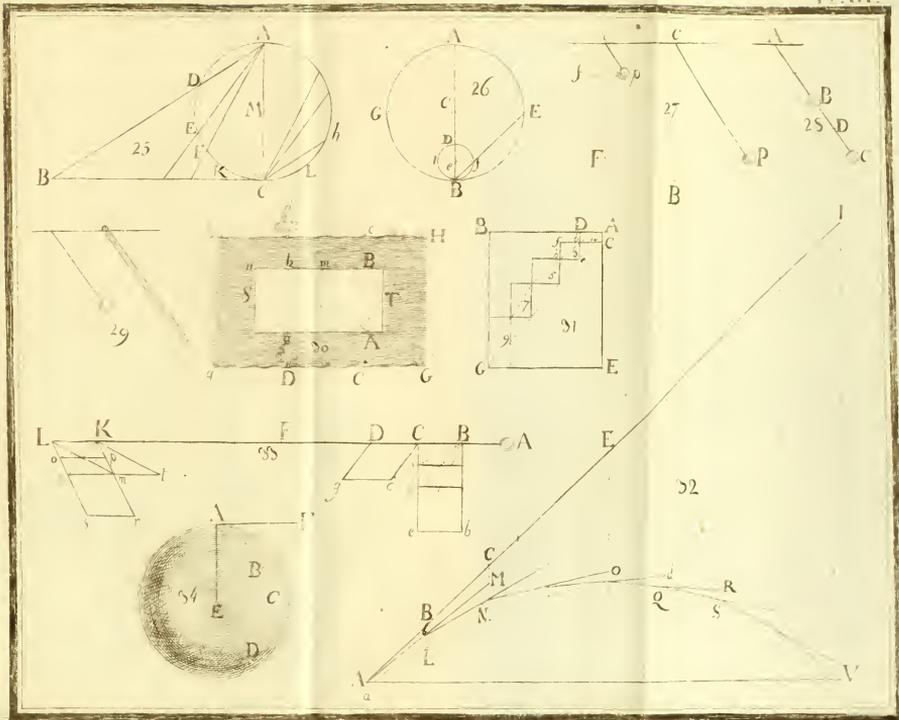


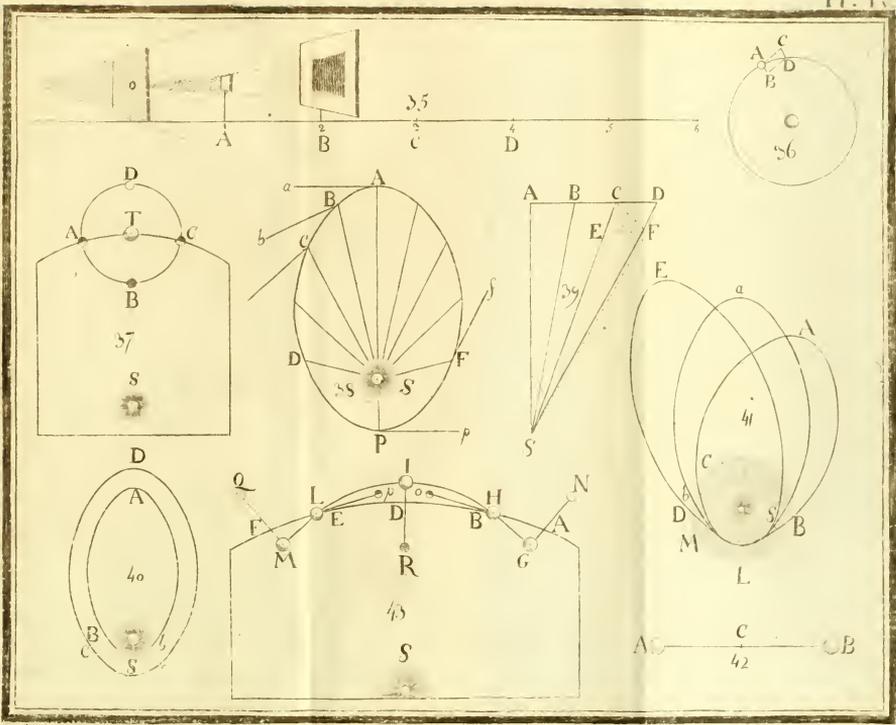


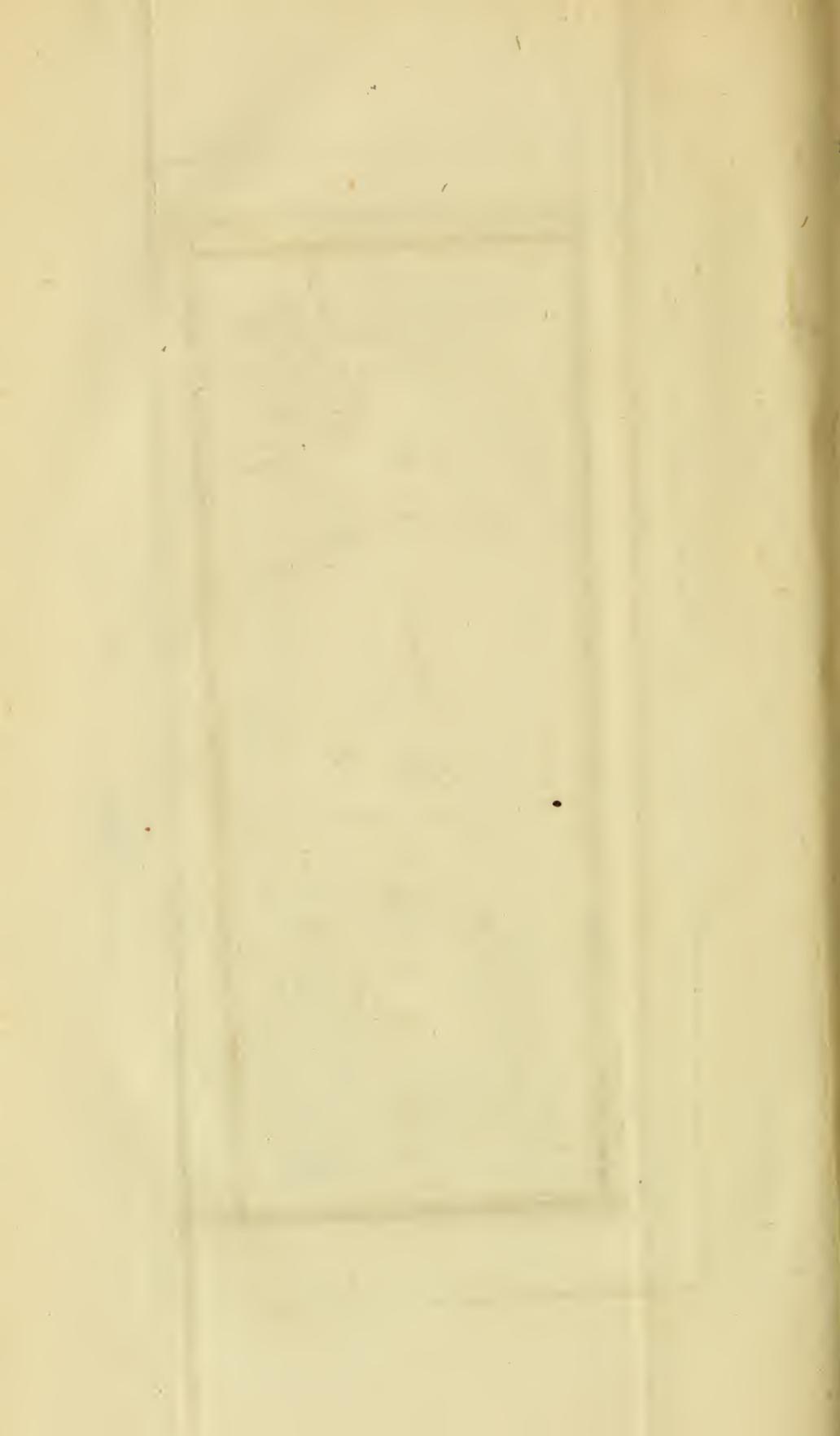


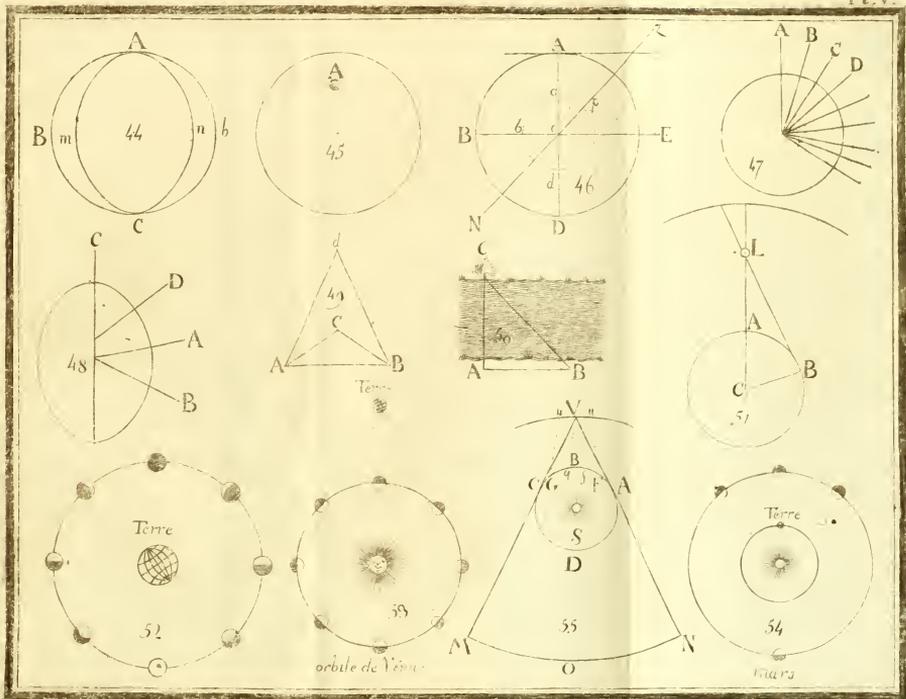






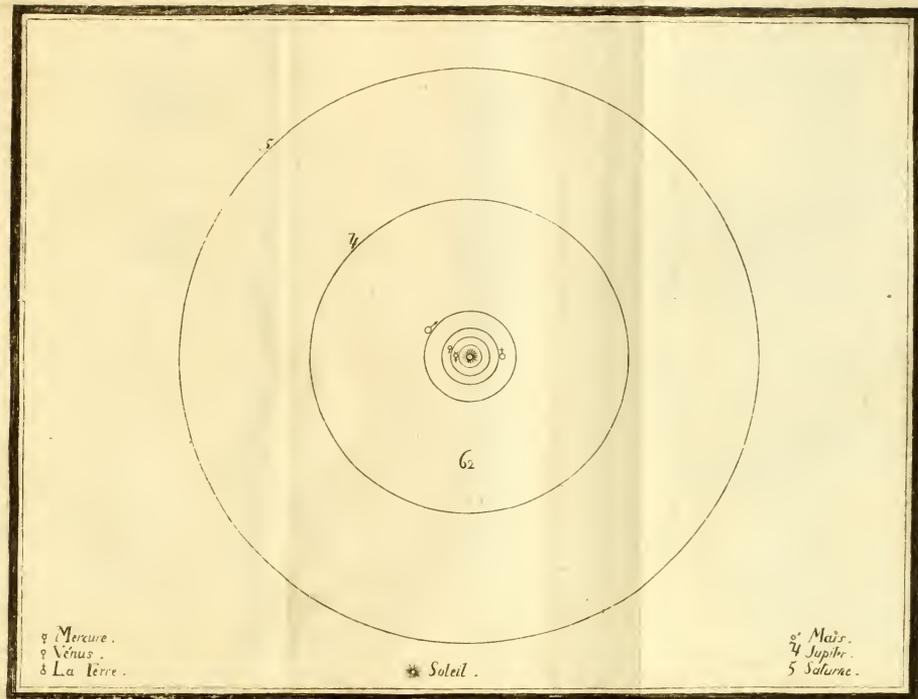


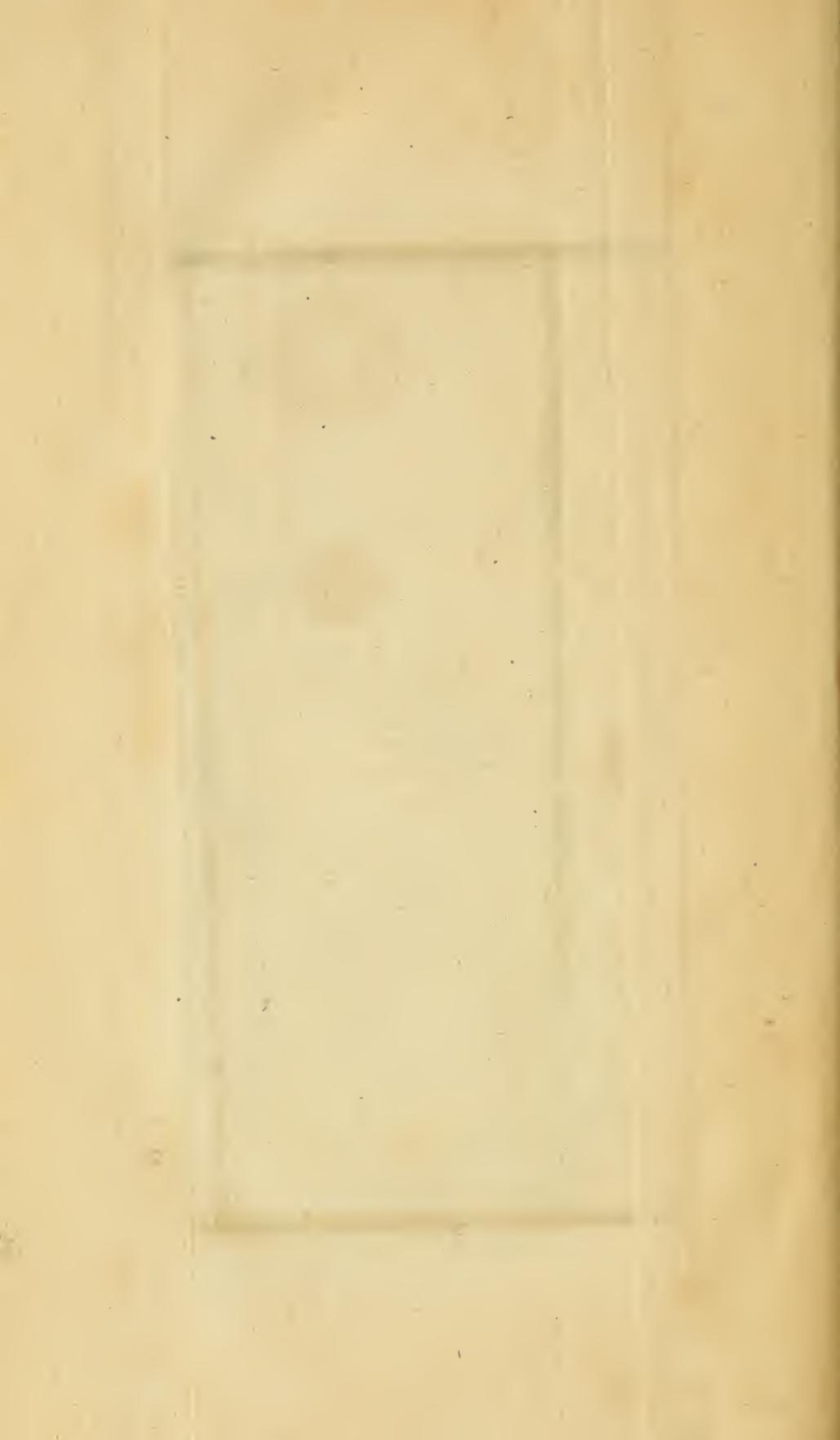


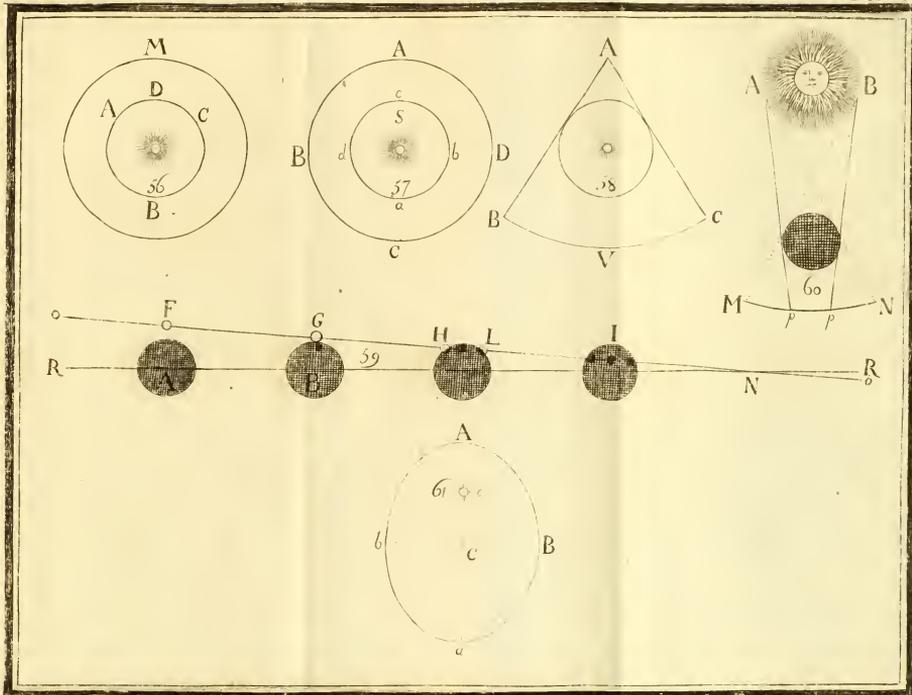


1877









La distance du 1^{er} Satellite est environ de 5 demi-
diametres de Jupiter.

du 2^e de 9.

du 3^e de 14.

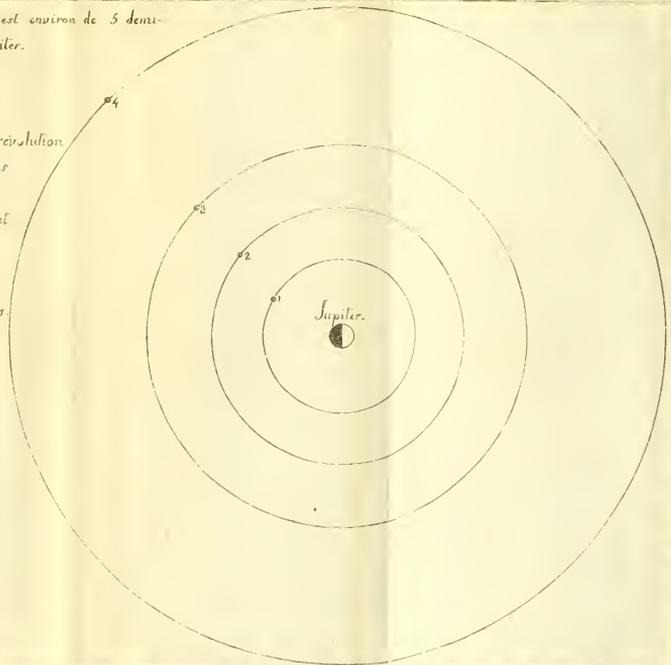
du 4^e de 25.

Le premier acheve sa revolution
environ en 1 jour, 18 heures
et demie.

le 2^e en 3 jours, 13 heures et
un quart.

le 3^e en 7 jours, 4 heures.

le 4^e en 16 jours, 18 heures.





Le 1^r Satellite est à 8 demi-diamètres de Saturne.

Le 2^e à 11.

Le 3^e à 15.

Le 4^e à 26.

Le 5^e à 108.

Révolutions.

du 1^r 1 jour, 21 heures, et quelques minutes.

du 2^e 2 jours, 17 heures, et plus de 40 minutes

du 3^e 4 jours, 12 heures, 25 minutes.

du 4^e 15 jours, 22 heures, 41 minutes.

du 5^e 79 jours, 7 heures, 48 minutes.

