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 françoise & 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.

v.3

(26566)
Hon. Chas. F. Adams.
July 2, 1891.

16 v.

TABLE DES MATIERES.

Art de Raisonner.

Pag. 1.

L'histoire de la nature se divise 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.

CHAPITRE IV.

De l'évidence de ſentiment.

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,

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

CHAPITRE VI.

CHAPITRE VII.

CHAPITRE VIII.

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 phénomene. Le lieu d'un corps est une partie de l'espace. Nous ne connoissons que le lieu rélatif. Nous ne connoissons que le mouvement rélatif. La force qui est la cause du mouvement, ne nous est pas connue. La vîtesse 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 perſévere dans ſon état de repos. Un corps mu perſévere à ſe mouvoir uniformément & en ligne droite. Nous ne connoiſſons pas la cauſe de ces phénomenes. Nous ne ſavons pas comment agit ce qu'on nomme force motrice.

CHAPITRE III.

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

Pag. 90.

Comment nous jugeons de la quantité de force. Comment nous jugeons de la vîteſſe. 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 vîtesse. Mais la résistance de l'air met de la différence dans la vîtesse de leur chûte. Comment agit l'attraction qu'on observe dans toutes les parties de la matiere.

CHAPITRE V.

De l'accélération du mouvement dans la chûte 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 chûte 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 vîtesses 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 paralléle au plan. Fig. 23. La puissance doit être au poids, comme la hauteur du plan *à la longueur. Fig. 23. Fig. 23. Vîtesse avec laquelle un corps descend d'un plan incliné. Fig. 24. Son mouvement s'accélére 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 diametre. Fig. 25. Planche III. Un pendule fait ses vibrations dans le même temps qu'il parcourroit quatre diametres 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.

LIVRE TROISIEME.

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

CHAPITRE I.

Du mouvement de projection.

Pag. 139.

Effet de la réſiſtance de l'air & de la peſanteur ſur un projectile pouſſé horiſontalement. 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 parcourrant 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 premiere.

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 vîteſſe 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 premiere un angle obtus, la vîteſſe ſera la même, ou ſera plus petite. Les propoſitions de ce chapitre ſont identiques avec celles du chapitre precédent. La loi que ſuit la peſanteur, & celle que ſuit un corps mu par deux forces qui font un angle, ſeront identiques avec pluſieurs phénomenes que nous expliquerons.

CHAPITRE III.

Comment les forces centrales agissent.

CHAPITRE IV.

Des ellipses que les planetes décrivent.

Pag. 166.

Les ellipſes s'expliquent par une ſuite de propoſitions identiques avec ce qui a déja 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 diminuation des angles n'eſt pas la ſeule cauſe qui accelere & qui retarde le mouvement.

CHAPITRE V.

Des aires proportionelles aux temps.

Pag. 169.

Fig. 38. Ce qu'on entend par le rayon vecteur, & par les arts qu'il décrit. Les aires ſon proportionelles 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 planete est constamment dirigée vers un même centre. Conséquences qui résultent de cette vérité. Pourquoi une comete 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 comete 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.

CHAPITRE IX.

CHAPITRE X.

De la pesanteur des corps sur différentes planetes.

Pag. 197.

On est parvenu à déterminer le poids des mêmes corps sur différentes planetes. Le poids d'un corps est plus grand à la surface d'une planete qu'à toute autre distance. Fig. 45. La masse & le diametre d'une planete 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 vérites 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 varieté 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 verité. L'histoire est le veritable 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.

Premieres tentatives sur la figure de la terre.

Pag. 259.

Comme le 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 audessus 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'hémisphere. Comment on imagina un autre hémisphere. 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 hémisphere peut être habité. On en fut convaincu. Alors on imagina la terre perfaitement 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.

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.

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. 161.

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. 166.

Cercles dont nous avons déja 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 pole du monde.

CHAPITRE VI.

Comment on mesure les degrés d'un méridien.

Pag. 273.

Les premieres mesures de la terre ont été peu exactes. On se trompoit en jugeant de l'élévation des étoiles par rapport à l'horison. 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 troisieme angle & les deux autres côtés. Fig. 49. Comment on mesure la largeur d'une riviere. 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 raiſonnements on s'eſt aſſuré du mouvement de la terre.

Pag. 285.

Chaque planete paroît à ſes habitants le centre de tous les mouvements céleſtes. Les différentes phaſes de la lune prouvent qu'elle ſe meut au tour de la terre. Les differentes 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 planetes ſupérieures & les planetes inférieures font leurs révolutions dans des temps inégaux. Quels ſeroient pour nous les phénomenes, ſi nous nous placions au centre de ces révolutions. Phénomenes que nous verrions de vénus. Fig. 55. Fig. 56. Pl. VI. Ces phé-

nomenes, prouvent que la terre se meut autour du soleil.

CHAPITRE VIII.

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

Le mouvement de rotation donne aux parties de la terre une force centrifuge plus ou moins grande. La pesanteur est donc moins grande sous l'équateur, & la terre est applatie aux poles. Expérience qui le confirme. 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. Celle de Newton l'est aussi. La théorie ne sauroit prouver que la terre a une figure régulière. Faux raisonnements qu'on fait pour défendre la théorie. Cette theorie porte sur des suppositions qu'on ne prouve pas. Mesures qui sembleroient prouver que les degrés ne sont pas semblables à même latitude. Quand les méridiens seroient semblables il n'est pas prouvé, 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 réguliere. Degrés mesurés en France; au Pérou, & en Laponie; au Cap de bonne espérance; en Italie. Les doutes subsistent.*

CHAPITRE IX.

Principaux phénomenes expliqués par le mouvement de la terre.

Pag. 308.

Pourquoi nous voyons le ciel comme une voûte surbaissée. Pourquoi cette voûte 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 *servent à déterminer les longitudes. Comment le même jour peut être pris pour trois jours différents.*

CHAPITRE X.

Idée générale du systême du monde.

Pag. 322.

Corps qui sont hors de notre systême 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 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 assiégé dès le berceau, & qui n'attend que le moment de vous assiéger encore, n'est pas intéressée à vous dessiller 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 : soyez 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.

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

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 combinons 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 premiere 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 barrieres 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.

fique 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 maniere 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 éleve au delà de ce que nous voyons & ſentons, elle nous éleve 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 premiere 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.

Trois sortes d'évidence.

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

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'ayez pas été à Rome, vous ne pouvez pas douter de l'existence de cette ville : mais vous pouvez avoir des doutes 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 caractere 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 différent 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'évidence 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 géométres 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 phénomenes qu'on observe, & s'assurer par-là d'un phénomene 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 manieres 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'identité 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 différents 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 différent 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 quarré, 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 quarrées 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 quarré, ou savoir qu'elle est la moitié d'une surface qu'on sait avoir deux pieds quarrés.

Après cela, vous comprendrez facilement que si nous trouvons une surface sur laquelle nous puissions appliquer successivement un certain nombre de surfaces quarrées 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 mésurée.

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 entiere du rectangle. Fig. 1. Planche I.

Or, il n'y a point de différence entre diviser un rectangle en surfaces quarrées de même grandeur, ou appliquer successivement sur toutes ſes parties une ſurface d'une grandeur déterminée.

Je conſidére donc un rectangle ainſi diviſé, & je vois que le nombre des pieds quarrés qu'il a en hauteur, ſe répéte 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 paralleles, 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

toute 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 sont 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 maniere 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'apperçoit 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 déja 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. 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 manieres.

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 briévement, 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 eſpece 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 ſera 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.*

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 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 extrémités, 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 manieres 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 caractere 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 j'amais remarqué aucune ligne droite.

C'eſt que les idées, lorſqu'elles ſont ſimples, ne s'acquiérent 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 regle, 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 regle le ſoit elle même : mais enfin une ligne droite eſt ce que vous paroît une ligne tracée avec une regle, & quoique cette apparence puiſſe être fauſſe, 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 premiere 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 paralleles, 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 premierement 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 parallele.

Qu'enfin la poſition d'une ligne par rapport à une autre eſt réciproque entre les deux : ſi l'une eſt parallele à l'autre, l'autre lui eſt parallele ; 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 A B, deux angles égaux, ou deux angles droits.

Suppoſer que cette ligne droite eſt prolongée au-deſſous de A B, c'eſt ſuppoſer qu'elle eſt prolongée dans la direction E G. Par conſéquent ſi nous ſuppoſons que G F eſt ce prolongement, ce ſera ſuppoſer que G F, ainſi que E G, fait ſur A B deux angles égaux : car ſi les deux angles étoient inégaux, l'un ſeroit plus grand qu'un angle droit & l'autre plus petit. G F, 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 parallele 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 parallele.

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

Donc ſi cette ligne eſt inclinée ſur une parallele, elle ſera 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 paralleles, 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 F G, 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 premiere, 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.

F G, dans la partie ſupérieure de la ligne A B, 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 A B: 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 maniere 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 parallele à *d e*. 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*, *c*, 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'apperçoit 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 premiere 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 & complettes de ce que c'est que *mesurer*, *rectangle*, *triangle*, *surface*, *côté*, *diagonale*. Faites vous donc des idées complettes 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 premiere 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 premiere 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 maniere, & 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 chaque 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 conſidére 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 déja 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.

Ou nous connoiſſons l'eſſence véritable d'une choſe,

1°. Ou nous connoiſſons la propriété premiere 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 *premiere*.

Ou nous n'en connoiſſons qu'une eſſence ſecondaire,

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 explique : 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 connoîtrons 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 premiere, 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'ensuit que la réflexion n'est qu'un manieres 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 particuliere.

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

Dire qu'elle remarque plus particuliérement 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 maniere de ſentir : c'eſt la ſenſation transformée. Vous voyez que cette démonſtration a le même caractere, 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 lumiere 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 rappeller, 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'eſpere 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 manieres d'être de votre ame, & les manieres d'être de cette ſubſtance ne ſont 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.

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

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.

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 paroiſſoit 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 promene, tous les tours qu'il a faits dans un jardin ; & demandez-lui pourquoi il a passe 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 étrangere. 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.

Parceque nous nous déguisons ce qui est en nous.

Enfin nous nous déguisons 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 lorsqu'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 regle les mouvements de notre corps, c'eſt l'habitude.

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

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.

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 pourrons 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. Ainsi 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

quiert ses facultés comme ses idées.

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 grossiérement. 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.

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 poësie, & 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'écoutons point ceux qui répétent 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 avions 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 premieres 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.

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

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 rappeller ?

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 lumiere 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 sentir : 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 ayent 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 lumiere. 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 sera 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 systêmes qui sont la base des sociétés. Mais ces choses vous ont déja 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 premiere question, & je vais vous la présenter sous différentes faces. C'est une précaution nécessaire pour ne rien précipiter.

Une ame, 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 touchez, 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 idée de ſon corps ?* exemple.

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 ſenſation 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 échapperoit, 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 idees 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 ſera 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. Troiſieme exemple.

Il m'eſt évident que les ſenſations de couleur ne ſont pour mon ame que differentes manieres de ſe ſentir: ce ne ſont que ſes 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.

Quatrieme 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 feroit pas plus fondé à dire, *il m'est evident que je ne me sentois 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 espece, 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 instants, 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 nature 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 déja, 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.

Commen on connoît qu'il y a des corps.

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.

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 connoiſſance, 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 maniere, & 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'appercevions 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 rélatives 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, Monfeigneur, fournit tous les matériaux de cette fcience qu'on nomme phyfique, & dont l'objet eft de traiter des corps. Mais il ne fuffit pas de recueillir des faits ; il faut autant qu'il eft poffible les difpofer dans un ordre, qui montrant le rapport des effets aux caufes, forme un fyftême d'une fuite d'obfervations.

L'évidence de fait & l'évidence de raifon doivent concourir enfemble.

Vous comprenez donc que l'évidence de fait doit toujours être accompagnée de l'évidence de raifon. Celle-là donne les chofes qui ont été obfervées, celle ci fait voir par quelles loix elles naiffent les unes des autres. Il feroit donc bien inutile d'entreprendre de confidérer l'évidence de fait féparément 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 ſyſtême. 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 phénomene.

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 maniere 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 eſpece ſe nomment phénomenes, & les loix dont ils dépendent, ſe nomment loix naturelles. L'objet de la physique est de connoître ces phénomenes & ces loix.

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

Ce qu'on entend par observation.

Mais pour découvrir des phénomenes, 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 phénomene, 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 ſots, ou des demi-ſavants qui ſont de tous les ſots les plus importuns aux yeux d'un homme ſenſé. Voulez-vous n'avoir pas peur des gens d'eſprit? Acquérez des lumieres : 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 méchaniques.

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.

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

Le mouvement eſt le premier phénomene.

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 phénomenes?

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

La vîteſſe eſt comme l'eſpace parcouru dans un temps donné.

La vîteſſe eſt la promptitude avec laquelle un corps ſe tranſporte ſucceſſivement dans l'eſpace. Par-là, vous ſentez que nous ne pouvons juger de la vîteſſe que par l'eſpace parcouru dans un temps déterminé ; & vous jugerez la vîteſſe 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 vîteſſe, 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 considérer ces choses que par les rapports, qu'elles ont entre elles & avec nous.

Etendue, matiere, corps, espace, temps, force, mouvement, vîtesse, 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 sujets à réaliser leurs abstractions ; c'est-à-dire, à supposer sans fondement que les choses ressemblent 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. Delà, 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 en repos perſévere dans ſon état de repos.

1. Un corps perſévere 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.

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 étrangére 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.

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

2. Un corps mu persévere 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.

Nous ne connoissons pas la cause de ces phénomenes.

Cette force par laquelle un corps persévere, 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.

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 perſévere 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 premiere force communiquée continue d'être ſupérieure, le mouvement ne ceſſe pas, il ſe fait ſeulement avec moins de vîteſſe.

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

On demande ſi la force motrice eſt inſtantanée & n'agit qu'au premier inſtant, ou ſi ſon action eſt continuée & ſe répéte 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 troiſieme, &c. nous ne concevons point de liaiſon entre le mouvement du ſecond inſtant, du troiſieme, &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.

L'action de la force ſe répéte-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 suivants. Nous ne saurions sortir de cette dfficulté. 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 répéte, 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, Monseigneur, 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.

Il y a trois choses à considérer dans un corps en mouvement ; la force, la quantité de matiere, & la vîtesse. 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 légere 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 caufe eft égale à fon effet, c'eft dire, en d'autres termes, que la force eft égale au mouvement.

Mais mouvoir un corps ou mouvoir toutes fes parties à la fois, c'eft la même chofe. La force qui meut, fe diftribue donc dans toutes les parties, & fe multiplie comme elles.

Si A, double de B en maffe, c'eft-à-dire, en quantité de matiere, parcourt le même efpace dans le même temps, il aura donc une force double de celle de B.

Mais fi l'effet n'eft pas le même, lorfque des corps inégaux en maffe parcourent des efpaces femblables dans le même temps; il n'eft pas le même non plus, lorfqu'étant égaux en maffe, ils parcourent dans le même temps des efpaces différents.

Si dans une feconde, A égal à B en maffe, eft tranfporté à 4 toifes, tandis que B ne l'eft qu'à 2, l'effet eft double en A. Il y a donc une force double.

Nous pouvons donc juger de la force par la maffe & par l'efpace parcouru dans un temps donné. Si la maffe eft double, la force fera 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 vîteſſe. Si la maſſe & la vîteſſe 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 vîteſſe.

Comment nous jugeons de la vîteſſe.

La vîteſſe 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 vîteſſe double.

La vîteſſe étant la même, l'eſpace parcouru ſera plus grand ſuivant le temps que le corps ſera 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 vîteſſe double, eſt mu dans un temps double, l'eſpace parcouru ſera quadruple.

Les eſpaces parcourus ſont donc entr'eux comme les produits du temps par la vîteſſe: c'eſt ce qu'on exprime encore en diſant qu'ils ſont en raiſon composée du temps par la vîteſſe.

courus par deux corps.

Dès que vous ſavez le rapport de l'eſpace avec la vîteſſe & le temps, il vous ſuffira de connoître l'eſpace & la vîteſſe pour découvrir le temps, ou de connoître l'eſpace & le temps pour découvrir la vîteſſe. Soit, par exemple, l'eſpace 12, la vîteſſe 4: vous diviſez 12 par 4, & le temps ſera 3.

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 phénomene 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.

Les poids sont comme les masses.

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 corps devroient donc tomber avec la même vîtesse.

De là il s'ensuit que tous les corps tomberoient avec la même vîtesse, 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.

Mais la résistance de l'air met de la différence dans la vîtesse de leur chûte.

La pesanteur de l'air est la cause de ce phénomene; 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.

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.

Repré-

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 phénomenes par l'impulſion, & ils ne s'apperçoivent 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 phénomenes. 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 chûte des corps.

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

Espace parcouru dans la premiere 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 chûte, 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 chûte s'accélere de seconde en seconde. Nous nous sommes donc trompés, lorsque nous avons ſuppoſé qu'il ne reçoit point de nouvelle impulſion.

Autre ſuppoſition.

En effet, ſi en A, la peſanteur qui fait tomber le corps en B, peut être conſidérée comme une premiere 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 premiere. 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 troiſieme en d, où commence le troiſieme temps. Il parcourra donc un eſpace égal à trois fois A B : il deſcendra dans la troiſieme 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'accélere dans la chûte des corps. Mais ce ſeroit encore une mépriſe, & l'obſervation, qui doit être notre unique regle, 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. 8.

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.

Comment la peſanteur agit.

C'étoit ſuppoſer que la peſanteur n'agit que par intervalles, & ſeulement au commencement de chaque ſeconde : mais cette ſuppoſition eſt fauſſe. 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 répéte ſans intervalle, dans chaque partie de chaque ſeconde, & qui, par conſéquent, accélere le mouvement à chaque inſtant. Le corps, au commencement de ſa chûte, n'a donc pas une impulſion pour tomber en B en une ſeconde : il reçoit cette impulſion partie par partie &

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 chûte, & 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 premiere ; & 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 troiſieme impulſion égale à chacune des deux autres.

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

Or, comme une premiere impulſion a fait parcourir l'eſpace A B dans le premier temps, trois impulſions égales chacune à la premiere, 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 impulſions dans le ſecond temps, je puis ſuppoſer qu'il en recevra encore deux nouvelles dans le troiſieme. Il ſera 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.

Uſage des ſuppoſitions dans la recherche de la vérité.

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 premiere 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 premiere. 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.

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

Mais la maniere dont nous venons de raiſonner ſur l'accélération du mouvement dans la chûte 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 premiere, & 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 premiere 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 ſont 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 obſervations 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 phénomenes ne démontroient pas la loi que ſuit l'accélération dans la chûte des corps, il y auroit peu de certitude dans les conſéquences que nous tirerions d'un principe auſſi peu connu que la peſanteur.

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

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

La ſomme des eſpaces eſt égale au quarré des temps.

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 quarré des temps, c'eſt-à-dire, au nombre 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 accélere celui d'un corps qui tombe. Si dans la premiere seconde, le corps qui s'éleve parcourt 7 perches, dans la seconde il en parcourra 5, 3 dans la troisieme, & une dans la quatrieme. 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 chûte. Or, nous avons vu que le quarré du temps est égal au nombre des perches : si ce temps est 10, la bombe se sera donc élevée à 100 perches.

CHAPITRE VI.

De la balance.

SOIT la ligne A B, 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 vîteſſes 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 vîteſſe. Le temps étant le même pour tous les points, les vîteſſes 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 vîteſſe, & vous venez de voir que les vîteſ-

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 quatrieme diviſion, il aura une force égale à celle de B poids de 16 livres, que je ſuſpends à la premiere; parce que 1 multiplié par 16 eſt égal à 16, comme 4 mulitiplié 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 4, eſt égal à 8. 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 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 premiere 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 horiſontal, 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.

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

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.

Direction du 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.

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

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 chûte.

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 & homogene. 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 & homogene.

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 différemférемment 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 ſuivants, 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 font pour les bras ce que les méthodes font pour l'esprit.

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

Fig. 12. Le levier quant au fond, est la même machine 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 éleverez 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 souleverez 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 vîtesses, & 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 regle 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.

Considération sur les leviers recourbés.
Fig. 14.

La regle 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 distanee 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 leviers.

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.

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'aissieu, qui tourne avec la roue, s'entortille une corde à laquelle le poids est suspendu. Le demi-diametre de l'aissieu est donc la distance où le poids est du point d'appui. L'équilibre aura donc lieu, si le rayon est au demi-diametre, comme le poids est à la puissance. Une livre, par exemple qui sera à l'extrêmité 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-diametre de l'aissieu 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'éleve.

Vous remarquerez qu'à mesure que le poids s'éleve, 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.

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

Le diametre d'une poulie eſt une balance.

Pl. II. Fig. 19.

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'extrêmité du diametre. 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.

Par le moyen d'une ſuite de poulies une

Ayant arrêté un bout de la corde à un crochet, conduiſons l'autre par deſſous une poulie mobile, & faiſons-le paſſer par deſſus 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 diametre; & les deux cordes représentent les deux puissances qui sousoutiennent 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 soutiendroit 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'abaiſſons & la rapprochons de la ligne horiſontale CA, le plan ſera moins incliné à meſure que nous l'abaiſſerons; & 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 parallele au plan. Fig. 23.

Si la puissance P est en équilibre avec le poids D, lorsque la ligne de traction TD est parallele au plan, l'équilibre cessera, & le poids D entraînera la puissance P, aussi-tôt que cette ligne cessera d'être parallele au plan. Il faut donc que la ligne de traction soit parallele 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'extrêmité 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 regle. Vous direz donc : la puissance est toujours au poids, comme la hauteur du plan incliné à la longueur. En effet, cette regle est une conséquence des faits que nous venons d'apporter. Elle n'est autre chose que ces faits mêmes exprimés d'une maniere générale. Esſayons 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'extrêmité 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'extrêmité du plus long bras du levier, & que le poids peſe à l'extrêmité du bras le plus court, à l'extrêmité 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. 23.

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 troiſieme 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 troiſieme.

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 troiſieme angle de l'un eſt encore égal au troiſieme angle de l'autre.

Il vous ſera 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 paralleles, AB & CD; & que, par conſéquent, l'angle DCA eſt égal à l'angle CAB. Rappellez-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.

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

Un corps ne deſcend pas avec la même vîteſſe, 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 tiendroit 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 ſavoir actuellement le chemin qu'il doit faire ſur la ligne AB, dans le même temps qu'il arrive de A en C.

Fig. 24.

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.

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 vîteſſe, & par conſéquent n'arriver en B qu'en quatre ſecondes.

Son mouvement s'accélére dans la proportion 1, 3, 5, 7.

Or, la peſanteur agit de la même maniere 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 premiere 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 premieres 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 horiſontale 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 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.

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 vîteſſe, 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 vîte, & la vîteſſe ſera acquiſe plutôt : ſi le plan eſt moins incliné ou plus long, l'accélération ſera plus lente, & la même vîteſſe 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.

CHAPITRE XI.

Du pendule.

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

Fig. 25. Planche III.

TIRONS plusieurs plans inclinés depuis le point A sur la ligne horisontale 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.

Les lignes AD, AE, AF, sont des cordes du cercle; & nous pouvons, dans l'autre demi-cercle, tirer des lignes qui, étant paralleles à ces premieres, 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 diametre 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 diametre. 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 horisontale BC, que s'il étoit tombé perpendiculairement de A en C.

Un pendule fait ses vibrations dans le même temps qu'il parcourroit quatre diametres 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-diametre 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 diametres du cercle.

Un corps ſuſpendu au centre M, emploie donc à une vibration le même temps qu'il emploieroit à parcourir perpendiculairement quatre diametres; 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 différent 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 L C K: il eſt vrai que cette ſuppoſition n'eſt pas exacte, puiſque les géometres 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 diametre, 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 longueur du pendule & la durée des vibrations.
Fig. 26.

Le temps des vibrations est plus court à proportion que les pendules sont plus courts. Voici quelle doit être cette proportion: AEBG & D f B i sont deux cercles dont les diametres 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 diametre.

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 f B. Or, on démontre que les arcs EB & f B, 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 vibration du pendule CB ſera double du temps de la vibration du pendule eB.

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.

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

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 problême.

Fig. 27.

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.

Dans cette ſuppoſition, ce corps tombera de P en B avec une vîteſſe, 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 sont 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 des siennes une seconde entiere.

Fig. 28. 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'extrêmité, 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 troiſieme diviſion, ſeroit égalément 12. Les vibrations de ce pendule ſe feront donc avec une vîteſſe 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 dixiemes, 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 continuérent pendant tout un jour.

L'expérience montre encore à-peu-près le centre d'oſcillation d'une barre homogene & 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 méchaniques. 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, Monseigneur, 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 ſyſtême de Newton.

CHAPITRE PREMIER.

Du mouvement de projection.

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

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

Si, ſuppoſant qu'il ne peſe pas, nous n'avons égard qu'à la réſiſtance de l'air, nous jugerons qu'il ſuivra ſa premiere direction, en perdant à chaque inſtant de ſa vîteſſe. 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 horiſontale, & 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 parallelogramme dans le même temps qu'il auroit parcouru un de deux côtés.

Pour vous repréſenter la choſe d'une maniere 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 ſont deux objets fixes, deux arbres, par exemple, placés ſur le rivage; que Cc ſont deux perſonnes ſur le rivage oppoſé ; & que A B 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 éte 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 A B ; parce que dans le même temps qu'il arrive en *b*, les enfants ſe trouvent dans la ligne *a b*, ſans avoir remarqué le mouvement qui les a tranſportés, & que, par conſéquent, ils prennent *a b* pour A B. Mais les perſonnes qui ſont ſur le rivage placées en C c, & qui fixent les yeux ſur les objets d D, ne peuvent pas confondre ces deux lignes, & voient le volant aller de A en *b*.

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

Nous pouvons donc nous faire cette regle générale : *un corps mu par deux forces dont les directions ſont 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 mû 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 horisontale A B, 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 A B.

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 A E, perpendiculaire à l'horison; & puisque dans la premiere seconde il parcourroit une perche, en descendant de A en C, en 5 secondes il feroit descendu en E, & auroit parcouru 25 perches, les espaces étant comme le quarré des temps.

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

ter

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 A G du parallélogramme A B G E représentoit la direction de la chûte, 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 A b; & qu'en *b*, poussé vers *e* & vers *f*, il se meut dans la diagonale b *h*, & 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 Fig. 52.

oblique à l'horiſon, telle que A I, la force de projection tendroit à lui faire parcourir en temps égaux les eſpaces A B, B C, &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 A B b a, dont le côté A B repréſente la force de projection, & le côté B b égal à A a, 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 b M N L.

C'eſt ainſi que de diagonale en diagonale il ne s'élevera 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 ſeroit 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 quarré 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 horiſontalement 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 premiere *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 ſont 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 horiſontalement décrit une parabole, & il importe de vous les rendre familieres, 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 premiere.

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

DEUX forces agissent dans une même direction, dans des directions contraires, ou dans des directions obliques. Il faut examiner ces trois cas.

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

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

Si lors qu'il est en B, une nouvelle force, semblable à la premiere, 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 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 A B, B C, &c. une force égale agit ſur lui dans la direction contraire L A, 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 A L, & 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 A L, & l'autre dans la direction L A, 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 lorſ-

Je ſuppoſe qu'un corps ſe meuve uniformément de A en B, & de B en C en une ſeconde, & qu'une nouvelle force, égale à la premiere, 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 premiere. 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 premiere, 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 vîtesse 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 vîtesse 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 déja dit; & vous n'aurez pas besoin que je vous la fasse remarquer.

Elle augmente encore lorsque les forces agissent à angle aigu.

Si la nouvelle force agit à angle aigu, vous concevez que sa direction approche d'autant plus de celle de la premiere, que l'angle sera plus aigu. De-là nous tirons deux conséquences, l'une qu'elle augmentera la vîtesse, 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 premiere, a sa direction dans la ligne C c; DCc sera l'angle aigu formé par les deux directions. Or, plus cet angle est aigu, plus l'angle gcC est obtus & plus aussi la diagonale C g est grande. Mais cette diagonale est l'espace parcouru, & elle exprime la vîtesse du corps.

Si la seconde force fait avec la premiere un angle obtus la vîtesse sera la même, ou sera plus petite.

La vîtesse 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 vîtesse pourra rester la même, ou être plus petite.

Supposons que cette force, égale à la premiere, lorsque le corps est en K, agisse dans la direction K n z; alors la diagonale K n du parallélogramme KL n m sera égale à K n; car le parallélogramme est divisé en deux triangles dont les côtés ſont égaux. La vîteſſe du corps ſera donc la même qu'auparavant.

Si la nouvelle force étoit la moitié de la premiere, la vîteſſe du corps ſeroit diminuée ; car alors K p repréſenteroit la nouvelle force, & K o, plus court que K n, ſeroit la diagonale parcourue

Si la nouvelle force eſt le double, & qu'agiſſant toujours dans le même angle obtus, elle ſoit repréſentée par K r, la vîteſſe repréſentée par K s, ſera augmentée.

Si cette force agit dans un angle plus obtus, & par conſéquent dans une direction plus oppoſée, telle que K t, le corps parcourra la diagonale K m égale à K L ; & par conſéquent ſa vîteſſe ne ſera point augmentée, quoique la nouvelle force ſoit plus grande que la premiere.

Vous comprenez donc que, ſi elle avoit été égale, la vîteſſe 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 manieres d'exprimer, ſuivant la différence des cas, cette

Les propoſitions de ce chapitre ſont

identiques avec celles du chapitre précédent.

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, seront identiques avec plusieurs phénomenes que nous expliquerons.

Nous avons vu que la pesanteur est une force capable de faire parcourir une perche dans une premiere 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 systême du monde. Il suffira, pour expliquer les phénomenes, de considérer la loi que suit la pesanteur à toute distance, & la loi à la quelle 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 loix, 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 vîteſſe ; & vous pouvez déja 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 reviendroit 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 A F ; vous voyez que ces deux lignes font un angle droit, que A F repréſente la direction de la force de projection du boulet, & que A E 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 vîteſſe double : & dire qu'il ſe meut avec une vîteſſe 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 ou l'attraction agit en raiſon directe de la quantité de matiere.

La gravité, c'eſt ainſi qu'on nomme encore la force centripete, agit en raiſon directe de la quantité de matiere ; c'eſt-à-dire, que deux corps s'attirent à proportion de leur maſſe. En effet, l'attraction n'eſt dans la maſſe, que parce qu'elle est dans chaque particule : elle sera 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 distances.

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 derniere proposition. Fig. 35. Planche IV.

Si, faisant passer la lumiere 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 lumiere, qu'il recevoit en A ; en C que la neuvieme ; & en

D que la ſeizieme. 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 ſeroit quatre fois moins échauffée, par la même raiſon qu'elle ſeroit quatre fois moins éclairée. A une diſtance triple, elle ſeroit 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 phénomene, 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 phénomenes.

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 different que par des acceſſoires, que je vous ai expliqués (*)

Les phénomenes, 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.

Le poids d'un corps à une

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

(*) Dans un dictionnaire des ſynonymes françois.

trois

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 troiſieme 16. Car toutes ces propoſitions diſent au fond la même choſe, & ne différent que par l'expreſſion.

diſtance quelconque eſt au poids ſur la ſurface de la terre comme l'unité au quarré 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 quarré 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 quarré 3600: ſi au contraire ſur la ſurface il ne peſoit qu'une livre, il ne peſeroit à 60 rayons que la 3600e partie d'une livre.

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

La vîteſſe avec la quelle un corps deſcend, eſt en raiſon inverſe du quarré 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 3600e partie d'une perche.

Si je veux savoir dans quel temps il doit parcourir à cette distance, les 3600 parties, ou la perche entiere, je n'ai qu'à me rappeller 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 chûte.

Quelle est sa 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 orbite 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 parallele, &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 27e. partie.

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

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

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, & décrivoit 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 moin à écarter ces deux planetes. Ajoutons que cettte 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 déja été prouvé.

LA lune autour de la terre, les planetes & les cometes autour du ſoleil, décrivent des éllipſes. 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 déja 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 font toujours des angles, ils ſe meuvent de diagonale en diagonale.

Un corps jeté dans la direction A a, est attiré par le soleil dans la direction A S, 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 B b ; mais il est attiré à angle aigu dans la direction B S ; 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 planete, 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 P p, fait un angle droit avec P S, direction de la pesanteur : la planete 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 F f, fait un angle obtus avec F S, direction de la pesanteur : le mouvement sera donc encore retardé ; & il le sera jusqu'à ce que la planete 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 diminution des angles n'est pas la seule cause qui accélere & qui retarde le mouvement.

raison qui accélére & qui retarde le mouvement. 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'accélération & le retardement ont donc encore une autre cause. En effet, la planete accélére 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 proportionelles aux temps.

L'AIRE d'un triangle eſt l'eſpace renfermé dans ſes trois côtés. Tels ſont les eſpaces ASB, BSC, &c. Lorſque la planete 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 planete à l'autre bout ; & qui étant tranſportée avec elle, balaye, pour ainſi dire, chaque aire, à meſure que la planete 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 planete 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 planete ſont proportionelles aux temps, c'eſt-à-dire, égales en temps égaux. Kepler eſt le premier qui ait décou-

Les aires ſon proportionelles aux temps.

vert ce phénomene, & 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 planete se meut dans une orbite circulaire.

Lorsqu'une planete 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 planete 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 planete se

Lorsque le cours de la planete 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 paralleles 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 planete 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 systême 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 planete 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 quelqu'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 vîtesse ; & que la vîtesse ne peut augmenter, que la force centrifuge n'augmente également. Par une raison contraire sa vîtesse 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 vîtesse 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.

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

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 B A : car, dans cette ſuppoſition, vous voyez qu'il s'élevera 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 A b. Si, à une certaine diſtance du ſoleil, vous jetez ce même corps dans une direction parallele à B A, il ira, par exemple, de C en D ; & continuant dans cette courbe, il décrira l'éllipſe C D c. Ce ſont-là des conſéquences de ce que nous avons dit plus haut, ou des propoſitions identiques avec des propoſitions que nous avons démontrées.

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

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 trouvaſſent aucune ſorte de réſiſtance : mais la lumiere qui traverſe tous les eſpaces céleſtes, & les particules ſubtiles qui s'échappent vraiſemblablement des cometes & des planetes, 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 centripete, reſte toujours la même, il faut que toutes les planetes s'approchent continuellement du ſoleil, quoique d'une maniere inſenſible. Il ne faut donc plus qu'un certain nombre d'années, pour voir toutes les planetes 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 croyent déja avoir obſervé quelques petites altérations dans l'orbite des planetes. Ce ſont-là des conjectures. Voyons cependant comment une comete peut tomber dans le ſoleil.

Comment une comete peut tomber dans le ſoleil.

On a obſervé que le ſoleil a une grande atmoſphere. 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'atmosphere 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 alongée, elle s'élévera 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 croyent nécessaire pour nourrir cet astre, qui s'épuiseroit insensiblement, répandant la lumiere dans tout le systême. Fig. 41.

Si la comete décrivoit une orbite, telle que celle que nous avons tracée plus haut, il faudroit 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 obſervée.

l'excentricité eſt aſſez ſenſible pour être obſervée. C'eſt pourquoi dans l'hémiſphere 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 révolutions ſont plus courtes, à proportion que les planetes ſont plus près du ſoleil.

Par tout ce que nous avons dit, vous comprenez 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 vîteſſe 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 vîteſſe. Cela eſt confirmé par les obſervations.

CHAPITRE VI.

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

L'ATTRACTION eſt dans le corps en raiſon de la quantité de matiere. 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 ſera attiré; &, par conſéquent, ils s'approcheront avec des vîteſſes 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 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 supposions 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 empéche 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 une 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 tiendroit 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 matiere, 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 planetes 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 chercheriez 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 diametres 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.

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

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 entiere, la lune ſe trouvant de nouveau dans ſon plein, le même centre ſoit en A : & qu'enfin F D A ſoit l'orbite que ce centre décrit autour du ſoleil.

Si nous partageons en ſuite la lunaiſon en 4 parties égales, après la premiere, 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

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 M L I H G: 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 F D A; car M F, ou D I, 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 M Q, qui elle même n'eſt pas la 300.me de la diſtance F S. 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; ce sont à peu près les distances moyennes où ces planetes sont du soleil. vi.e entre les planetes & le 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 gavité 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 169281, 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 considérable 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.

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.

Fig. 43.

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'accelere 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 differents, 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 décriroit 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 ſyſtême de Newton: elles le confirment au contraire.

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

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.

Irrégularités produites dans le cours des planetes par leur gravitation mutuelle.

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 lecours 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 obſervations. 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 hipotheſes, qui paroiſſoient 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 applatie, 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.

CHAPI-

CHAPITRE IX.

Du rapport des diſtances aux temps périodiques.

Il y a néceſſairement un rapport entre les diſtances, & les temps périodiques.

DEUX 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 centripetes & 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.

Dès-là tout eſt déterminé, & la diſtance de ces corps, & les orbites qu'ils décrivent, & la vîteſſe avec laquelle ils les parcourent.

En effet, les loix de l'équilibre déterminent les différentes diſtances où chaque planete 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 vîteſſe 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 expli-

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 systême du monde.

Enfin, nous venons de voir le rapport des temps périodiques aux distances. Or, Monseigneur, toutes ses loix s'accordent avec les phénomenes, & se démontrent les unes par les autres ; il ne faut qu'observer & calculer pour s'en convaincre. Les deux dernieres 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 cometes, 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 ſait que cette orbite & le temps périodique ſont un effet de la force de projection & de la peſanteur : on ſait ce que la lune peſe à 60 rayons, ce qu'elle peſeroit ſur la terre : on ſait quelle eſt ſa vîteſſe dans un cas, & quelle ſeroit ſa vîteſſe 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 ſyſtême 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 balance ; & 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 planete qu'à toute autre diſtance.

Le poids d'un corps ſur une planete n'eſt que l'effet de la force attractive qui agit de la planete ſur un corps, & réciproquement du corps ſur la planete.

Cette force eſt dans chaque particule ; elle eſt donc compoſée d'autant de forces particulieres, 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 matiere.

Fig. 45.

Il ſuit de là que le poids des mêmes corps eſt plus grand à la ſurface d'une planete, 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, devroit être d'autant plus attiré qu'il en ſeroit plus près : mais vous voyez que la matiere qui s'étend au deſſus, en diminue néceſſairement le poids, à proportion qu'étant en plus grande quantité, elle attire davantage.

La maſſe & le diametre d'une planete

Si les planetes 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 matiere qu'elles renferment.

étant connus, on peut juger du poids des corps à ſa 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 quarre 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 matiere, & 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 matiere: 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 conviendrez que c'eſt beaucoup.

CHAPITRE XI.

Conclusion des chapitres précédents.

L'univers n'est qu'une balance.

QUE 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.

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 commodément des effets différents : mais dans le principe, toutes ne ſont 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 ſattellites, & les cometes.

Toutes les vérites 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 premiere 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 maniere 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 ſyſtême 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 ſuivants.

LIVRE QUATRIEME.

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

CHAPITRE I.

Réflexions sur l'attraction.

Ce seroit une erreur de supposer que l'attraction suit toujours la même loi.

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.

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 toujours proportionnelle à la quantité de matiere. Il sembleroit donc qu'elle devroit 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.

Il faut être en garde contre la manie de généraliser.

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.

Les Newtoniens ne sont pas tout-à-fait exempts de reproches à cet égard.

Les Newtoniens ne sont pas tombés à cet égard dans les plus grands excès ; 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.

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 reconoître par tout. Je vais vous donner quelques exemples de cette attraction, qui agit à de petites distances.

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.

Exemples de cette attraction.

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, céde à la peſanteur.

Je ne vous parlerai pas des expériences qui ſemblent prouver que l'attraction détourne de la ligne droite les rayons de lumiere. Je ne vous parlerai pas non plus de l'attraction du magné tiſme, 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 maniere 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 cédent 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, ensorte 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 premiere situation, aussi-tôt que la pression cessera. Tel est le phénomene 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 matiere, 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 phénomenes? Il se peut qu'elle le soit; mais ignorant la maniere dont elle agit, comment nous en assurer? il n'y a point de regle pour bien raisonner, quand les observations manquent.

Tantôt l'action des corps qui s'attirent est en raison inverse du quarré 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 phénomenes.

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 premiere loi. Ce n'est pas celle du quarré, 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 phénomenes 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 hypotheſes, 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'aſſurer qu'on ne peut plus rien découvrir, qu'il ſeroit peu raiſonnable d'aſſurer qu'on a tout découvert.

Queſtion vaine au ſujet de l'attraction.

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 phénomene, & c'eſt aſſez. N'êtes-vous pas étonné de voir des hommes vouloir décider de ce qui eſt eſſentiel 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 employoient le même temps à observer, la philosophie feroit plus de progrès.

Qu'est-ce donc enfin que l'attraction ? C'est un phénomene qui en explique plusieurs autres; mais qui est encore bien éloigné de les expliquer tous, & qui suppose lui-même, ou paroît au moins supposer un principe plus général.

CHAPITRE II.

De la force des conjectures.

LES conjectures font le degré de certitude le plus éloigné de l'évidence ; mais ce n'eft pas une raifon pour les rejeter. C'eft par elles que toutes les fciences & tous les arts ont commencé : car nous entrevoyons la vérité, avant de la voir ; & l'évidence ne vient fouvent qu'après le tatonnement. Le fyftême du monde que Newton nous a démontré, avoit été entrevu par des yeux qui n'avoient pu le faifir, parce qu'ils ne favoient pas encore affez voir. Utilité des conjectures.

L'hiftoire de l'efprit humain prouve que les conjectures font fouvent fur le chemin de la vérité. Nous ferons donc obligés de conjecturer, tant que nous aurons des découvertes à faire ; & nous conjecturerons avec d'autant plus de fagacité, 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, & incrédules 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 ſyſtêmes 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 ſureté 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 déſeſpére 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.

Quel eſt le plus foible degré de conjecture.

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.

Uſage qu'on en doit faire.

Si on ne veille pas ſur ſoi, on donnera à cette maniere de raiſonner plus de poids qu'elle 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 excentriques elliptiques, &c. l'esprit ne sait 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 demande pourquoi il la préféreroit.

Les conjectures du second degré sont celles, où, de plusieurs moyens dont une chose peut être produite, on préfére 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 premiere loi suffit pour produire une suite de phénomenes, Dieu n'en a pas employé deux; que s'il en a fallu deux, il les a employées, & qu'il n'en a pas employé une troisieme. Ainsi les premieres loix de l'univers sont simples, parce que toutes sont également nécessaires relativement aux phénomenes qui doivent être produits. 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 subordonnées, & 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 phénomene étoit produit par une cause particuliere & unique. Ce seroit compliquer le tout que de supposer autant de causes que de phénomenes ; & il est plus simple que plusieurs causes concourent à la production de chacun, lorsque ces causes existent déja, & qu'elles sont autant de conséquences d'une premiere loi. Il doit donc y avoir dans la nature beaucoup d'effets compliqués, & qui par cette raison même n'en sont 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 phénomene, 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 quatrieme moyen.

Or, le moyen le plus simple c'est de faire tourner la terre sur elle-même, & autour du foleil. Vous en ferez convaincu : mais vous remarquerez que ce principe n'eft pas ce qui démontre le mieux la vérité du fyftême de Copernic.

On veut toujours rapporter tout à une feule caufe : ce défaut eft général. Il femble qu'on entende les philofophes crier de tous côtés; *les moyens de la nature font fimples. Mon fyftême eft fimple, mon fyftême eft donc celui de la nature.* Mais encore un coup, il eft rare qu'ils foient juges de ce qui eft fimple & de ce qui ne l'eft pas.

Les conjectures ne font 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 connoiffances. C'eft à elles à indiquer les expériences à faire : il faut qu'on ait quelque efpérance de pouvoir un jour les confirmer, ou de pouvoir y fubftituer quelque chofe de mieux; &, par conféquent, il n'en faut faire qu'autant qu'elles peuvent devenir l'objet de l'évidence de fait & de l'évidence de raifon.

Rien n'eft donc moins folide qu'une conjecture, qui eft de nature à ne pouvoir jamais être confirmée ni détruite. Telle font, par exemple, celles des Newtoniens pour expliquer la folidité, 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 regles 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 a différents degrés de certitude.

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.

Analogie des effets à la cauſe & de la cauſe aux effets.

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.

Exemple où l'analogie prouve que la terre ſe meut ſur elle-même & autour du ſoleil.

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.

Nous

Nous ne ſommes pas dans les autres planetes 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 planetes nous remarquons des cauſes.

Or, il eſt évident que ces cauſes doivent produire dans ces planetes 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 eſpéce 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 maniere : 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 premiere. 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, rappellez 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 derniere analogie eſt tirée de cette regle 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 quatrieme 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 exeption 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 planetes :

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 sauroit 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 reſſemblance.

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 phénomenes dans mercure & dans ſaturne, qu'elle produit ailleurs. Car tout ſyſtême 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 troiſieme 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 ſyſtême 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'habitions. Or, des raiſons qui prouvent également pour toutes les planetes ne prouvent pour aucune. Il ne faut donc pas croire que le ſyſtême 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 long-temps 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 vénus. Cependant il seroit encore plus raisonnable de la supposer habitée.

Elle ne prouve pas le même que les cometes le sont.

Mais quel jugement porterons-nous des cometes ? 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 espece. Il faut me passer la supposition toute violente qu'elle est. Si la premiere 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 premiere 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 employe la même adreſſe, la même induſtrie que moi, il fait, en un mot, tout ce que je fais moi-même avec réfléxion.* Alors il lui ſuppoſera avec plus de fondement le même principe de ſentiment qu'il apperçoit en lui-même.

S'ils confidérent enfuite qu'ils fentent & qu'ils fe meuvent l'un & l'autre par les mêmes moyens ; l'analogie s'élevera à un plus haut degré de certitude : car les moyens contribuent à rendre plus fenfible le rapport des effets à la caufe.

Lors donc que chacun remarque que fon femblable a des yeux, des oreilles, il juge qu'il reçoit les mêmes impreffions par les mêmes organes, il juge que les yeux lui font donnés pour voir, les oreilles pour entendre, &c. Ainfi comme il a penfé que celui qui fait les mêmes chofes que lui, eft fenfible ; il le penfe encore avec plus de fondement, lorfqu'il voit en lui les mêmes moyens pour le faire.

Cependant ils s'approchent, ils fe communiquent leurs craintes, leurs efpérances, leurs obfervations, leur induftrie, & ils fe font un langage d'action. Ni l'un ni l'autre ne peut douter que fon femblable n'attache aux mêmes cris & aux mêmes geftes les mêmes idées que lui. L'analogie a donc ici une nouvelle force. Comment fuppofer que celui qui comprend l'idée que j'attache à un gefte, & qui par un autre gefte en excite un autre en moi, n'a pas la faculté de penfer ?

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 opérent, & 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.

Le 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 derriere 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 phénomenes 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.

Comme la terre paroît immobile, elle paroît une ſurface plate.

Il faut d'abord dans ces ſortes de queſtions diſtinguer l'apparence de fait, de l'évidence de fait. Sans cela on précipitera ſes jugements, & 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 phénomene 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 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 reparoît 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.

Comment au-dessus de cette surface on traça une portion des tropiques.

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 pole à l'autre. Je dis *en faisant* ; car alors il ne s'agissoit pas encore de distinguer l'apparence du fait.

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 différents 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 derriere soi, s'abaissoient, & que quelques unes même disparoissoient. De ce fait évident, on tira une conséquence évidente ; c'est qu'on avoit voyagé sur une surface courbe.

Comment 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 pole du monde. Par là il fut prouvé que l'hémisphere est convexe selon deux dimensions perpendiculaires l'une à l'autre. En conséquence on abaissa les lignes qu'on avoit décrites dans les cieux, & on eut sur la terre des méridiennes, & des arcs qui, paralleles à l'équateur, diminuent à proportion qu'ils approchent du pole, en sorte que le dernier coïncide avec le point où les méridiennes concourent.

Idée qu'on se fait de l'hémisphere.

Dès que les méridiennes concourent aux

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 hémiſphere un certain nombre de méridiennes, & ſuppoſons que vous voyagez dans une direction perpendiculaire à ces lignes, c'eſt-à-dire, dans un des arcs paralleles 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 hémiſphere.

Le mouvement diurne & apparent des cieux mettoit dans la néceſſité d'imaginer un autre hémiſphere à la terre. On le conjectura également convexe, parce qu'on n'avoit pas de raiſon pour l'imaginer autrement. Dès-lors on alla vîte de conjecture en conjecture. On dit, s'il y a un autre hémiſphere, 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 ayent 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 peſent 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 hémiſphere. 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'équilibre 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 variassent 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.

& on comprit comment l'autre hémisphere peut être habité.

Cependant quoique leur théorie les eût jettés 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 hémisphere plutôt que dans un autre, & on peut prévoir qu'il feroit poffible un jour de voyager dans des pays qui paroiffoient fabuleux.

On en fut convaincu.

Cependant jufqu'à ce qu'on eût fait le tour de la terre, l'exiftence des antipodes n'étoit qu'une conjecture plus ou moins forte ; auffi fut-elle condamnée par des théologiens. Mais fi 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 fe rendre à l'évidence de fait.

Alors on imagina la terre parfaitement fphérique.

A peine eut-on lieu de juger que la terre eft ronde, qu'on fe hâta de la juger fphérique. Il parut naturel de lui fuppofer cette figure : premierement, parce qu'on n'avoit pas encore affez de raifon pour en imaginer une autre. En fecond lieu, parce que c'eft de toutes les figures rondes, celle que l'efprit faifit le plus facilement. Si de pareils raifonnements ne prouvent rien, ils perfuadent. Auffi n'eft-ce que dans ces derniers temps, qu'on a commencé à former des doutes fur la fphéricité de la terre.

Preuve qu'on crut en donner.

Un principe, adopté fans preuve, jetta dans l'erreur. On fuppofa gratuitement que tous les corps pefent 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'éléve peu au-deſſus du niveau de la mer, il eſt prouvé que la terre eſt une ſphere.

On ne raiſonnoit pas conſéquemment.

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 toujours trop ou trop peu. Au reſte j'ai oublié de vous rapporter une des raiſons qui a fait juger que le monde eſt une ſphere ; c'eſt dit-on, que la rondeur eſt la figure la plus parfaite. Ne trouverez vous pas ce principe bien lumineux ? mais ſuppoſons que la terre eſt parfaitement ronde, & voyons comment on eſt parvenu à la meſurer, & à ne ſavoir plus quelle figure lui donner.

CHAPITRE II.

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

Comment on se represente le plan de l'équateur, & celui du méridien,

AUSSITÔT qu'on jugea que la terre est ronde, on continua ces courbes qu'on avoit tracées au-dessus de notre hémisphere, & on acheva les cercles commencés. Vous comprenez qu'il suffisoit pour cette opération de remarquer des points fixes dans les cieux.

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 maniere vous concevrez chaque méridien comme un plan, qui les partage également en deux, & qui tombe perpendiculairement sur le plan de l'équateur.

& celui de l'horiſon.

Vous vous faites une idée de l'horiſon, 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'horiſon ſenſible*.

Ce plan touche la terre dans le point où vous êtes arrêté : mais vous pouvez vous repréſenter un plan parallele qui partagera le globe en deux hémiſpheres égaux : ce plan eſt ce qu'on nomme *l'horiſon vrai* ou *rationnel*.

Si vous conſidérez que la terre eſt un point par rapport aux étoiles, vous jugerez que ces deux horiſons 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'horiſon en changeant de lieu, & par conſéquent il y a autant d'horiſons que de points ſur la ſurface de la terre.

Placez-vous ſur l'équateur, vous voyez que le plan de l'horiſon fait un angle droit avec le plan de l'équateur. Tranſportez vous au pole, le plan de l'équateur & celui de l'horiſon coïncideront. Enfin à différentes diſtances de l'équateur ou du pole, ces deux plans feront des angles différents. Cela étant, vous jugerez des différentes diſtances où vous ſerez du pole ou de l'équateur, ſi vous trouvez un moyen pour meſurer les angles de deux plans.

L'angle du plan de l'horiſon 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 ſphere 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 pole à l'autre. C'est sur cette ligne que les cieux 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 pole, ou par rapport à l'équateur.

Pour découvrir la position des lieux qui sont entre le pole & 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 pole; 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 pole, &, 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 *z p c*.

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 Téneriffe, & 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 pole.

Si

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 pole. 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 ſait 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 déja 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 cinq 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 ſiecles, 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.

Le zodiaque.

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*.

Différence des ſaiſons ſuivant le cours du ſoleil.

Dans la partie ſeptentrionale, le ſoleil commence le printemps, lorſqu'il eſt au premier degré du belier: l'été, lorſqu'il décrit le tropique 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 nótre 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.

Le jour considéré par opposition à la nuit.

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.

Sphere droite qui donne les jours égaux aux nuits.

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 ſera 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 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 pole. 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.

Les équinoxes.

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 solstices.

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 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 néceſſairesà 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, juſqu'au moment où il y revient.

Ce jour excede 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'excedent 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 déja 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'horiſon 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 déja parlé.

Axe de l'écliptique.

Imaginez une ligne qui traverſe perpendiculairement le plan de l'ecliptique ; elle en ſera l'axe, & vous vous en repréſenterez les poles aux deux extrémités.

Ses poles décrivent des cercles polaires.

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.

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.

Les zones.

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 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 pole de ce cercle.

Le mouvement des cieux par rapport aux révolutions diurnes & par rapport aux révolutions annuelles.

Vous pouvez conſidérer le mouvement apparent des cieux 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.

Inclinaiſon de l'axe de la terre.

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, 51 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 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 etoit, 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 daus 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'éqninoxe arrive avant que le ſoleil ait achevé ſa révolution annuelle.

Comment on a déterminé plus exactement le pole du monde.

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 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.

Les premieres mesures de la terre ont été peu exactes.

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 siecle on ne savoit encore quel jugement porter, lorsque Louis XIV ordonna de prendre de nouvelles mesures. On avoit alors de meilleurs instruments que jamais, & les méthodes avoient été perfectionnées. De sorte que Picard ayant éxécuté les ordres du roi, on crut connoître enfin la véritable grandeur de notre globe. Mais toutes les opérations de ce géometre 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 phénomene, 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'atmoſphere, & l'atmoſphere 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 degrés du méridien 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 horisontale.

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.

Il n'en sera pas de même, si la courbure de la terre est inégale ; car les lignes A & B

Fig. 48.

qui tombent perpendiculairement ſur la ſurface applatie, 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 applatie vers les poles, ſi les degrés du méridien ſont plus grands au pole qu'à l'équateur.

L'amplitude d'un arc du méridien.

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.

Comment on détermine cette amplitude.

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 pourroit 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-diametre 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 grandeurs 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

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 A C & B C, & celle des lignes A d & B d.

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 A B. 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 connoîtra 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 troisieme 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 connoîtra de même la base du troisieme. En un mot, par cette méthode on détermine les côtês 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 lal ongueur 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.

tance des astres 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 phénomene 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'immenſité 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 propotion 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 *parallactique*. 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 premieres 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 raiſonnements on s'eſt aſſuré du mouvement de la terre.

Chaque planete paroît à ſes habitants le centre de tous les mouvements céleſtes.

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'appercevons pas celui des objets qu'elle tranſporte, c'eſt qu'ils conſervent entr'eux & nous les mêmes rapports de ſituation. Vue d'une autre planete, c'eſt à elle que nous attribuerions tout le mouvement; & la planete, d'où nous l'obſerverions, nous paroîtroit immobile. Suppoſons-nous ſucceſſivement dans mercure, vénus, mars, &c. chacun de ces aſtres nous paroîtra 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 autour 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'hémiſphere qui eſt dans les ténebres.

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 phénomenes 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 différentes phaſes de vénus prouvent 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 phénomenes, ſi elle tournoit autour du ſoleil dans une orbite qui ne renfermât pas la terre. Tel eſt le cas de vénus. 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 renferme celle de la terre.

Si l'orbite d'une planete renfermoit tout à la fois la terre & le ſoleil, les phénomenes ne ſeroient plus les mêmes. Il eſt évident, que ſi on conſidére 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 rapporcheroit 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.

Elle prouve la même choſe de celle de jupiter & de celle de ſaturne.

Les mêmes obſervations & le même raiſonnement ſont applicables à jupiter & ſaturne. Mais tandis que les inégalités du diametre 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.

Raiſons qui prouvent que mercure fait ſa révolution autour du ſoleil.

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 moins hors de doute : elle eſt prouvée d'ailleurs par les loix de la gravitation.

Les planetes ſupérieures & les planetes inférieures font leurs révolutions dans des temps inégaux.

Parmi les planetes, les unes décrivent des orbites autour de la terre & du ſoleil : on les nomme *ſupérieures*, 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 *inférieures*, 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 phénomenes, ſi nous nous placions au centre de ces révolutions.

Si nous nous placions au centre de ces révolutions, nous verrions tous ces corps avancer régulierement chacun dans ſon orbite, & nous ne remarquerions d'autre variation, ſinon que le mouvement en ſeroit plus lent ou plus rapide.

Phénomenes que nous verrions de vénus

Mais ſuppoſons-nous dans vénus, que nous ſavons être tranſportée au tour du ſoleil, & voyons quels ſeroient les phénomenes.

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. Fig. 55.

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 devroit donc paroître s'arrêter dans le même point du ciel. Mais parce que vénus se meut, il paroîtra se mouvoir avec le soleil, d'occident en orient. Il sera donc encore direct.

Depuis *f* jusqu'en *g*, mercure va d'un mouvement plus rapide que vénus. Il paroîtra donc se mouvoir de N en O, contre l'ordre des signes, 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 mouvent 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 phénomenes 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 droi-
Planche VI. tes, que vous concevez tirées de l'une à l'autre planete, reſteront paralleles.

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.

Ces phénomenes, prouvent que la terre ſe meut autour du ſoleil.

Tels ſont les phénomenes qui ſeroient vus de vénus. Or, nous les appercevons nous-mêmes ces phénomenes. 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.

CHAPITRE VIII.

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

Le mouvement de rotation donne aux parties de la terre une force centrifuge 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'applatiſſement 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

Expérience qui le confirme.

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 ſauroient 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 conſéquence à la terre.

Il fut donc démontré que la peſanteur eſt moins grande ſous l'équateur. Alors on conclut que la terre eſt applatie ves 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 applati 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 diametre 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 applatie par la force centrifuge, il falloit encore déterminer de combien la terre déja applatie par cette force, devoit l'être encore par la loi de l'attraction ; & il trouvoit que l'axe eſt au diametre 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'applatiſſement de la terre beaucoup plus grand que ſa théorie ne le ſuppoſe. Mais le ſuccès du ſyſtême 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'applatissement 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 problêmes compliqués de la nature.

La théorie ne sauroit prouver que la terre a une figure réguliere.

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 hypotheses, 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 systême 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 irréguliere. 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 prouveroient que dans la supposition où la terre, ayant été primitivement fluide, auroit conservé la forme d'un sphéroïde applati, 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 hypothese 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 homogene: 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 considére 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 réguliere, & 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 pole.

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 derniere 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 différent 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 fautives. 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 longtemps sans avoir aucun doute sur ces suppositions: il est vrai qu'elles ne sont pas aussi gratuites que d'autres, que je vous ai fait remarquer. Plusieurs phénomenes 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 rapport, entre la durée des jours & des nuits, varie d'un climât à l'autre, c'est-à-dire, à différentes latitudes. Or, on a calculé ces différences, en supposant la terre réguliere, &

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 homogene. 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 rappeller, 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'applatissement 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'élévation, 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 applatie 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'applatissement de la terre, si elles déterminent dans quelle proportion croissent les degrés terrestres.

Mais on a toujours supposé à la terre une figure réguliere.

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 réguliere : 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 applatie vers les poles, & de combien elle doit l'être.

Degrés mesurés en France.

Les premieres 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.*

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-eſpérance ;

En 1751, 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 applatie que ce philoſophe ne le ſuppoſe.

Qu'eſt-ce donc que cette théorie ſi ſublime, ces calculs ſi bien démontrés ? Que réſulte-t-il des efforts des plus grands mathématiciens? des raiſonnements 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 complette, 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 pénétre jamais. Le public, prévenu à juſte titre pour le génie des inventeurs, croit légérement que tout eſt démontré, parce qu'il ne ſait 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 phénomenes expliqués par le mouvement de la terre.

Pourquoi nous voyons le ciel comme une voûte surbaissée.

Vous savez déja l'explication de plusieurs phénomenes ; mais je crois à propos d'en rassembler quelques-uns sous vos yeux, afin de vous faire mieux saisir l'ensemble de tout le systême.

L'espace immense des cieux est par lui-même sans lumiere & 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'atmosphere. 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'extrêmité 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 horiſontalement ; l'eſpace que nous appercevons ſur notre hémiſphere, & 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 paroî 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 paralleles, 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 vîteſſe 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 degrès & demi avec l'équateur, c'est une conséquence que le soleil paroisse décrire chaque jour différents paralleles, & 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 hémisphere, & la chaleur différe, suivant la situation des climats par raport au soleil. Delà résulte encore le phénomene 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 la de terre & celui des planetes combinés, produisent encore d'autres apparences ; mues autour du soleil, elles doivent paroître se mouvoir autour de la terre.

Les orbites des planetes 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 ſont 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 ſphére.

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 apperçues, 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 diſparoissent tout à-fait, parce que l'hémisphere qu'elles tournent vers la terre est dans les ténebres. Enfin dans les deux autres parties de leur orbite, elles nous montrent une partie plus ou moins grande de l'hémisphere qui réfléchit la lumiere : elles croissent & décroissent alternativement.

Quant aux planetes supérieures, elles ne disparoissent 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 phénomene 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 opposition, accompagnent toujours le soleil.

Les planetes inférieures pa-

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 A B & A C, il est évident que cette planete ne sera jamais à une plus grande distance du soleil, que BV ou VC. Voila 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 phénomenes : 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 phénomene 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 employe 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'auttre il eſt de 29 jours & demi.

Différentes poſitions de la lune.

La lune eſt inviſible, lorſqu'elle eſt en conjonction, & on la nomme nouvelle; elle paroît toute entiere, 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.

Eclipſes.

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.

Si la lune a peu de latitude, elle ne ſera pas bien loin de ſes nœuds : en co cas l'écilpſe 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. 59. R R ſoit le plan de l'écliptique dans lequel ſe trouve toujours le centre de l'ombre de la terre; O O 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 partiale; 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 diametre du ſoleil eſt plus grand que celui de ces planetes. Auſſi remarque-t-on que le diametre de l'ombre de la terre, ſur la lune, eſt environ d'un quart plus petit que le diametre 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 extrêmités du diametre 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 diſparoître 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 partiale 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 apperçue.

L'obſervation ayant fait connoître les orbites des planetes & 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 pole 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 ſera dans tous les points; mais il ne le ſera 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 différente 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'abord 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 dimanche, & il ſera lundi pour celui qui aura voyagé par l'orient.

CHAPITRE X.

Idée générale du syſtême du monde.

Corps qui ſont hors de notre ſyſtême planétaire.

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 régulierement ; mais avec différents degrés de clarté. Quelquefois on en a vu tout-à-coup de nouvelles, qui, après avoir ſucceſſivement perdu leur lumiere, 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 ſyſtême planétaire.

Dix-ſept corps forment notre ſyſtême planétaire. Le ſoleil, en repos au milieu, ou n'ayant du moins qu'un très petit mouvement, Nombre des planetes.

eſt ſeul lumineux. Tous les autres ſont opaques, & ne brillent que d'une lumiere 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 ellipſes.

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 ſoſeil 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 apſides.

Ces deux points A & *a*, conſidérés enſemble, ſe nomment les *abſides*; & le grand axe, qui eſt prolongé de l'un à l'autre, ſe nomme la ligne des absides. Aux extrêmités 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 régulierement.

Rapports de distance des planetes au soleil.

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-

Fig. 62. Planche VII.

turne, comme 95. Je vous en ai tracé la figure.

Rapports de grandeur.

On juge aussi que le diametre de mercure est la 300me. partie de celui du soleil; que le diametre de vénus en est la 100me., ainsi que celui de la terre; celui de mars la 170me; celui de jupiter la 10me., & celui de saturne la 11me: tout cela environ.

Temps de leurs révolutions.

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 saturne 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 derniere précision, & je néglige les minutes & les secondes.

On connoît encore la distance où les satellites 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 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. Pl. VIII. & IX.

CHAPITRE DERNIER.

Conclusion.

J'AI essayé, Monseigneur, de vous faire juger des différents 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. Rappellez-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 devions nous arrêter : il faut toujours avancer juſqu'à ce qu'on arrive à l'évidence ou à l'analogie.

Au reſte ſi vous concevez que les méthodes ne ſont 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.