nète revienne en A, parce que les angles seront toujours obtus.

Mais il faut remarquer que l'augmentation et la diminution des angles, n'est pas la seule raison qui accélère et 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 et le retardement ont donc encore une autre cause. En effet, la planète accélère son mouvement, en venant de A en P, parce qu'elle s'approche plus du soleil qui l'attire en raison inverse du carré des distances; et elle retarde son mouvement en retournant de P en A, parce qu'elle est moins attirée par le soleil, à mesure qu'elle s'éloigne davantage.



## CHAPITRE V.

*Des aires proportionnelles aux temps.*

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

Tous les astronomes connaissent aujourd'hui que les aires décrites par une planète sont proportionnelles aux temps, c'est-à-dire, égales en temps égaux. Képler est le premier qui ait découvert ce phénomène, et qui ait conjecturé que la gravitation vers le soleil en est la cause. Newton a démontré la vérité de cette découverte et de cette conjecture.

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

C'est ainsi que paraissent 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 ni à la même distance les uns des autres. Mais nous pouvons négliger ces inégalités, puisqu'elles ne sont pas assez considérables pour être observées au télescope.



Lorsque le cours de la planète se fait dans une ellipse, et 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, et que vous ne trouverez de ressemblance, qu'entre celles qui se correspondent à égales distances du périhélie et de l'aphélie.

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

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 ; et vous jugez, en conséquence, que les aires sont égales, lorsque les triangles ont même base et même hauteur.

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

Par conséquent, tant que ce corps continuera à se mouvoir dans la même ligne et que les triangles auront leur sommet commun dans le même point, les aires continueront d'être égales, et 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 agissait seule, de le porter en E, dans le même



temps que, par son mouvement uniforme, il aurait été de C en D, il est démontré par ce que nous avons dit ailleurs, que ce corps obéissant à deux forces, parcourra CF diagonale du parallélogramme C D F E, dans le même temps qu'il aurait parcouru C E ou C D. Le rayon vecteur décrira donc l'aire S C F. Or cette aire est égale à S C D, puisque les deux triangles ont une base commune dans C S, et qu'étant entre les deux parallèles C E et D F, 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, était par intervalles à quelque point voisin, les aires seraient nécessairement inégales; car le corps, au lieu d'arriver dans la ligne D F, irait dans le même temps au-delà de cette ligne, ou ne l'atteindrait pas; et, par conséquent, les aires décrites seraient ou plus grandes, ou moindres que S C D.

Il est donc prouvé que, lorsqu'un corps

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

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



Peut-être me demanderez-vous pourquoi une comète, étant à son périhélie, ne tombe pas dans le soleil; et 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, et par conséquent, 36 fois plus attirée; et dans son aphélie, elle est 6 fois plus loin, et 36 fois moins attirée. Mais remarquez qu'à proportion qu'elle est plus attirée, elle a une plus grande vitesse; et que la vitesse ne peut augmenter, que la force centrifuge n'augmente également. Par une raison contraire, sa vitesse diminue à proportion qu'elle est moins attirée, et par conséquent la force centrifuge décroît en même raison.

Vous voyez par là que plus l'ellipse est excentrique, plus la vitesse varie de l'aphélie au périhélie. C'est ce qui arrive aux comètes; elles se meuvent rapidement dans la partie inférieure de leur orbite, le périhélie ; lentement dans la partie supérieure, l'aphélie : et c'est cette accélération et ce retardement qui font décrire au rayon vecteur des aires proportionnelles aux temps.

Pour comprendre comment la gravitation des planètes et des comètes 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, et qu'arrivé à ce point où la force de projection et 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 parallèle à B A, il ira, par exemple, de C en D ; et continuant dans cette courbe, il décrira l'ellipse 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.



Cependant il ne faut pas croire que les comètes et les planètes doivent éternellement se mouvoir dans les orbites qu'elles ont une fois parcourues. Cela serait vrai, si elles étaient transportées dans un milieu parfaitement vide, où elles ne trouvassent aucune sorte de résistance ; mais la lumière qui traverse tous les espaces célestes, et peut-être des particules subtiles qui s'échappent des comètes et des planètes, ne peuvent-elles pas être un obstacle au mouvement de ces corps qui roulent autour du soleil ? Cette résistance, il est vrai, sera des milliers de fois moindre que celle que produirait l'air qui environne la terre ; mais enfin c'est une résistance. La force projectile de ces corps, et par conséquent leur force centrifuge, diminue donc à proportion de ces obstacles ; et si l'attraction du soleil, ou la force centripète, reste toujours la même, il faut que toutes les planètes s'approchent continuellement du soleil, quoique d'une manière insensible. Il ne faut donc plus qu'un certain nombre d'années pour voir toutes les planètes tomber successivement dans le soleil. C'est ce qui a fait dire à Newton que le monde ne subsistera qu'autant que Dieu remontera cette immense machine. J'ajouterai même qu'il y a des astronomes qui croient déjà avoir observé quelques petites altérations dans l'orbite des planètes. Ce sont là des conjectures. Voyons cependant comment une comète peut tomber dans le soleil.

On a observé que le soleil a une grande atmosphère. Sa surface, à cause de sa chaleur immense, doit pousser au dehors des écoulemens qui, flottant tout autour, forment un milieu pour le moins aussi dense que notre air.

Soit A B C l'orbite d'une comète, et B L M l'atmosphère du soleil; lorsque la comète 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, et elle remontera par *b*, au lieu de passer par C : décrivant donc une ellipse plus allongée, elle s'élevera jusqu'en *a*. Alors, retombant en B, elle se rapprochera encore davantage; et s'échappant par D,



elle ira en E, d'où elle descendra dans le soleil par la ligne E S. Il est donc possible que des comètes tombent dans le soleil. Les newtoniens conjecturent même que cela arrive, et ils le croient nécessaire pour nourrir cet astre, qui s'épuiserait insensiblement, puisqu'en répandant la lumière il perd continuellement de sa substance.

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

Quoique les orbites des planètes soient presque circulaires, cependant, comme les foyers des ellipses sont éloignés l'un de l'autre, l'excentricité est assez sensible pour être observée. C'est pourquoi, dans l'hémisphère du nord, notre demi-année d'hiver, où nous passons par le périhélie, est de huit jours plus courte que notre demi-année d'été.

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

---

## CHAPITRE VI.

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

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

Si A a une masse double, il attirera doublement B : il lui donnera donc une vitesse double de celle qu'il en reçoit; et



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 pèse, et B a le sien dans A sur lequel il pèse aussi; mais, par cette attraction réciproque, ils sont précisément comme si, ne pesant point l'un sur l'autre, ils pesaient chacun uniquement sur le point où ils tendent à se réunir; et si nous supposions un troisième corps, A et B peseraient sur lui, comme si leurs deux centres de gravité étaient réunis dans le point vers lequel ils s'attirent réciproquement. En effet, supposons A et B contenus par un fléau qui les empêche de se rapprocher, et suspendons ce fléau par le point où ils se seraient réunis, nous aurons une balance, dans laquelle A et 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; et ils peseront sur un troisième corps, comme si toute leur gravité était ramassée dans le centre de suspension.

Or, vous pouvez vous représenter la lune et la terre aux deux bouts de ce fléau, et 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 et l'autre cas, si les distances, au point de suspension, sont en raison inverse des masses.

Voilà donc la lune et la terre en équilibre aux deux bouts d'un fléau qui est suspendu au dessus du soleil. Mais si la force de l'attraction et 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 et la terre étant à 60 rayons l'une de l'autre, lançons-les avec une force dont la direction fasse un angle droit avec la direction de leur gravité réciproque; alors, au lieu de se joindre, elles tourneront autour d'un centre commun; la force de projection, combinée avec la pesanteur, fera donc l'effet d'un fléau qui les tiendrait écartées; et le centre de leur révo-



lution sera le même point qui aurait été dans le fléau le centre de suspension. Par conséquent, comme, en les pesant dans une balance, la terre, ayant environ 40 fois plus de matière, ne serait en équilibre avec la lune, qu'autant qu'elle serait environ 40 fois plus près du centre de suspension; de même l'équilibre ne sera conservé entre ces deux planètes autour d'un centre de révolution, qu'autant que la terre sera environ 40 fois plus près du centre.

Vous apercevez donc une balance dans la révolution de la lune et de la terre autour du centre commun de gravité : vous en apercevrez une également dans la révolution de ces deux planètes autour du soleil.

Lorsque vous les teniez suspendues aux deux bouts d'un fléau, elles ne pouvaient tomber vers cet astre qu'autant que le centre de suspension tombait lui-même. Si vous vouliez donc imaginer un fléau, qui les empêchât de se joindre au soleil, il faudrait qu'un des bouts fût dans cet astre, et l'autre dans le centre de suspension des deux planètes; et 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 planètes, comme la masse des planètes est à la masse du soleil. Alors saisissant cette balance, vous tiendrez le soleil en équilibre avec le centre de gravité commun aux deux planètes.

Mais comme une force de projection a fait mouvoir les deux planètes autour de leur centre commun de gravité, une autre force de projection, imprimée tout à la fois à ce centre et au soleil, fera mouvoir ce centre et le soleil autour d'un autre centre de gravité. Il suffira de les lancer avec des forces qui soient capables de contrebalancer l'action de leur pesanteur réciproque.

C'est ainsi que la terre, placée à onze mille diamètres du soleil, c'est-à-dire, à environ trente-trois millions de lieues, fait sa révolution annuelle. Mais il faut remarquer que, vu la supériorité de la masse du soleil, cette distance est trop petite pour



porter hors de cet astre le centre commun de gravité : il est donc au-dedans; et nous pouvons, sans erreur sensible, regarder le soleil comme en repos.

Pour nous représenter dans cette supposition la révolution de la lune et 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, et de la terre M, soit en F : que lorsqu'après une lunaison entière, la lune se trouvant de nouveau dans son plein, le même centre soit en A; et qu'enfin F D A soit l'orbite que ce centre décrit autour du soleil.

Si nous partageons ensuite la lunaison en 4 parties égales, après la première, le centre de gravité sera en E, la lune en *p*, la terre en L; après la seconde, la lune étant nouvelle, le centre de gravité sera en D, la lune en R, la terre en 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 et de la lune autour d'un centre de gravité, qui décrit une orbite autour du soleil.

Il paraît donc que la terre parcourt la courbe M L I H G : mais parce que cette irrégularité est trop peu considérable pour pouvoir être aperçue, 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 quarantième partie de la distance M Q, qui, elle-même, n'est pas la trois centième de la distance F S. C'est pourquoi on regarde la terre comme au centre des révolutions de la lune, et comme parcourant elle-même l'orbite décrite par le centre de gravité.

Jetons successivement, et dans une direction à peu près semblable à celle de la Terre, Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne; Mercure à 4257 diamètres, Vénus à 7953, Mars à 16764, Jupiter à 57200, et Saturne à 104918 : ce sont à peu près les distances moyennes où ces planètes sont du soleil.

D'après ces suppositions, il me sera aisé



de vous faire concevoir comment on détermine un centre commun de gravité entre tous ces corps. Je vous avertis cependant que mon dessein n'est pas de vous donner sur ce sujet les idées les plus précises ; elles demanderaient des calculs dans lesquels nous ne devons entrer ni l'un ni l'autre. Il me suffira donc de vous faire connaître la manière 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 matière que Mercure ; sa distance est donc un million de fois moindre. Mais la distance de Mercure au soleil étant 4257, vous ne sauriez rapprocher le centre commun de gravité un million de fois plus près du soleil, que vous ne le placiez à une très-petite distance du centre de cet astre.

En effet, si ces deux corps étaient égaux, le centre commun de gravité serait 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 169,282, elle attirera un peu en avant le centre des trois corps ; la Terre et Mars, par la même raison, l'attireront encore davantage. Mais parce que Jupiter a une grande masse, et qu'il est d'ailleurs encore plus éloigné du soleil, le centre de gravité du soleil et de Jupiter sera un peu hors de la surface du soleil ; et, 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 serait un peu en dedans de la surface, si nous supposions qu'il n'y eût que cette planète et le soleil. Quand nous considérerons tous ces corps ensemble, et que nous placerons toutes les planètes du même côté, le centre commun s'éloignera encore de la surface. Il rentrera au con-



traire dans la surface, lorsque Jupiter sera d'un côté et Saturne de l'autre, quelle que soit d'ailleurs la position des autres planètes ; car elles sont trop près, et elles ont trop peu de matière, pour attirer en dehors le centre commun de gravité. Or, c'est ce centre qui est en repos dans notre système, et non celui du soleil : c'est pourquoi cet astre a une espèce de mouvement d'ondulation.

La masse de Jupiter surpasse si fort celle de ses satellites, que le centre commun des cinq corps n'est guère éloigné du centre de cette planète. La même observation a lieu sur Saturne, par rapport à ses satellites et à son anneau.

Concluons que pour changer le centre commun de notre système, il suffirait d'ajouter ou de retrancher une planète, et que ce changement serait plus ou moins considérable à proportion de la masse et de la distance de la planète ajoutée ou retranchée.

## CHAPITRE VII.

*De la gravitation mutuelle des planètes entre elles, et des planètes avec le soleil.*

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

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

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

Enfin, quand de son premier quartier elle va au point où elle est en opposition,



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

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

Quelque éloignés que les satellites de Jupiter et de Saturne soient du soleil, ils sont assujétis à la même loi; mais ils le sont d'autant moins, qu'ils sont à une plus grande distance : et 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 et de

Jupiter, que cette altération n'est pas sensible au télescope.

Puisque les planètes agissent et réagissent aussi les unes sur les autres, elles doivent altérer mutuellement leur cours; et on remarque cette altération dans le cours de Saturne et dans celui de Jupiter, lorsque ces planètes sont toutes deux du même côté. Si l'on n'observe pas la même chose à l'occasion des autres planètes, c'est que leur masse étant beaucoup plus petite, l'action réciproque des unes sur les autres ne peut pas changer d'une manière assez sensible le cours que l'attraction du soleil leur prescrit. Le cours des comètes et celui des planètes doivent aussi s'altérer réciproquement, lorsque les comètes passent dans le voisinage des planètes.



## CHAPITRE VIII.

*Comment on détermine l'orbite d'une planète.*

Si nous supposons d'abord qu'une planète décrit un cercle, dont le soleil est le centre, elle parcourt, en temps égaux, des arcs égaux; et 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.

Voilà l'hypothèse que les astronomes ont d'abord faite, d'après leurs premières observations, et qu'ils ont ensuite abandonnée, lorsqu'ils ont eu mieux observé. En effet, elle ne s'accorde point avec le mouvement tantôt accéléré et tantôt retardé, qu'on observe dans le cours des planètes.

Il y a deux choses à remarquer dans cette accélération et dans ce retardement : l'une, qu'une planète est tantôt plus près, et tantôt plus loin du 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.

Au lieu donc de représenter l'orbite de la planète par un cercle tel que ABCb, les astronomes l'ont représentée par une ellipse, AmCn. Ils ont d'abord tracé cette ellipse d'après les hypothèses qui paraissaient leur être indiquées par les observations; et ensuite ils ont observé de nouveau pour s'assurer de la vérité de leur hypothèse, ou pour en reconnaître l'erreur. Lorsqu'ils ont vu que le cours de la planète ne s'accordait pas avec l'ellipse qu'ils avaient imaginée, ils ont fait de nouvelles suppositions pour corriger leurs méprises. Si, par exemple, l'ellipse était trop renflée, ils l'aplatissaient; si elle était trop aplatie, ils la renflaient. C'est ainsi que d'observations en hypothèses, et d'hypothèses en observations, ils ont enfin réussi à tracer l'orbite d'une planète. Vous jugez qu'une pareille recherche demande beaucoup de



sagacité et beaucoup de calculs, et c'est assez pour vous aujourd'hui que vous en portiez ce jugement.

---

## CHAPITRE IX.

*Du rapport des distances aux temps périodiques.*

DEUX corps étant à une certaine distance, et une force de projection leur étant communiquée, ils seront transportés autour d'un centre commun; et si vous supposez que les forces centripètes et 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 et l'autre et mettent l'équilibre entre eux.

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

En effet, les lois de l'équilibre déterminent les différentes distances où chaque planète est du centre de sa révolution : les différentes distances déterminent les différens points de son orbite ; et les différens angles que fait la direction des forces, déterminent la vitesse dans chaque portion de la courbe. Il doit donc y avoir un rapport entre la distance et le temps périodique d'une planète, qui, étant plus près du soleil, achève sa révolution, par exemple, en trois mois, et la distance et le temps périodique d'une planète, qui, étant plus éloignée, achève sa révolution en trente ans.

Képler a le premier découvert ce rapport. Il observa la distance des satellites de Jupiter, et le temps de leur révolution ; il remarqua que les carrés des temps périodiques sont entre eux, comme les cubes des distances.

En observant les planètes, cette loi s'est généralisée : les carrés de leurs révolutions autour du soleil sont toujours comme les cubes de leurs distances.

Enfin Newton a calculé, et sa théorie a rendu raison d'une loi prouvée par les observations.



Nous avons vu que l'attraction et la pesanteur agit en raison inverse du carré des distances, ou, pour s'exprimer autrement, que son action diminue en même proportion que le carré de la distance augmente.

Nous avons vu aussi que les planètes décrivent, dans leur cours, des aires proportionnelles aux temps.

Enfin, nous venons de voir le rapport des temps périodiques aux distances. Or, monseigneur, toutes ces lois s'accordent avec les phénomènes, et se démontrent les unes par les autres ; il ne faut qu'observer et calculer pour s'en convaincre. Les deux dernières sont ce qu'on nomme les analogies de Képler.

Aidé de ces principes, Newton trace aux planètes le chemin qu'elles doivent suivre ; il leur fait décrire des ellipses autour du soleil qu'il place dans un des foyers ; et l'observation prouve qu'elles sont assujéties aux lois qu'il leur donne.

Il voit encore les comètes, lorsqu'elles échappent au télescope : à peine on lui montre quelques-uns des points où elles ont passé, qu'il les suit rapidement dans des ellipses immenses, et 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 connaît, par exemple, l'orbite de la lune, et le temps de sa révolution autour de la terre; on sait que cette orbite et le temps périodique sont un effet de la force de projection et de la pesanteur : on sait ce que la lune pèse à 60 rayons, et ce qu'elle peserait sur la terre : on sait quelle est sa vitesse dans un cas, et quelle serait sa vitesse dans l'autre; et soit qu'on observe, soit qu'on calcule, les résultats sont les mêmes. C'est ainsi que toute la théorie de ce système est démontrée par l'évidence de fait et par l'évidence de raison.



## CHAPITRE X.

*De la pesanteur des corps sur différentes planètes.*

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'auraient sur la surface de Saturne et celle de Jupiter, les corps que nous pesons sur notre globe? Pouviez-vous prévoir que nous nous éleverions à ces connaissances, lorsque vous avez vu avec quelle ignorance nous avons commencé? Mais lorsque nous observons et que nous raisonnons, transportés, pour ainsi dire, d'une planète dans l'autre, nous prenons la balance et nous pesons.

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; et c'est beaucoup de vous faire voir, dans l'éloignement, Newton pesant l'univers et ses parties.

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

Cette force est dans chaque particule; elle est donc composée d'autant de forces particulières, qu'il entre de parties dans chaque masse. C'est donc une conséquence, qu'à distances égales, l'attraction soit toujours en proportion avec la quantité de matière.

Il suit de là que le poids des mêmes corps est plus grand à la surface d'une planète, qu'à toute autre distance; qu'il l'est plus qu'au-dessous de la surface même, quoiqu'alors les corps soient plus près du centre. A, par exemple, si nous n'avions égard qu'au centre, devrait être d'autant plus attiré qu'il en serait plus près; mais vous voyez que la matière qui s'étend au-dessus en diminue nécessairement le poids, à proportion qu'étant en plus grande quantité, elle attire davantage.

Si les planètes sont égales en masse et 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 et moins sur l'autre, et cela en raison de la quantité de matière qu'elles renferment.

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 carré des distances.

Enfin, dans le cas où elles seront tout à la fois inégales en masse et en volume, les corps peseront en raison directe de la quantité de matière, et en raison inverse du carré des distances.

Vous comprenez donc comment la masse et le diamètre des planètes étant connus, on peut juger du poids qu'aurait sur chacune un corps qui pèse ici une livre.

Sur Jupiter, la plus grande de toutes les planètes, les poids augmentent; mais ce n'est pas dans la même proportion que Jupiter surpasse la terre en quantité de matière; car, si les corps qui sont à la surface sont attirés par une plus grande masse, ils sont au moins attirés par le centre dont ils sont plus éloignés. Ainsi sur la surface de Jupiter, qui a 200 fois autant de matière que la terre, on trouve que le poids d'un 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 pèsent plus à proportion que sur la surface de la terre : il est vrai que cette planète a 40 fois moins de matière ; mais aussi les points de sa surface sont moins éloignés du centre, puisque son diamètre est à celui de la terre comme 100 est à 365.

C'est ainsi que d'après la masse et le diamètre d'une planète ; on juge du poids des 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, et vous conviendrez que c'est beaucoup.



## CHAPITRE XI.

*Conclusion des chapitres précédens.*

QUE l'homme, monseigneur, est tout à la fois ignorant et sublime ! Pendant que chaque corps paraît se cacher à lui, l'univers se dévoile à ses yeux, et 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, et c'est ainsi que Newton le soutient et le fait mouvoir.

Pour peu que vous réfléchissiez sur la balance, le levier, la roue, les poulies, le plan incliné et le pendule, vous verrez que ces machines et 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 différens ;