SIMON STEVIN

(Bruges 1548 - La Haye (Pays-Bas) entre le 20 février et le 18 avril 1620).

Les diverses activités de Stevin qui fut comptable, ingénieur et précepteur de Maurice d'Orange se reflètent dans ses écrits qui portent sur les tables d'intérêts, la disme, l'arithmétique, l'art pondéraire, l'hydrostatique, les fortifications, l'art militaire et bien d'autres. Stevin applique à ces différents domaines un esprit critique et rigoureux. Il propose principalement en statique et en hydrostatique une construction de type axiomatique, bâtie sur le modèle euclidien, qui le conduira à énoncer plusieurs principes fondamentaux de ces parties de la science. Il démontre pour la première fois la loi de décomposition des forces, dans le cas de forces perpendiculaires, en analysant le "poids" d'un corps sur un plan incliné. Il donne également la première représentation graphique, sans démonstration, de la composition et décomposition des forces, dans le cas général, suivant la loi du parallélogramme.

L'école des jésuites belge menée par Grégoire de Saint-Vincent (cf. Leibniz) s'oppose à sa démonstration du "poids" d'un corps sur un plan incliné. Cette démonstration, qui fait appel à l'impossibilité d'un mouvement perpétuel ne paraissait pas comme telle généralisable aux autres machines simples contrairement à celle proposée par Grégoire. Ce dernier se fondait sur la conservation de l'énergie, un scalaire qui ne dépend, en l'occurrence, que de la hauteur franchie et non du chemin qui peut être différent suivant la machine utilisée.

En hydrostatique, il énonce le fait que la pression en un point au sein d'un liquide est un scalaire indépendant de la direction. Elle ne dépend que de la hauteur de la colonne de liquide au-dessus de ce point.

Stevin fut l'un des tout premiers, avec Rheticus et Kepler, à publier une défense du système de Copernic. La partie qu'il consacre à l'astronomie dans ses *Wisconstige gedachtenissen* de 1605-1608 prône clairement ce système.

Les œuvres de Stevin rédigées en néerlandais ne furent pas généralement connues dès leur publication en 1585. Si elles l'ont pourtant vite été du monde scientifique romain et de Galilée, ce n'est qu'après leur traduction française par Girard, en 1634, qu'elles exercèrent une influence . Celle-ci fut considérable. Il y a deux raisons à ce délai, la langue certes mais surtout le caractère novateur de sa pensée.

Par comparaison à Kepler et même à Newton, Stevin peut sembler être un esprit particulièrement rationnel. Ses écrits sont complètement dépouillés de recherches qui ne soient pas, aujourd'hui encore, considérées comme scientifiques. On ne trouve chez lui ni astrologie ni alchimie. Il ne partage cette particularité qu'avec Galilée. Or c'est bien à ce niveau aussi que se situe le travail effectué à l'époque. Certes ces auteurs contribuent tous à établir la mécanique sur une base axiomatique, mais ils précisent la définition même du caractère scientifique de certaines recherches par opposition à d'autres qui relèvent de la superstition.

Les Œuvres Mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté / Albert Girard, Bonaventure et Abr. Elzevier, Leiden, 1634.

The Principal Works of Simon Stevin / Ed. E.J. Dijksterhuis, D.J. Struik, A. Pannekoek et E. Crone, W.H. Schukking, R.J. Forbes, A.D. Fokker, A. Romein-Verschoor, 5 vols, C.V. Swets et Zeitlinger, Amsterdam, 1955-1968.

M. G. J. Minnaert, "Stevin, Simon". - In : *Dictionary of scientific Biography,* / Ch. C. Gillispie, Charles Scribner's sons, New York, [Tome XIII, pp. 47-51]

E. Knobloch, "Stevin, Simon". - In *Nouvelle Biographie Nationale,* Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique, Bruxelles, 1994 [Tome 3, Pp. 312-319].

ASTRONOMIE

A. Girard, p. 183 - 1634.

L'extrait introduit et annonce le plan de la partie des Whisconstige gedachtenissen qu'il consacre à l'astronomie. Il y détermine les trajectoires des planètes en supposant la terre immobile et ce de deux manières. D'abord de manière pratique, c'est-à-dire en se fondant uniquement sur les résultats d'observations. La deuxième détermination, théorique, se heurte à des difficultés. Finalement, Stevin reprend le problème théorique en admettant que la Terre se meut. Il explique clairement les raisons de sa prédilection pour le système copernicien à une époque où très rares étaient ceux qui après Rheticus défendaient cette position.

ASTRONOMIE : Qui est la troisiesme partie de la Cosmographie

Argument de l'Astronomie

Du commencement je descriray l'Astronomie, comme si auparavant il n'en avoit esté parlé en aucune façon; ce qui se poursuivra, & avec tel ordre & progrés, comme il semble qu'elle a augmenté de temps en temps, comprenant le tout en trois livres.

Le premier, sera de l'invention du cours des Planetes, & des estoiles fixes, par les Ephemerides observées; le tout fondé sur la supposition que la terre est stable ou fixe; c'est en un mot, sur l'hypothese de terre immobile.

Le second, de l'invention du cours des Planètes, par voye Mathematique, avec l'hypothese de terre immobile et de la première inegalité

Le troisiesme, de la seconde inegalité où se trouve l'hypothese de terre mobile de Copernique

Trad A. Girard,

ASTRONOMIE

A. Girard, p. 291 - 1634.

Dans le sommaire du troisième livre de l'astronomie Stevin semble très conservateur. Il doit conserver les résultats d'observation qu'il a donnés dans sa première partie. En effet, jusqu'aux sondes spatiales modernes, l'observation est toujours faite dans un repère lié à la Terre. Stevin montre donc que les deux hypothèses, Terre fixe ou mobile mènent aux mêmes conclusions. Nous disons, aujourd'hui, qu'il montre que les deux hypothèses correspondent à l'observation d'un même phénomène dans deux repères différents.

TROISIESME LIVRE DE L'ASTRONOMIE : De l'invention du cours des Planetes, par voye Mathematique, fondée sur l'hypothese essentielle de terre mobile.
SOMMAIRE DE CE TROISIESME LIVRE;

Pour declarer en somme le contenu du present livre, il faut sçavoir que les planetes ont deux sortes de cours, l'un en longitude, l'autre en latitude, il sera demonstré icy que par l'hypothese de terre mobile, la mesme conclusion s'entire, que par l'hypothese de terre immobile; seulement y ayant de difference, en ce qu'on trouve estrange par l'hypothese d'immobile les choses qui ne le sont par l'autre hypothese mobile; comme fondée sur l'essentielle ordonnance des astres; ceste demonstration, assavoir que l'une & l'autre hypothese amene mesme conclusion, fera que ceste description sera briefve, car je ne feray aucun nouveau probleme en ceste hypothese mobile, pour trouver les cours mais je prendray pour regle generale, que tout ce que eschet en la supputation du cours en longitude, sera resout par les problemes fondez sur l'hypothese de terre immobile, descrits és deux livres precedens; je declareray aussi mon opinion en une particuliere proposition; pourquoy je tiens les computations plus commodes, faites sur l'hypothese impropre, que sur le propre. Apres le cours en longitude, suivra celuy en latitude, monstrant aussi que les diverses hypotheses font mesme conclusion.

Ce contenu estant tel en general, aura cinq distinctions. La premiere de la qualité des lieux des planetes, autant qu'il semble estre necessaire à la declaration de leurs cours, par la position de terre mobile. Puis suivront trois distinctions du cours en longitude de planetes, avec position de terre mobile, assavoir la deuxiesme de la terre; la troisiesme de la Lune; la quatriesme de Saturne Iupiter, Mars, Venus & Mercure; & La derniere distinction, du cours en Latitude avec mesme position de terre mobile.

Trad. A. Girard

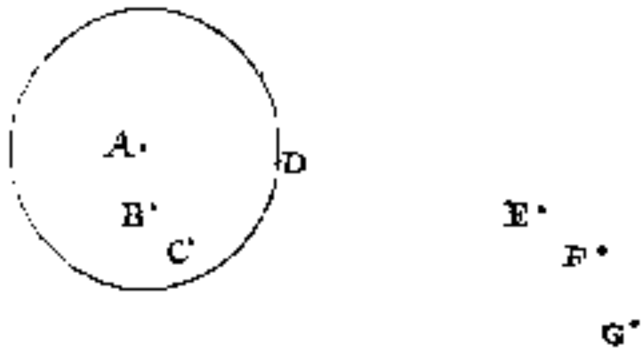
ASTRONOMIE

A. Girard, p. 296 - 1634.

Pour effectuer le changement de repère qu'il sous entend dans la citation précédente, Stevin a besoin d'un principe essentiel que nous nommons aujourd'hui le principe de relativité. A de très nombreuses reprises, ce principe est énoncé à la même époque par Galilée et sous une forme littéraire, par Virgile interposé, forme reprise déjà par Copernic : *Nous quittons le port, le pays et les villes s'éloignent.* Stevin utilise aussi la métaphore du bateau et la poursuit de manière magistrale.

Prop. VI Dire des admirations sans merveille de ceux qui supposent la terre immobile.

La pluspart de ceux qui entendent & tiennent pour certain la description du cours des planetes de Ptolemée, s'esmerveillent de plusieurs proprietez qu'ils y remarquent: Premierement, que Saturne, Jupiter & Mars en l'opposition du Soleil sont tousiours au plus pres de la terre, & en conjonction au plus loing. Secondement, que leur cours en l'epicycle convient tousiours avec l'excès du cours du Soleil, sur le cours du centre de l'epicycle. Tiercement, que le contraire advient à Vénus & Mercure; car leur cours en l'epicycle n'a pas telle convenance avec le Soleil, mais que le cours de leurs centres d'epicycle y convient: Ce qu'ils tiennent pour une marque singuliere que le Soleil est le principal des planetes, & comme leur Roy, ils semblent vouloir accommoder leurs cours au sien: lesquelles choses adviennent estans fondées sur une theorie erronnée, en l'hypothese de terre immobile. Et d'autant que ceste matiere a grand rapport avec ceux qui n'estans accoustumez de naviguer, attribuent le mouvement de leur navire aux autres, comme lors qu'ils en rencontrent un, estans en bas dans le navire sans voir eau ny terre, s'esmerveillent comment un tel navire va beaucoup plus viste que le leur: Ou bien leur navire faisant un tour, disent que l'autre (lequel possible est coy,) fait un circuit à l'entour d'eux; je prendray cecy par exemple pour declarer ceste matiere.



Soyent sept poincts A, B, C, D, E, F, G, sept navires en mer, A l'Admiral à l'anchre, & D circuisant continuellement en cercle, qui comprent au dedans de soy les trois navires A, B, C, & non pas E, F, G; soit aussi quelqu'un en D, comme spectateur; lequel, selon qu'il a esté dit cy-dessus, s'imaginera qu'il est coy, & que les autres tournent irregulierement à l'entour de luy; ainsi que s'esmerveillant comme les mentionnez, dira qu'à chacune fois que l'un des trois navires E, F, G, vient en droite ligne par luy, vers l'Admiral, alors qu'iceluy navire est au plus pres de luy: & au plus loing, estant en droite ligne de l'autre costé de l'Admiral A, combien que leurs cours soit desreiglé : Concluant de là que chacun des trois navires tourne encor en un plus petit cercle par le moyen duquel ils s'approchent & s'ésloignent de luy, s'esmerveillant d'abondant comme leur cours s'accorde & convient en quelque façon avec celuy de l'Admiral : Semblablement que les deux navires C, B, tiennent aussi une regle avec l'Admiral, toutefois contraire aux autres precedens, assavoir que le circuit du plus grand cercle qu'il font à l'entour de D, est égal en temps au circuit de l'Admiral, dit en outre que c'est un signe qu'ils sousmettent leurs cours à celuy de l'Admiral comme leur principal.

Ce qu'estant ainsi, & qu'un Matelot experimenté le reprenant, & luy responde qu'il s'esmerveille sans cause, veu que son navire, lequel il estime & s'imagine estre coy, est celuy qui circuit continuellement les trois A, B, C, d'où s'ensuit qu'il est autant de fois entre l'Admiral A, & l'un des trois E, F, G, que cestuy-là est plus pres de luy; & au plus loing, lors que A est entre deux : aussi que ces navires ne tournent pas en petits cercles, & autres cours semblablement singez, qui les fait approcher & esloigner, non plus que B, C, en tels cercles convenans au cours de A, comme il estime : mais qu'on pourroit prendre pour chose contre nature, que ce qui apparoit estre tel à un non experimenté, nesoit en effect autrement.

De mesme en pourroit dire un Astronome experimenté à un apprentis; changeant seulement les noms, au lieu de A l'Admiral soit le Soleil, & B, C, Mercure et Vénus, D, la terre, E, F, G, Mars, Jupiter e& Saturne, selon qu'il a esté dit cy-devant, le reprenant de ce qu'il s'esmerveille pour rien; & ce qui s'ensuit.

Trad. A. Girard

JOHANNES KEPLER

(Weil der Stadt, 27 décembre 1571 - Regensburg, 15 novembre 1630)

Né dans un milieu familial sombre, d'un père mercenaire souvent absent, livré à une mère et une grand-mère qui furent toutes deux condamnées pour sorcellerie, traqué toute sa vie par les problèmes financiers, Kepler a une personnalité complexe. Les nombreuses remarques autobiographiques qui émaillent ses écrits donnent plus de corps au personnage, mais ne diminuent pas la difficulté d'en rendre compte.

L'enfant dont l'esprit avait été frappé par la vue de la comète que sa mère lui avait fait observer en 1577 est devenu l'élève de Maestlin, un professeur qui connaît la théorie copernicienne sans pour autant l'admettre.

Essayant de rendre compte de la distance qui séparent les différentes planètes, son imagination géométrique développée l'entraîne à confronter aux résultats de mesures de Tycho Brahe, les polyèdres emboîtés qu'il estime servir de support aux différentes orbites. Il remarque que pour Mars les résultats ne correspondent pas à une orbite circulaire et cherche la figure qui serait à la fois la plus simple et la mieux adaptée. Il envisage d'abord l'ovale puis finalement l'ellipse. Ce qui fait l'objet de sa première loi. Kepler reste fidèle à la réflexion pythagoricienne sur l'harmonie du monde, c'est-à-dire une loi mathématique fournie à priori loi harmonique chez Pythagore ou loi géométrique, les polygones emboîtés Mais il confronte aux mesures et rejette sans remords, ce qui ne concorde pas avec l'expérience, même s'il s'agit du cercle. Néanmoins, il va rechercher ce qu'il y a de géométriquement plus proche et recommencer avec ce nouvel à priori.

Il complète cette affirmation en montrant, il s'agit de sa deuxième loi, que les vitesses de parcours ne sont pas uniformes mais qu'elles sont telles que les rayons vecteurs balaient des aires égales en des temps égaux.

A l'époque où le jeune Galilée ayant exercé son esprit critique à propos du *De coelo* d'Aristote commence à refaçonner ces théories, Kepler rompt avec deux éléments fondamentaux de l'aristotélisme resté si fermement en place. Il renonce au mouvement circulaire et à l'uniformité de la vitesse.

Un autre très beau texte de Kepler, la *Nix sexangula* montre l'imagination de Kepler à l'œuvre. Il explique les conséquences de la symétrie d'ordre six des cristaux de neige et sa réflexion trace un chemin entre géométrie, observation et explication physique.

A la suite de Jean Taisnier et William Gilbert, il donne une explication physique du mouvement des planètes. A savoir que dans le soleil réside une force magnétique qui guide les planètes ouvrant ainsi la voie à la gravitation newtonnienne. *Les planètes sont des aimants et sont déplacés par le soleil au moyen d'une force magnétique. Seul le soleil est vivant.*

Muni de deux de ses lois et des observations de Tycho, Kepler devenu mathématicien impérial répond, dans son Harmonie du Monde à la question qu'il pose depuis son premier ouvrage, le secret du monde: à quelle loi obéissent les distances entre les planètes et le Soleil. Il obtient la relation qui lie les caractéristiques d'une orbite elliptique à la période de parcours de la trajectoire.

C'est un personnage fascinant qui, comme Galilée prend ses racines dans l'aristotélisme et le pythagorisme et se hisse à un nouvel échelon de la réflexion. Les deux hommes ont découvert chacun une partie de cette vérité, unifiée par Newton. Kepler dit que les planètes sont portées suivant une ellipse par une force issue du Soleil. Galilée montre que les corps qui tombent sur terre suivent une autre conique, la parabole. Newton montrera que c'est la même attraction gravifique qui offre à nos yeux ces deux phénomènes apparemment si différents.

L'homme de notre époque doit faire un effort considérable pour rendre à Kepler sa cohérence. Il doit avant tout se garder de trop grandes simplifications et prétendre qu'il n'a établi des horoscopes que par besoin d'argent. Il faut au contraire admirer son esprit critique à l'œuvre dans sa réforme de l'astrologie. Celle-ci ne porte pas sur le fond, Kepler est intimement convaincu d'une influence possible des astres sur le comportement humain, mais sur la rigueur de la méthode des charlatans qui la pratiquent. Autrement dit, ce qui rend le personnage difficile à comprendre est que des choses possibles pour Kepler ne le sont pas les mêmes que pour nous, raison pour laquelle on admire généralement l'imagination débordante de Kepler. Notre admiration doit se tourner vers cet esprit critique qui a contribué à dégager de leur gangue de superstition les phénomènes proprement scientifiques tout en restant curieux de toutes les possibilités qui s'ouvrent à lui.

O. Gingerich, "Kepler, Johannes". - In : *Dictionary of scientific Biography,* / Ch. C. Gillispie, Charles Scribner's sons, New York, [Tome VII, Pp. 289-321].

"La ligne de partage des eaux". - In : *Les Somnambules, Essai sur l'histoire des conceptions de l'Univers* / A. Koestler; traduction de G. Fradier - Paris : Calmann-Lévy, 1960. - [pp. 211-404].

Structures de pensée et objets du savoir chez Kepler / G. Simon. - Lille : Service de reproduction des thèses, Université de Lille III, 1979.

Strena, sive nix sexangula, Francofurti ad Moenum, 1611. Traduction française, *Kepler, l'Etrenne ou la neige sexangulaire,* par R. Halleux - Paris, Vrin, 1975.

"Johannes Kepler, Gesammelte Werke" / eds. W. von Dyck et M. Caspar, Münich, 1937- .

MYSTERIUM COSMOGRAPHICUM

Tübingen, 1596

Première défense du système de Copernic par Kepler.

QUELLES RAISONS MONTRENT QUE LES HYPOTHESES DE COPERNIC SONT RAISONNABLES.
PRESENTATION DES HYPOTHESES DE COPERNIC.

Bien qu'il soit conforme à la piété d'examiner, dès le début de cette disputation sur la nature, s'il n'y est rien dit de contraire aux Saintes Écritures, j'estime néanmoins inopportun de mettre en branle cette controverse ici, avant que je n'y sois contraint. Je promets cependant, en général, de ne rien dire qui fasse injure aux Saintes Ecritures, et s'il advient que Copernic soit convaincu avec moi de semblable chose, de tenir [ce qu'il dit] pour nul. D'ailleurs, j'ai toujours été dans cette disposition d'esprit depuis le jour ou j'ai commence d'étudier les livres Des Révolutions de Copernic.

Puis donc que, dans ce domaine, aucun scrupule religieux ne m'empêchait de prêter une oreille favorable à Copernic, à condition qu'il tint un discours raisonnable, ce qui me donna pour commencer confiance en lui ce fut le très bel accord qui existe entre tous les phénomènes célestes et les opinions de Copernic: en effet, Copernic non seulement démontrait les mouvements passés et rapportés depuis la plus haute antiquité, mais encore annonçait les mouvements à venir non pas avec une certitude absolue, bien entendu, mais en tout cas avec bien plus de certitude que Ptolémée, Alphonse et tous les autres astronomes. Mais [ce qui m'a le plus] convaincu c'est que Copernic seul donne, de la manière la plus élégante, la raison de choses dont les autres astronomes nous avaient appris à être surpris, et que lui seul ôte la cause de cette surprise, qui réside dans une ignorance des causes. Cela je ne l'enseignerai jamais plus facilement à mon Lecteur qu'en l'incitant et en le convainquant de lire la Narration de Rheticus. Car lire les livres mêmes Des Révolutions de Copernic n'est pas donné à tout le monde.

Trad. Alain Segonds, ***Jean Kepler le secret du monde,*** **tel gallimard, 1993, p. 43.**

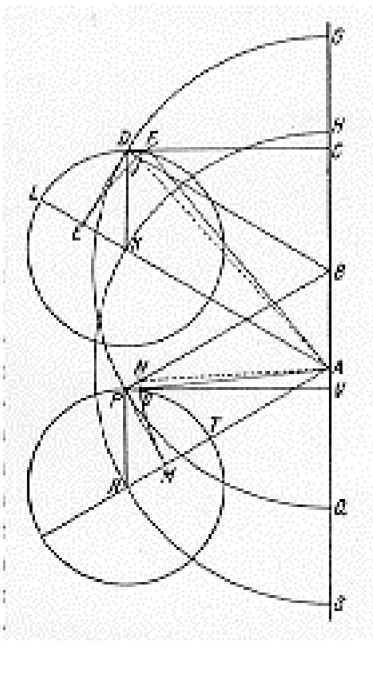
ASTRONOMIA NOVA

Dans ce chapitre, comme partout dans son œuvre, Kepler raconte chacun des éléments du développement de sa pensée. On peut le voir ici découvrir la première loi : *que nulle figure d'orbite n'est laissée à la planète, excepté la parfaitement elliptique*. Cette loi rompt avec le mouvement circulaire imposé par Aristote.

CHAPITRE LVIII : Comment, la variation étant maintenue, l'erreur démontrée et trouvée au chapitre LVI pourrait néanmoins être admise, lors d'une application maladroite de cette variation par laquelle le chemin de la Planète aurait la forme d'une bouche.

PAR MALHEUR GALATEE, FOLATRE JEUNE FILLE, ME CHERCHE, FUIT VERS LES SAULES MAIS DESIRE AUPARAVANT ETRE APERCUE.

C'est assurément à propos de la nature que je chante ces vers sortis de la bouche de Virgile. En effet, plus on s'approche d'elle, plus les jeux deviennent agressifs, plus elle se dérobe par de plus nombreux détours, à celui qui veut la saisir et qui est déjà sur le point de la tenir, sans jamais cesser d'inviter à ce qu'on la comprenne, comme si elle était charmée par mes erreurs.
Tout ce que j'ai examiné dans ce travail, pour découvrir l'hypothèse Physique dont, non seulement, découleraient des distances en accord avec les faits observés mais qui vérifient également les équations que nous fumes obligés jusqu'ici d'emprunter à [l'hypothèse] alternative du chapitre XVI: le tentant même au moyen de cette hypothèse très vraie, par une méthode fausse, j'ai commencé à nouveau à douter fortement des choses.



Soient tracés deux cercles égaux GD. HK. de centres B, A sur la ligne des apsides. Et soit AB l'excentricité du cercle GB . Soit d'autre part l'arc GD ou HK l'anomalie excentrique ou sa valeur en degrés par l'équivalence du chapitre III. Donc que du centre K avec la distance KD qui soit égale à AB même, soit tracé l'épicycle LDF qui coupera le cercle GD en D par l'équivalence du chapitre III. Soit menée AK prolongée jusqu'à ce qu'elle coupe l'épicyle en L de sorte que LD soit un arc égal à l'anomalie excentrique GD ou HK. Et que B soit joint à D. De plus que soient abaissées de D les perpendiculaires sur GA, LA qui soient DC, DE. C'est pourquoi, par ce qui a été démontré au chap. LVI, AE sera sans conteste la distance exacte pour cette anomalie excentrique pour laquelle nous cherchons la perte de temps qu'elle occasionne. Et comme le sinus verse GC de cet arc, ou après multiplication, LE ôtée de GA aurait produit exactement la distance AE. J'étais persuadé par ces indices que l'autre extrémité de cette même AE ne devait pas être cherchée sur la ligne DC, ce qui était pourtant très vrai mais sur la ligne DB, au point I, comme si je menais l'arc EIF de centre A et de rayon AE qui coupe DB en I. Alors Al serait. suivant cette intuition, la distance exacte en position et en longueur et IAG la véritable anomalie. D'autre part, il est manifeste, que l'arc EIF coupe la ligne DC en un point situé plus haut, en F et qu'ainsi les angles IAG et FAG diffèrent de la quantité IAF.

Je me suis donc trompé en remplaçant AI par AF. Je compris d'abord l'erreur par l'expérience. Car comme j'examinais la grandeur de l'aire DAG tant par toutes les distances que par l'aire DAB, j'ajustai ensuite l'angle IAG, et non FAG, à cette aire DAG évaluée en temps; j'ai alors obtenu 5 1/2 ' de plus dans la partie supérieure du demi-cercle et 4' de moins que ne donnait [l'hypothèse] alternative dans l'inférieure, et ce de manière assez sure. Les équations ne concordant pas avec la vérité, j'ai commencé une fois de plus à accuser ces très exactes distances AE et la variation LE de la Planète du crime dont la méthode erronée qui considérait I au lieu de F était coupable. Quoi de plus? La vérité elle-même et la nature des choses étant répudiées et bannies, elles revinrent furtivement à l'intérieur par la porte de derrière, et elles furent admises par moi sous un aspect différent. A cause des variations, rejetées je le rappelle, du diamètre LE, je commençai à faire appel aux ellipses, considérant que je suivais ainsi une hypothèse estimée par moi de loin très différente des variations; alors qu'elles coïncident parfaitement, comme il sera démontré au chapitre suivant, à moins que les erreurs de méthode que j'avais commises auparavant ne fussent corrigées en conséquence, et que F eut remplacé I comme il l'aurait fallu.

Mon argumentation fut la même que celle des chap. XLIX. L et LVI. Le cercle du chapitre XLIII pèche par excès, l'ellipse du chap. XLV pèche par défaut. Et l'excès de l'un est égal au défaut de l'autre. Or, entre le cercle et l'ellipse rien ne s'insère, si ce n'est une autre ellipse. Donc l'ellipse est le chemin de la Planète, et la lunule retranchée du demi-cercle a la moitié de la largeur de la première , à savoir 429.

Car lorsque le chemin de la Planète est une ellipse, il est assez manifeste que I ne peut remplacer F, parce que si cela était fait, la Planète effectuerait un chemin en forme de bouche. *Soient en effet les angles GBD HAK égaux; au-dessous les angles QBP, SAR ; et du Centre R soit décrit à nouveau l'épicycle PT égal au premier et de l'intersection P de l'épicycle avec l'excentrique, que tombent les perpendiculaires PU, PM sur BQ, AR; et que P soit relié à B et du centre A que soit tracé l'arc MN de rayon AM, coupant PU en O; PB en N. Si de manière analogue à ce qui précède nous remplaçons I par F, alors nous remplaçons N par O et nous penserons que AN de même qu'elle est la mesure exacte en longueur, elle l'est en position. Mais les points I, N, et leurs semblables donnent au chemin de la Planète une forme de bouche. Car les arcs GD et QP sont égaux et BD, PP, issus d'un même centre coupent la lunule retranchée. Donc les largeurs DI et PN de la lunule, prolongées vers le centre sont inégales, et DI est plus petite, PN plus grande. En effet puisque ED et MP sont égales et EDI, MPN, droits, que EI est le plus grand cercle car de rayon AE plus grand et MN le plus petit car de rayon AM plus court: PN sera toujours plus grand, DI plus petite. Donc la lunule retranchée est plus mince en haut vers D, plus large en bas vers P. Mais dans l'ellipse cette lunule est de largeur égale aux points également distants des apsides G et Q.* Il est donc visible que le chemin a la forme d'une bouche, et non d'une ellipse. Et puisque l'ellipse fournit les équations correctes, celles fournies par le chemin en forme de bouche seront erronnées.

Et il n'était pas nécessaire de calculer à nouveau les équations à partir de l'ellipse. Je savais qu'elles rempliraient sûrement leur office. Je m'inquiétais seulement de savoir si les distances déduites de l'ellipse, feraient l'affaire pour moi. Mais quoiqu'il arrive, une échappatoire existait pour moi, une incertitude de 200 unités sur les distances. Je ne me suis donc pas même beaucoup tracassé ici. De vrai, j'avais un scrupule incomparablement plus grand qui me hantait presque jusqu'à la folie, je ne pouvais comprendre pourquoi la Planète, qui avait une variation LE sur le diamètre LK en si grand accord avec les distances observées, optait plutôt pour un chemin elliptique comme le révélait les équations. O comme j'étais ridicule! Comme si la variation sur le diamètre ne pouvait corespondre à un chemin elliptique. C'est pourquoi cette connaissance s'est imposée à moi, à savoir que la variation correspond parfaitement à une ellipse comme cela paraîtra au chapitre suivant, où il sera encore démontré par la même occasion que nulle forme d'Orbite n'est permise à une planète si ce n'est la parfaitement elliptique; les lois dérivées des principes Physiques se combinant avec l'expérience des observations et de l'hypothèse alternative, développée dans ce chapitre .

Nouvelle Trad. P. Radelet et M. Mund Dopchie

HARMONICES MUNDI

Linz, 1619

Après avoir évoqué les deux premières lois découvertes en 1609, Kepler raconte la découverte de sa troisième loi : le carré de la période égale le rayon élevé à la puissance 3/2. Autrement dit, la planète parcourt son orbite en un temps lié à la grandeur du rayon par une formule indépendante de la planète elle-même.

LIVRE V, CHAPITRE III : RESUME DE LA DOCTRINE ASTRONOMIQUE NECESSAIRE POUR LA CONTEMPLATION DES HARMONIES CELESTES

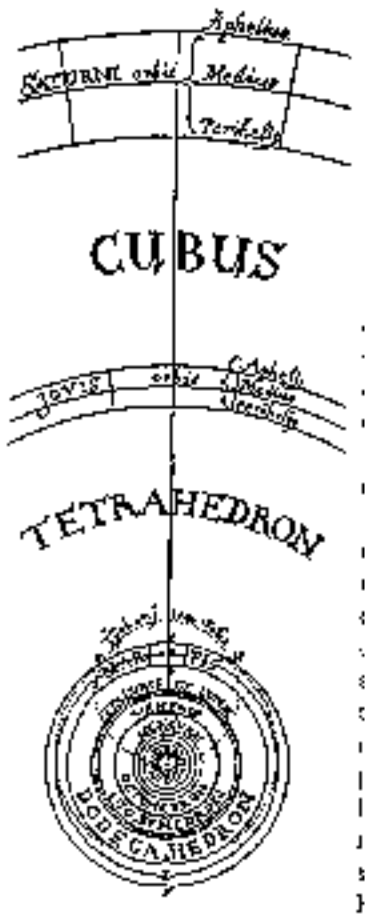
Avant tout, que les lecteurs sachent que les Hypothèses astronomiques anciennes de Ptolémée, telles qu'expliquées dans les spéculations de Peurbach et d'autres auteurs d'abrégés, doivent être entièrement changées et sorties de l'esprit par la considération suivante : elles ne donnent pas la disposition réelle des Corps du monde et la direction des Mouvements .

En leur place, même si je ne puis faire autrement, comment ne pas y substituer tout particulièrement l'opinion de Copernic au sujet du monde, et si c'était possible en persuader tout un chacun; mais comme la chose est encore nouvelle au commun des savants et que la doctrine que la Terre est une des planètes et qu'elle est portée parmi les astres autour du Soleil immobile, est souvent perçue par beaucoup comme tout à fait absurde. Que ceux que cette façon inhabituelle de penser choque sachent donc que ces spéculations harmoniques ont aussi place dans les Hypothèses de Tycho Brahe; parce que cet auteur possède en commun avec Copernic en plus d'autres choses, tout ce qui concerne la disposition des corps et la direction des mouvements, il transfert seulement le mouvement annuel copernicien de la Terre à tout le système des Orbes des Planètes et au Soleil qui en occupe le centre, en accord avec les deux auteurs. En effet, par ce transfert de mouvement il ne se fait rien moins que la terre occupe à un moment déterminé, si pas dans ce très vaste et immense espace de la sphère des fixes, du moins dans le système du Monde planétaire, chez Brahe la place même que Copernic lui donne, de telle sorte que celui qui trace un cercle sur une feuille fait mouvoir le crayon autour du pied du compas, d'autre part, celui qui fixe la feuille ou la table sur un tour mobile, celui-là décrit le même cercle sur la tablette défilant avec le pied immobile du compas ou pointe; alors de même ici, celui qui mesure par le mouvement réel de son corps le cercle de la Terre chez Copernic, qui progresse entre les cercles extérieur de Mars et intérieur de Vénus; alors que chez Tycho Brahe, tout le système des planètes (dans lequel parmi d'autres sont aussi les cercles de Mars et de Vénus) est tourné, comme la table posée sur le tour, attachant à la Terre fixe, comme sur la pointe fixe du tour, l'espace entre les cercles de Mars et de Vénus; et dans ce mouvement du système il se fait que la Terre y trace le même cercle, intercalé entre ceux de Mars et de Vénus, autour du Soleil elle-même demeurant immobile, que celui qu'elle trace chez Copernic par le mouvement réel de son corps, le système restant immobile. Donc puisque la contemplation Harmonique considère les mouvements excentriques des planètes comme vus du le Soleil, il est facile de comprendre que si quelque observateur était dans le Soleil mobile si tu veux, pour lui la Terre au repos si tu le désires (comme cela est déjà concédé à Brahe), semblera néanmoins parcourir un cercle annuel au milieu des Planètes et en un laps de temps lui aussi intermédiaire. C'est pourquoi, si quelque homme de croyance débile ne peut concevoir le mouvement de la Terre parmi les Astres, il pourra néanmoins jouir de la contemplation extraordinaire de cette machine la plus divine; s'il entend quelque chose à propos des mouvements journaliers de la Terre sur son Excentrique : qu'il l'attribue suivant les apparences au Soleil, apparences qu'explique aussi Tycho Brahe la Terre demeurant au repos .

Cependant les vrais partisans de la philosophie de Samos n'ont pas de raison valable de refuser à de tels gens de partager cette spéculation délicieuse, car leur joie serait encore plus parfaite, et assurément grâce à une spéculation complétée d'observation s'ils acceptaient l'immobilité du Soleil et le mouvement réel de la Terre.

Avant tout les lecteurs doivent donc comprendre, la chose est aujourd'hui certaine pour tous les astronomes, que toutes les Planètes tournent autour du Soleil, à l'exception de la Lune qui seule a la Terre pour centre, dont certes l'orbe ou la longueur du parcours n'est pas assez grande, pour pouvoir être dessinée sur cette feuille dans une proportion exacte avec les autres. Aux cinq autres s'ajoute donc une sicième, la Terre qui, ou par son propre mouvement, le Soleil étant au repos, ou étant elle-même immobile et tout le système des Planètes étant tourné, dessine elle-même un sixième cercle autour du Soleil.

....



Cinquièmement, pour en venir aux mouvements entre lesquels sont établies les Harmonies, j'inculque de nouveau au lecteur ce que j'ai démontré dans mes commentaires sur Mars, à partir des observations très fiables de Brahe, que des arcs égaux du mouvement diurne sur un même Excentrique ne sont pas parcourus à vitesse égale, mais que ces divers *intervalles de temps le long de parties égales de l'Excentrique, respectent la proportion de leurs distances au Soleil,* source du mouvement; et réciproquement que, à des temps supposés égaux, par exemple un jour naturel dans les deux cas, correspondent, *des arcs de jours vrais sur chacune des Orbites excentriques qui sont dans le rapport inverse du rapport de leurs deux distances au Soleil.* En même temps, j'ai aussi démontré que *l'Orbite de la Planète est elliptique, et que le Soleil,* source du mouvement, *est situé à l'un des foyers de cette Ellipse;* de cette manière, la planète effectue *le quart de son circuit à partir de l'Aphélie à une distance disons moyenne du Soleil* entre le maximum à l'Aphélie et le minimum au Périhélie.

...

Huitièmement, nous avons traité jusqu'ici des divers délais ou des arcs parcourus par une et même Planète. Maintenant, il s'agit encore de comparer entre eux les mouvements de deux Planètes.

...

Donc à nouveau une certaine partie de mon Mystère cosmographique, inachevée depuis 22 ans, parce qu'elle n'était pas encore évidente, doit être délivrée et présentée ici. En effet, les intervalles exacts entre les Orbes étant déterminés par les observations de Brahe, au cours d'un travail continu de très longue haleine; enfin, enfin, le rapport exact des Temps périodiques au rapport des Orbes, m'a regardé moi inhabile et après un long moment, il est venu; si tu demandes à quel moment précis, elle fut conçue le 8 mars de cette année mille six cent dix-huit, mais impossible à réduire aux calculs, et pour cette raison, rejetée comme fausse; revenue enfin le 15 mai, ayant pris une nouvelle inspiration, il emporta les ténèbres de ma Pensée grâce à la grande conformité de mon travail de dix-sept années sur les Observations Brahéennes et de cette méditation, l'une et l'autre aboutissant au même point, que je crus d'abord rêver et supposer ce qui est recherché dans les principes. Mais la chose est tout à fait certaine et exacte que le rapport qui existe entre les temps périodiques de deux Planètes quelconques, est exactement une fois et demi le rapport des distances moyennes, c'est-à-dire de leurs Orbes.

Nouvelle Trad. P. Radelet et et M. Mund Dopchie

RENE DESCARTES

La Haye (Touraine) 1596-Stockholm 1650

LES PRINCIPES DE PHILOSOPHIE

Amsterdam, 1644

Dans ce texte, Descartes introduit deux principes fondamentaux : le principe d'inertie et le principe de conservation de la quantité de mouvement. Il s'en sert pour établir les lois des chocs. Malgré les erreurs qui entachent celles-ci, l'important bien perçu par Leibniz fut d'introduire des lois de conservation. L'énoncé du principe d'inertie est irréprochable malheureusement celui de la conservation de la quantité de mouvement ne tient pas compte du caractère vectoriel de la vitesse. C'est-à-dire de sa direction dans l'espace. Elle sera améliorée par son élève Christiaan Huygens et il lui adjoindra le principe de la conservation de l'énergie. Cette dernière avait été également trouvée par Leibniz. Malbranche aussi apprécie l'idée de conservation et il la qualifie de "principe Métaphysique" : "Cependant l'expérience nous a convaincu que M. Descartes s'est trompé: non que le principe Métaphysique de son opinion soit faux". .

R. Descartes, ***Les principes de philosophie,*** **Amsterdam publié par Adam et Tannery, Œuvres de Descartes, Tome IX, p. 83-84.**

Ce paragraphe énonce une partie du principe fondamental qui porte aujourd'hui le nom de principe d'inertie. L'énoncé est complété par Descartes au § 39. L'ensemble est repris dans la première loi du mouvement de Newton (Cf. Newton, Principia).

R. Descartes, ***Les principes de philosophie,*** **Amsterdam publié par Adam et Tannery, Œuvres de Descartes, Tome IX, p. 84-86.**

CHRISTIAAN HUYGENS

La Haye 1629 - La Haye 1695

Diplomate au service de la maison d'Orange et homme de grande culture, mais aussi, comme le père de Galilée, poète et musicien Constantyn Huygens, le père de Christiaan joue un rôle important dans la formation de son fils. Il lui donne personnellement une éducation poussée avant de l'envoyer à l'université de Leyden où van Schooten enseigne les mathématiques puis à Breda où il entendra le mathématicien Pell. Emerveillé par l'esprit logique de son fils, tellement différent du sien, il le met en rapport avec de nombreux scientifiques de son époque, dont Descartes.

Dès l'âge de 17 ans, le jeune homme montre que contrairement à l'affirmation de Galilée, la courbe caténaire n'est pas une parabole, et compose sur la suggestion de Mersenne une petit traité axiomatique concernant ce problème. Un des axiomes auquel il fait appel est l'axiome de Torricelli qui veut que le centre de gravité soit le plus bas possible. Axiome qu'il continuera à utiliser vers la fin de sa vie lorsqu'en 1690 Jacob Bernoulli propose ce même problème à la communauté scientifique dans le but de développer le calcul différentiel qui vient d'être énoncé par Leibniz.

Le traitement axiomatique des lois de choc l'occupe également très jeune. Selon Descartes qui refusait le vide, les effets étaient transmis uniquement par choc ou pression. Toute théorie du mouvement devait donc commencer par rendre compte des chocs. Dès 1652, Huygens observe que la loi de conservation de la quantité de mouvement telle qu'énoncée par Descartes est fausse. Son énoncé ne tient pas compte de la direction de la quantité de mouvement, nous dirions aujourd'hui de son caractère vectoriel. Bien avant 1668, date à laquelle la Royal Society lui demande ainsi qu'à Wallis et à Wren, de donner les lois du mouvement, donc les lois de choc, Huygens avait exprimé correctement la loi de la conservation de la quantité de mouvement. La théorie des lois du choc de Huygens est fondée sur le principe de relativité dont il perfectionnait l'énoncé déjà fourni par Galilée et faisait de l'argument explicatif de Stevin l'instrument de sa solution :

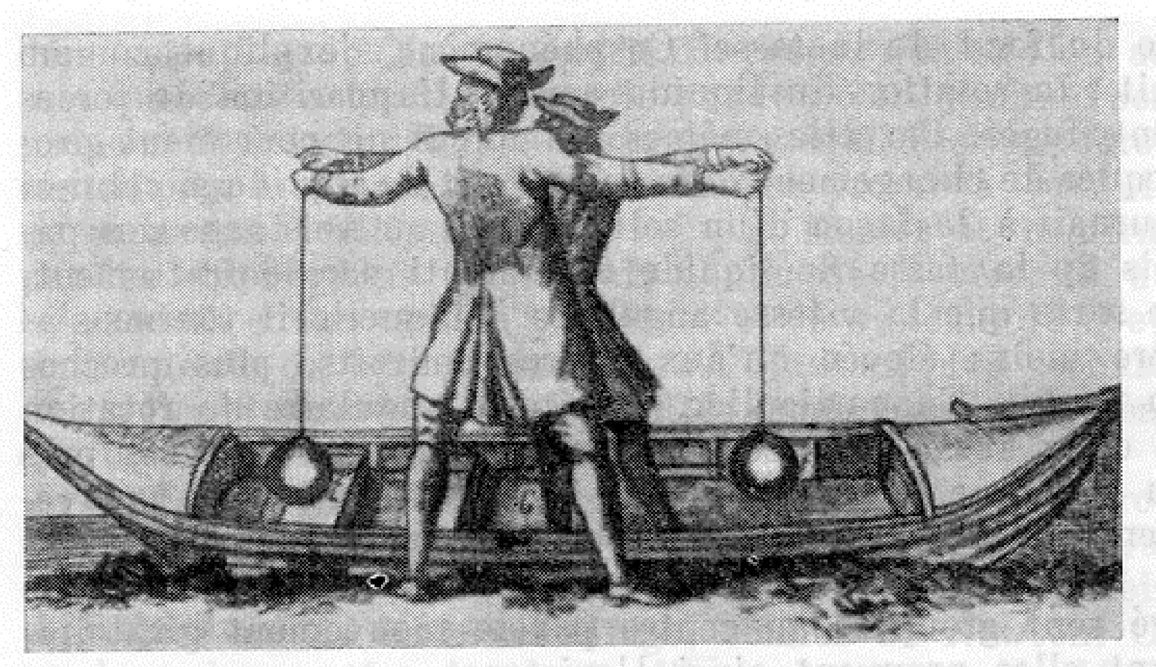


Fig.

La connaissance de la solution dans les cas les plus simples exprimés sur la terre ferme (dans un repère au repos), conduisent, par application de ce principe, à la solution de problèmes plus complexes exprimés sur le bateau qui se meut (dans un repère en mouvement). A l'occasion d'une nouvelle réflexion sur les lois de choc occasionnée par la question de la Royal Society, il ajoute une deuxième loi de conservation, celle de l'énergie.

Malheureusement, Huygens ne parviendra pas à donner une forme axiomatique à l'ensemble de la théorie du mouvement et c'est la raison pour laquelle il laissera sous forme manuscrite la plus grande partie de ses travaux dans ce domaine. Il a mieux réussi avec le mouvement du pendule et la mesure du temps qui font l'objet de l'une de ses œuvres principales, l'*Horologium oscillatorium.*

Il fonde ce travail sur trois axiomes qui préfigurent d'un point de vue plus restreint, ceux des *Principia* de Newton :

I *En l'absence de pesanteur et si l'air n'offrait pas de résistance au mouvement des corps, ceux-ci poursuivraient toujours en ligne droite et à vitesse constante, le mouvement qu'ils auraient acquis à un certain moment.*

II *Mais en présence de la gravité, d'où qu'elle provienne, les corps se meuvent d'un mouvement composé, d'un mouvement uniforme dans l'une ou l'autre direction d'une part et d'un mouvement vers le bas dû à la gravité.*

III *Et chacun de ces mouvements peut être étudié indépendamment car l'un ne perturbe pas l'autre.*

Huygens ne considère qu'une force particulière, la gravitation, alors que Newton généralisera ses axiomes à une force quelconque, rendue abstraite grâce à sa caractérisation par un vecteur.

L'*Horologium* contient le calcul de la période d'oscillation d'un pendule en fonction de la longueur de ce dernier et corrige Galilée qui affirmait que la courbe isochrone était le cercle alors que, comme le montre Huygens, il s'agit de la cycloïde.

Ses manuscrits permettent encore de voir qu'il fait les premiers pas vers l'expression mathématique du théorème des travaux virtuels.

Tout comme pour Kepler, Galilée et Descartes, l'étude de l'optique, la fabrication de lentilles, la réflexion et la réfraction au sein de ces dernières sont pour lui des phénomènes qu'il convient de comprendre si l'on veut avoir confiance dans les observations astronomiques. En 1653, il écrit un *Tractatus de refractione et telescopiis* qui restera manuscrit. Dans ces domaines aussi, Huygens apporte de nombreuses connaissances importantes. Il fabrique des lentilles, observe que les satellites de Saturne forment un anneau et donne un traité de la lumière. Ce dernier est considéré par certains comme le fondement de l'optique ondulatoire, par d'autres de l'optique géométrique. Dans le principe qui porte son nom, Huygens exprime qu'*il y a encore à considérer dans l'émanation de ces ondes, que chaque particule de la matière, dans laquelle une onde s'étend, ne doit pas communiquer son mouvement seulement à la particule prochaine, qui est dans la ligne droite tirée du point lumineux, mais qu'elle en donne aussi nécessairement à toutes les autres qui la touchent et qui s'opposent à son mouvement. De sorte qu'il faut qu'autour de chaque particule il se fasse une onde dont cette particule soit le centre. Ainsi, si DCF est une onde émanée du point lumineux A, qui est son centre, la sphère DCF, aura fait son onde particulière KCL, qui touchera l'onde DCF en C, au même moment que l'onde principale, émanée du point A, est parvenue en DCF; et il est clair qu'il n'y aura que l'endroit C de l'onde KCL qui touchera l'onde DCF, savoir celui qui est dans la droite menée par AB. De même, les autres particules comprises dans la sphère DCF, comme bb, dd, etc., auront fait chacune son onde. Mais chacune de ces ondes ne peut-être qu'infiniment faible comparée à l'onde DCF, à la composition de laquelle toutes les autres contribuent par la partie de leur surface qui est la plus éloignée du centre A.*

La figure qui accompagne son explication nous montre le front d'onde qui est l'enveloppe des ondes issues des différentes particules à un moment donné. L'étude des développées et des enveloppes figure au centre des préoccupations mathématiques de Huygens.

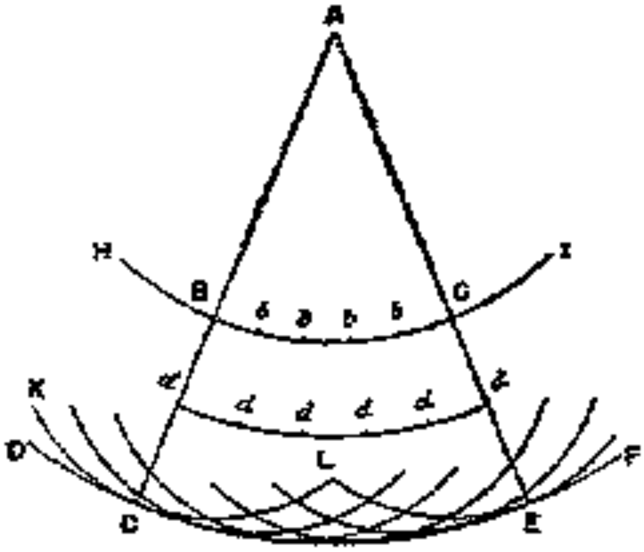


Fig.

Certes, Huygens qualifie d'onde la propagation d'un ébranlement sans considération de périodicité. Il lui manque les notions fondamentales de longueur d'onde ou de fréquence qui sera introduite par Newton. Pourtant son principe ouvre la voie vers le principe de superposition des ondes. Au moyen de son principe Huygens élabore l'optique géométrique en commençant par les lois de réflexion et de réfraction.

Autre aspect de ses recherches en mathématiques, Huygens, dans son *de ratiociniis in ludo aleae,* introduit la notion d'espérance mathématique dans les problèmes de jeu qui ont ouvert la porte à l'étude des probabilités.

Œuvres complètes de Christiaan Huygens, publiées par la Société hollandaise des Sciences, 22 vols, Martinus Nijhoff, La Haye, 1888-1950.

H.J.M. Bos, "Huygens, Christiaan". - In : *Dictionary of scientific Biography,* / Ch. C. Gillispie, Charles Scribner's sons, New York, [Tome VI, pp. 597-613]

D. Speiser, "L'*Horologium Oscillatorium* de Huygens et les *Principia* de Newton". - In : *Revue Philosophique de Louvain,* Editions de l'institut supérieur de philosophie, Louvain-la-Neuve, [Tome 86, novembre 1988, pp. 485-504]

P. Dupont e C.S. Roero, "Il trattato "de ratiociniis in ludo aleae" di Christiaan Huygens con les "annotationes" di Jakob Bernoulli ("Ars conjectandi", Parte I) presentati in traduzione italiana, con commento storico-critico e risoluzioni moderne". - In : *Memorie della Accademia delle Scienze di Torino, I. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*, Accademia delle Scienze, Torino, Serie V, Volume 8, Anno Accademico CCI, 1984.

HOROLOGIUM OSCILLATORIUM

Leiden, 1673

L'introduction nous éclaire sur deux aspects de cet ouvrage. Huygens y démontre l'isochronisme de la cycloïde. Lorsque le centre de gravité du pendule se déplace sur une cycloïde, la période, c'est-à-dire le temps qu'il emploie pour effectuer un battement est indépendante de l'amplitude du balancement. Huygens exploite cette propriété pour construire une bonne horloge Pour mener cette tâche à bien, il développe à la fois l'étude de la chute des corps de Galilée et la théorie mathématique des enveloppes et développées.

traduit dans les Œuvres complètes de Christiaan Huygens, publiées par la Société hollandaise des Sciences, vol. XVIII pp. 87-90, Martinus Nijhoff, La Haye, 1888-1950.

HOROLOGIUM OSCILLATORIUM

Leiden, 1673

Outre les découvertes énoncées par Huygens dans l'introduction, il progresse également dans l'élaboration axiomatique de la mécanique. Stevin a commencé à établir sur de telles bases, la statique et l'hydrostatique. Huygens est le premier à tenter de construire de cette manière un problème dynamique, celui du pendule qui fait intervenir une force motrice particulière, la pesanteur. Newton complétera son œuvre en élaborant une construction axiomatique de la dynamique et en considérant des forces plus générales (cf. Newton). Dans le passage qui suit il énonce les axiomes auxquels il va faire appel.

Le premier axiome est ce que l'on appelle aujourd'hui le principe d'inertie. Il a déjà été énoncé par Descartes et sera repris pour des forces plus générales par Newton.

Le deuxième axiome se trouvera amélioré chez Newton, sous forme d'un corollaire très important. Il s'agit chez ce dernier de ce que l'on appelle aujourd'hui la loi de composition ou parallélogramme des forces. Huygens parle de composition de mouvements, et il y a rapprochement avec des vitesses. Dans les deux cas, on doit y voir la loi de la composition de vecteurs.

Le troisième axiome est indispensable au calcul de la chute parabolique d'un grave et avait été utilisé par Galilée. Il avait déjà été énoncé auparavant par Grégoire de Saint-Vincent.

traduit dans les Œuvres complètes de Christiaan Huygens, publiées par la Société hollandaise des Sciences, vol. XVIII pp. 125-126, Martinus Nijhoff, La Haye, 1888-1950.

ISAAC NEWTON

Woolsthorpe, 1642 - Londres, 1727

Au prix d'un travail acharné, il ne s'arrêtait pas souvent pour manger, Newton a laissé une œuvre d'une importance considérable même si le nombre de ses publications n'est pas très élevé en comparaison d'un Euler, d'un Cauchy ou d'un Poincaré. Les nombreux manuscrits qu'il a laissés permettent cependant de mesurer la quantité de travail et de suivre le cheminement de sa pensée. Même s'il s'est intéressé à l'Alchimie ou, comme Képler, aux prédictions astrologiques son raisonnement est plus proche du nôtre que celui de Kepler. Mais le fait que, lui aussi, ait voulu développer ces connaissances doit faire réfléchir à l'effort que des hommes comme Stevin, Kepler et Galilée ou comme Huygens et Newton ont dû produire pour dégager mélange de science et de superstitions, non seulement des connaissances scientifiques de grande valeur mais encore des méthodes qui permettent de trier le bon grain de l'ivraie. Il ne faut certainement pas reprocher à Newton de s'être intéressé à une des recherches importantes de son époque, l'alchimie, sœur irrationnelle de la chimie, ou aux prédictions astrologiques, au même titre sœur de l'astronomie mais admirer plutôt la méthode qui lui a fait rejeter les résultats de l'alchimie ou de l'astrologie qu'il n'a jamais publiés pour conserver les résultats qu'il avait récoltés en mathématiques, en optique et en astronomie.

L'optique avait reçu un regain d'intérêt au début du siècle, lorsqu'en 1611, Galilée avait observé, au moyen de la lunette les satellites de Jupiter et les phases de Vénus. Ces observations qui ouvraient la porte à la vérification par l'observation de l'héliocentrisme prôné par Copernic étaient mises en doute par les défenseurs de l'ancienne doctrine. Ceux-ci mettaient également en doute la valeur de l'instrument qui avait permis ces observations. Il s'agit donc pour Newton, comme avant lui pour Descartes et Huygens, de donner une théorie plausible des phénomènes de réflexion et réfraction et par là même des propriétés des lentilles.

A l'occasion de ses réflexions sur la diffraction de la lumière à travers un prisme, Newton ajoute la notion fondamentale de longueur d'onde ou de fréquence à la théorie de l'optique ondulatoire ébauchée par Huygens.

Plus importante encore est son œuvre en mécanique. Dans les *Principia*, il étudie, dans le premier livre, le mouvement d'une masse ponctuelle sous l'action d'une force centrale quelconque. A cette force il donne les caractéristiques de longueur et de direction propre à ce que nous appelons aujourd'hui un vecteur. Dans le livre deux, il reprend le même problème lorsque le système est plongé dans un milieu exerçant une certaine résistance. Finalement, dans le dernier livre, il applique les résultats précédents au cas particulier d'une force inversement proportionnelle au carré de la distance, force que l'on observe dans le système planétaire. Ce faisant non seulement Newton insère dans un système axiomatique les résultats de Galilée sur la chute des corps et de Kepler sur le mouvement planétaire mais, de plus, il unifie les deux résultats comme issus d'un seul et même phénomène, l'attraction vers un centre, attraction que nous qualifierions aujourd'hui de gravifique. C'est cet élément essentiel que Newton a compris à l'occasion de la chute de la fameuse pomme qu'il raconte lui-même et qui fut rapportée à Voltaire : *Un jour, en l'année 1666, Newton retiré à la campagne, et voyant tomber des fruits d'un arbre, à ce que m'a raconté sa nièce [Madame Conduitt], se laissa aller à une méditation profonde sur le cause qui entraîne ainsi tous les corps vers une ligne qui, si elle était prolongée, passerait à peu près pas le centre de la terre.* La pomme est attirée par une force centrale issue du centre de la terre exactement comme notre lune est maintenue en rotation par une force issue de ce même centre ou encore comme n'importe quelle planète est en rotation autour d'un autre centre de force, le soleil.

En mathématique, Newton fournit l'outil qui permet à la mécanique et à toute la physique de prendre un nouvel essor, le calcul des fluxions. Ce calcul très voisin du calcul différentiel est mieux connu sous la forme que lui ont donné Leibniz et les frères Bernoulli.

A.P. Youschkevitch, "Newton, Isaac". - In : *Dictionary of scientific Biography,* / Ch. C. Gillispie, Charles Scribner's sons, New York, [Tome X, pp. 42-103]

"Isaac Newton's Philosophiae naturalis principa mathematica : the third edition 1726, / Ed. Al. Koyré et I.B. Cohen, University Press, Cambridge, 1972.

The mathematical papers of Isaac Newton / Ed. D. T. Whiteside, 8 vols, University Press, Cambridge, 1967-1981.

The correspondance of Isaac Newton / Ed. H.W. Turnbull, 3 vols, University Press, Cambridge, 1959-1961.

PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA

1 ed. Londres, 1687 pp. 12-14.

Newton fonde sa théorie du mouvement sur une série de huit définitions qui comprennent la notion d'accélération et sur trois axiomes ou lois du mouvement.

Le premier de ces axiomes énonce la loi d'inertie et défini une force comme ce qui peut changer l'état d'un corps. Cet axiome avait été énoncé par Descartes et précisé par Huygens.

Le deuxième axiome énonce la loi qui porte le nom de Newton : $\vec{F} = m\vec{a}$. Le changement de mouvement est le changement de la vitesse, c'est-à-dire l'accélération. La deuxième partie de cet axiome entame la description vectorielle de la force : elle agit suivant une certaine direction.

Le troisième axiome qui donne l'égalité de l'action et de la réaction, exprimées chacune par une grandeur et une direction, c'est-à-dire vectoriellement. Il avait déjà été énoncé avec toutes ces précisions par Roberval. Ce dernier axiome est complété par un corollaire qui donne la loi de composition des forces suivant la loi du parallélogramme. Il s'agit donc de la composition de vecteurs.

L'énoncé des ces axiomes et du corollaire est le même dans les trois éditions des Principia. Une phrase a été ajoutée à la fin du corollaire "& par la première loi il ira d'un mouvement rectiligne de A en D".

Trad. Marquise Duchatelet sur base de l'édition de 1726

PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA

---

1 ed. Londres, 1687 p. 401.

Ce texte introduit le troisième livre des Principia qui traite du système du monde. Newton y particularise au cas des forces inversement proportionnelles aux distances, ce qui est le cas de la force d'attraction gravifique, les résultats des deux livres du mouvement qui précèdent.

Trad. Marquise Duchatelet

PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA

3ed. Londres, 1726 pp. 569-570.

Ce scholie ne figure pas dans les premières éditions des Principia. Mais les idées qui y donnent lieu existaient déjà. En effet la proposition IV, Théorème IV figurait déjà dans les éditions antérieures. L'apport de ce scholie est de donner principalement un exemple net de l'unification effectuée entre la chute des graves et le mouvement planétaire.

Trad. Marquise Duchatelet

GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ

Leipzig, 1646 - Hanovre, 1716

Poussé par une curiosité rare, G.W. Leibniz a commencé dès son enfance à lire pêle-mêle l'ensemble des livres de la bibliothèque laissée par son père très tôt disparu. Poussé par la même boulimie, il rassemble ensuite pour les éditer un très grand nombre de documents historiques relatifs à la maison de Brunschwig, son commanditaire, et par la même occasion relatifs à d'autres éléments historiques. Il les publiera dans plusieurs volumes de varia. Il explore ainsi l'histoire, le temps, mais ce même travail le pousse à de nombreux voyages dans tous les pays d'Europe où il glane ces documents. L'occasion lui est donnée de rencontrer nombre de personnages importants. La même curiosité, portée cette fois sur les hommes, le poussera à s'intéresser et à intervenir dans les travaux de très nombreux érudits européens. l'importante correspondance - quelques ???? lettres nous sont parvenues- montre le réseau épistolaire très important qu'il avait tissé. Toujours dans le même souci d'information, il fonde en 1700 l'académie de Berlin. Il y rencontre d'autres savants avec d'autres connaissances, comme dans sa correspondance.

Un personnage fécond, très fécond, qui a travaillé presque tous les domaines de la connaissance : l'histoire, nous l'avons dit, mais aussi la théologie, la logique, le droit, la philosophie, les mathématiques, la physique, la métaphysique, la chimie, la botanique et la médecine. Fontenelle nous rapporte que le Roi d'Angleterre l'appelait son "dictionnaire vivant". Qui plus est, il a travaillé tous ces domaines simultanément et nous nous refuserons à parler de diversité. Car l'objectif de Leibniz, à travers ce savoir immense est justement une doctrine unifiée de la connaissance. But qu'il n'atteint pas, mais combien ample est la moisson, combien de principes fondamentaux énoncés, combien de portes ouvertes. Nous ne pourrons les évoquer tous et nous bornerons aux plus importants ou plutôt, car nul ne peut cerner toutes les sciences qu'il embrasse, celles qui nous semblent fondamentales.

Résultant de sa quête d'universalité, citons sa tentative de fournir une langue universelle qui débouche sur les débuts de la logique formelle, Fait pendant au calcul formel, le fameux Calcul leibnizien, le calcul différentiel, langue qui permettra de formaliser la mécanique, et la physique.

Leibniz a énoncé un très grand nombre de principes généraux comme le principe de perfection, celui de simplicité, le principe de contradiction, d'identité des indiscernables, le principe de continuité, le principe de raison suffisante. Les principes de contradiction et celui d'identité des indiscernables se sont avérés particulièrement productifs en logique alors que le principe de continuité, lui permet de révoquer le principe de conservation de la quantité de mouvement et les lois de choc tels qu'énoncés par Descartes. Tout en concédant que la conservation est une idée importante il prône que la quantité conservée n'est pas la quantité cartésienne de mouvement mais sa force vive, c'est-à-dire, ce que nous appelons l'énergie. Huygens comprend le premier qu'il faut, pour écrire les lois du choc, à la fois la conservation de la quantité de mouvement, définie comme une grandeur ayant une grandeur et une direction (un vecteur) et la conservation de l'énergie (scalaire).

Le principe de simplicité deviendra principe d'économie qui associé au calcul différentiel et à la notion d'action ouvrira la porte au principe de moindre action, énoncé par Maupertuis et élaboré par Euler au siècle suivant.

Frederick Kreling, Jürgen Mittelstrasse, Eric Aiton et Joseph E. Hofmann, "Leibniz, Gottfried Wilhelm". - In : *Dictionary of scientific Biography,* / Ch. C. Gillispie, Charles Scribner's sons, New York, [Tome VIII, Pp. 149-168]

C. S. Roero, P. Dupont, Leibniz 84, "Il decollo enigmatico del calcolo differenziale", Mediterranean Press, Rende (Italie), 1991.

Mathematische Schriften, Ed. C.I. Gerhardt, T. I-VII, Halle 1855-1863 (Réimpr. Olms, Hildesheim, 1962)

Philosophischen Schriften, Ed. C.I. Gerhardt, T. I-VII, Berlin 1875-1890 (Réimpression, Olms, Hildesheim, 1960-61).

Fontenelle, "Eloge de M. Leibniz", -In : *Gothofredi Guillelmi Leibnitii, Opera Omnia*, / Ludovici Dutens, Tome I, pp. XIX-LIII.

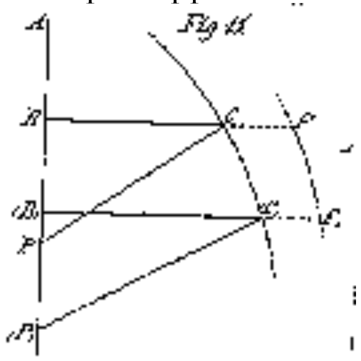
LETTRE DE LEIBNIZ À JACOB BERNOULLI

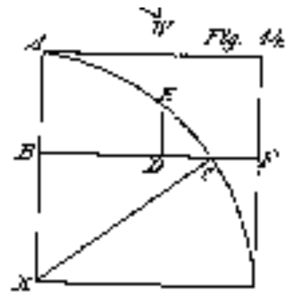
2ème Post scriptum à la lettre écrite à Berlin en Avril 1709

Der Briuefwechsel von Jacob Bernoulli, Basel, Birkhäuser, 1993, pp. 109-112.

Dans ce post scriptum Leibniz raconte à Jacob Bernoulli comment et à la suite de quelles lectures, il a découvert son nouveau Calcul, notre calcul différentiel. Ce Calcul, dont il a à peine ébauché les grandes lignes dans son fameux article "Nova methodus pro maximis et minimis, itemque tangentibus, quae nec fractas, nec irrationales quantitates moratur, & singulare pro illis calculi genus" a été développé par Jacob Bernoulli et son jeune frère Johann. Au cours d'une querelle retentissante entre les deux frères, à laquelle Leibniz fait allusion dans ce texte, ils ont tour à tour posé des défis à la communauté scientifique. Ces défis consistaient à soumettre certains problèmes qui ne pouvaient se résoudre qu'au moyen du nouveau calcul. Ils se sont ainsi habitués, en même temps que d'autres scientifiques, à utiliser le nouvel outil qui permettait de mathématiser bon nombre de problèmes physiques, restés jusque là inabordables. Citons par exemple, la caténaire et l'elastica, ou encore une nouvelle manière de montrer l'isochronisme de la cycloïde (appellée pour l'occasion brachistochrone), déjà découverte par Huygens.

P. S. Est-ce que vous me jugez avoir un esprit assez étroit pour que je me mette en colère contre vous, Monsieur votre frère ou quelqu'un d'autre, si vous aviez remarqué chez Barrow des méthodes qu'à moi, contemporain de [ces] inventions, il n'a pas été nécessaire de lui emprunter. Lorsque j'avais débarqué à Paris l'an de grâce 1672, j'étais quant à moi un Géomètre autodidacte, mais peu discipliné : je n'avais pas la patience de parcourir de longues chaînes de démonstrations. J'avais consulté, étant enfant, l'Algèbre élémentaire d'un certain Lanzius, puis de Clavius. Celle de Descartes m'avait semblé trop compliquée. Je me semblais pourtant, par je ne sais quelle téméraire confiance en mon Génie, capable d'être aussi leur égal si je voulais. Et j'osais parcourir des ouvrages assez relevés comme la Géométrie de Cavalieri et les éléments assez aimables de Leotaud sur les curvilignes que j'avais trouvés par hasard à Noriberg et quelques livres semblables, m'apprêtant à y barboter absolument sans liège. Car je lisais à peu près comme Histoire, l'Histoire Romaine. De temps en temps je m'imaginais quelque calcul Géométrique, à l'aide de petits carrés et de petits cubes que j'étais obligé d'exprimer par des nombres incertains - ignorant que Viète et Descartes avaient fait tout cela bien mieux ! Dans cette, dirais-je, absolument superbe ignorance des Mathématiques, j'embrassais du regard l'histoire et le droit, parce que je m'étais destiné à ces études. D'entre les mathématiques je goûtais ce qu'il y a de plus amusant, aimant avant tout connaître et trouver les Machines ; et, de fait, j'ai mis au jour, encore à cette époque ma "Machine Arithmétique". Quand, par hasard, Huygens, qui, je crois, cherchait en moi plus qu'il n'y avait, m'apporta un exemplaire récemment édité de son Livre *de Pendulis* avec sa bonne grâce habituelle ; cela me fut le début ou l'occasion [de l'exercice] d'une Géométrie plus exacte. Tandis que nous sacrifiions à la conversation, il remarqua que je n'avais pas une notion assez juste du centre de gravité, c'est pourquoi il me l'indiqua brièvement, En même temps il ajouta que Dettonville c'est-à-dire Pascal s'était occupé à la perfection de tels problèmes. Pour moi, qui ai toujours eu pour idéal d'être le plus docile des mortels, et qui souvent ait effacé d'innombrables méditations miennes, pas encore mûries, par la lumière que je tirais, constant, de peu de mots d'un seul grand homme : je saisis au vol les conseils du grand mathématicien (car je me rendais bien compte de la valeur qu'avait Huygens). S'y ajoutait l'aiguillon d'une certaine honte de paraître ignorer pareille chose. C'est pourquoi j'emprunte Dettonville à Buotius, Grégoire de Saint Vincent à la Bibliothèque Royale, décidé dès lors à faire sérieusement de la Géométrie. Sans retard, je regardais avec joie les fameux "ductus" de St Vincent, les fameux onglets initiés par St Vincent, perfectionnés par Pascal ; puis ces fameuses sommes et sommes de sommes et les solides diversement obtenus et résolus : ils m'apportaient plus de plaisir que de travail ! J'en étais là, lorsque je tombe par hasard sur une démonstration de Dettonville apparemment sans grande importance par laquelle il prouve la mesure Archimédienne de la surface de la sphère et, à partir de la similitude des triangles EDC et CBK, montre que l'on aura CK.DE = BC.EC et, par conséquent, qu'en prenant BF = CK, on aura le rectangle AF = au moment de la courbe AEC par rapport à l'axe AB.





Cette nouveauté du calcul me frappa et, en effet, je ne l'avais pas trouvé chez les Cavalériens. Mais ce qui me stupéfia le plus, c'est que Pascal, par une sorte de malchance, semblait avoir eu un bandeau sur les yeux. Car je voyais immédiatement que ce théorème était absolument universel pour n'importe quelle courbe, même si les perpendiculaires ne concouraient pas en un point unique, si seulement on transportait la perpendiculaire de la courbe à l'axe de façon qu'elle devînt une ordonnée [à ce même axe] comme PC ou P'C' en BF ou B'F', il était manifeste que la zone FBB'F'F était égale au moment de la courbe CC' par rapport à l'axe. Pour moi, je vais sur le champ chez Huygens que je n'avais pas encore revu ; je lui dis que, parce que j'ai obéi à ses conseils, je suis capable maintenant de quelque chose que Pascal n'avait pas obtenu. Et j'expose le théorème général sur les moments des courbes. Celui-ci, plein d'admiration, me dit : "Eh bien ! C'est tout justement le théorème sur lequel s'appuient mes constructions pour expliquer les surfaces des Conoïdes Paraboliques, Elliptiques et Hyperboliques, et Roberval et Bulliaud ne purent jamais savoir comment je les avais trouvées. C'est pourquoi applaudissant lui-même à mes progrès il me demanda si je pouvais maintenant trouver la nature des courbes comme FF. Comme je disais que je n'étais pas habitué à ce genre de recherches, il me conseilla de lire attentivement. Descartes et de Sluze qui apprenaient à élaborer des équations locales, il me disait que cela était tout à fait commode. A partir de ce moment, je me mis à étudier la Géométrie de Descartes, j'y ajoutai de Sluze, entrant ainsi dans la Géométrie par la porte de derrière. Mais comme le succès me souriait et que des trouvailles innombrables naissaient sous mes mains, j'emplis cette même année quelques centaines de feuilles que je répartissais en deux genres : celui des assignables et celui des inassignables. Je comptais parmi les assignables tout ce que j'obtenais par les méthodes d'autrefois dont Cavaliéri, Guldin, Torricelli, Grégoire de Saint Vincent, Pascal s'étaient servis : somme, somme de somme, transpositions, "ductus", cylindres coupés par des plans et enfin par la méthode du centre de gravité. Je mettais sur le compte des inassignables ce que j'obtenais en me servant de ce fameux triangle que j'appelais déjà "caractéristique" et autres procédés semblables, dont Huygens et Wallis me semblaient avoir donné les commencements. Un peu après tomba entre mes mains la Géométrie Universelle de Jac. Grégoire Scot : je voyais que le même secret lui avait été révélé (quoiqu'obscurcie par des démonstrations à la mode des Anciens), de la même manière qu'à Barrow aussi, puisqu'enfin ses *Leçons* étaient éditées, *Leçons* où je vis enseigner la plus grande partie de mes théorèmes. Cela, toutefois, ne m'émouvait guère, comme ils me paraissent sauter aux yeux d'un débutant une fois qu'il serait mis au courant de cette méthode et que je remarquais qu'il restait des [théorèmes] bien plus élevés, mais qui manquaient d'un nouveau mode de calcul. C'est pourquoi, bien que ma Quadrature Arithmétique et autres découvertes de ce genre fussent accueillies à grand fracas par les Français et les Anglais, je ne les trouvais pas non plus dignes d'être éditées, écœuré que j'étais de m'engluer dans des broutilles, pendant qu'un Océan s'ouvrait par ailleurs. Comment le reste s'est passé, vous le savez et le confirment mes lettres que les Anglais eux-mêmes ont livrées aux presses.

Trad. R. Violette et J. Dhombres

Wisconstige Gedachtenissen, Inhoudende t'ghene daer hem in gheoeffent heeft Den Doorluchtichsten Hoochgheboren Vorst ende Heere, Maurits Prince van Oraengien, Grave van Nassau, ...&c., Leiden Jean Bouwensz. Traduction française partielle, par J. Tuning, Leiden, Jean Jacobsz. Paedts, 1605-1608.