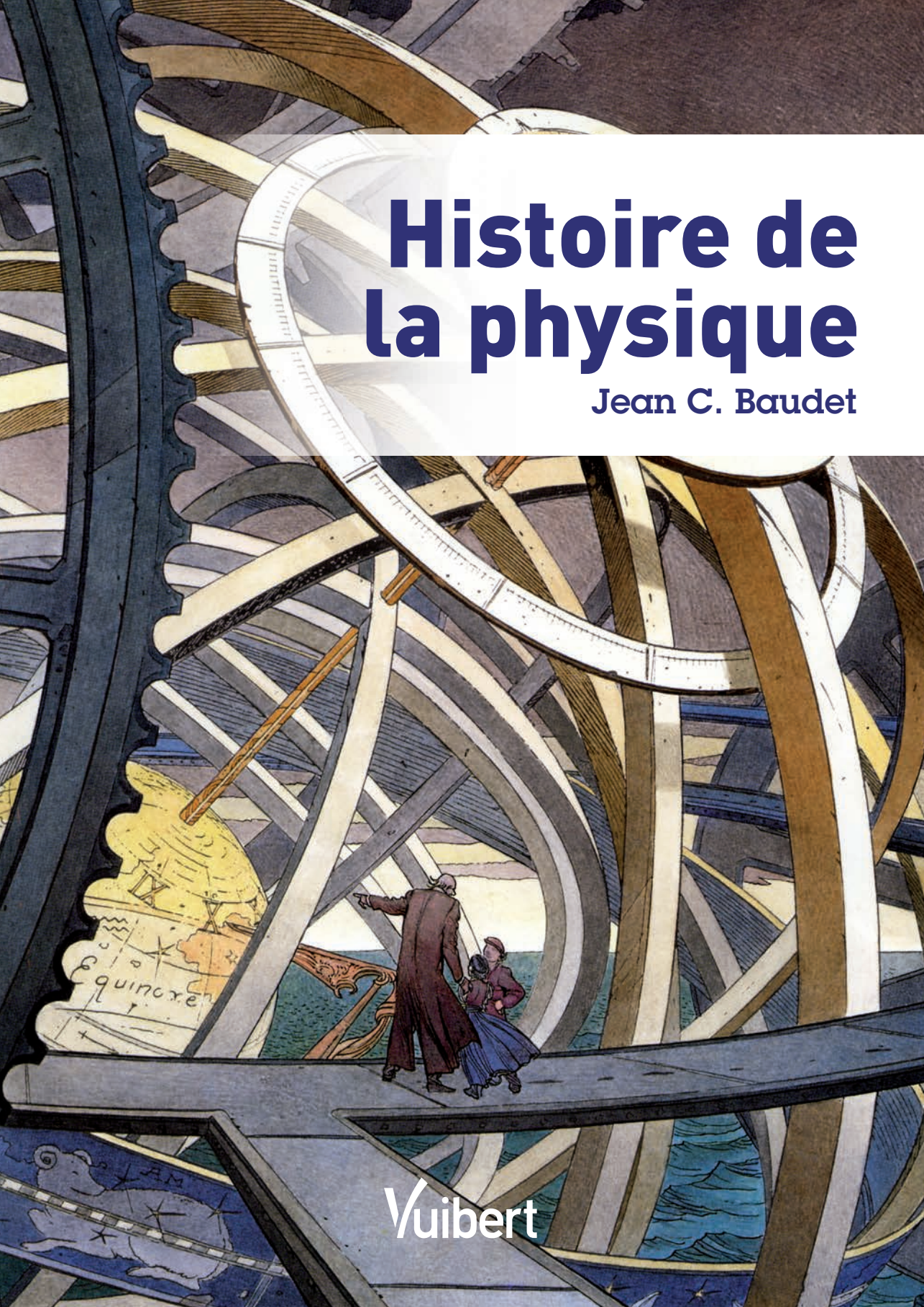




Histoire de la physique

Jean C. Baudet

Vuibert

Table des matières

Avant-propos	3
Les Grecs : la théorie des éléments	5
Qu'est-ce que la physique ?.....	5
Les cosmogonies.....	6
Thalès et les Milésiens.....	8
Pythagore et les pythagoriciens.....	12
Empédocle d'Agrigente.....	14
Les atomistes.....	15
Les astronomes.....	17
Platon et Aristote.....	25
Archimède et les Alexandrins.....	31
Les Romains.....	41
Lucrèce.....	43
Le xvi^e siècle : l'instrumentation et l'héliocentrisme	49
La révolution héliocentrique.....	49
L'instrumentation.....	53
La chymie.....	57
Le xvii^e siècle : la mécanique et la gravitation universelle	59
De Galilée à Pascal.....	62
De Descartes à Varignon.....	73
De Salomon de Caus à Leibniz.....	75
Newton.....	78
Le xviii^e siècle : la mathématisation	
de la « philosophie naturelle »	87
La thermométrie.....	88
Les cordes vibrantes.....	89
La calorimétrie.....	95

Le XIX^e siècle : la thermodynamique, l'optique et l'électromagnétisme.....	99
La chaleur	99
L'électricité.....	109
Les atomes	124
De 1895 à 1945 : la structure de l'atome et la physique nucléaire	127
Les électrons	127
La radioactivité.....	135
Les quanta	146
La relativité.....	155
Les protons et les neutrons.....	179
La fission de l'uranium	251
Du côté des étoiles	276
De 1945 à nos jours : les particules et la naissance de l'Univers	285
De plus en plus de particules.....	286
Le Modèle standard	292
La radioastronomie	299
Le Big Bang	301
L'âge de l'Univers	307
Une formule d'Univers.....	309
Conclusion	311
Bibliographie	315
Index des noms propres	319
Index des notions	325

Avant-propos

Le présent ouvrage résume l'histoire de la physique depuis les origines jusqu'à nos jours. Le but n'est pas de rassembler des anecdotes sur la vie des grands physiciens, mais il s'agit de *comprendre* la physique, et il nous a semblé que, pour comprendre une « construction intellectuelle », il était indispensable de connaître les étapes successives de cette construction, c'est-à-dire son histoire. Quand on sait « d'où vient » une idée, on est en mesure d'en cerner la signification et d'en mesurer la valeur.

Comprendre la physique : voilà un projet à la fois didactique et philosophique, qui s'adresse tant aux débutants (étudiants et amateurs de tous âges), qui ne savent pas encore, qu'aux spécialistes, qui savent déjà.

À ceux qui voudraient entamer l'étude de la physique, je propose une entrée en matière par le biais de l'histoire. Ils verront que, s'il est difficile d'étudier d'emblée un cours de physique d'aujourd'hui, redoutable par sa terminologie, par ses formules mathématiques et par ses concepts abstraits, il est, en revanche, extrêmement simple de comprendre les premières idées des premiers physiciens, puisqu'en parcourant l'histoire on rencontre des notions qui deviennent de plus en plus proches des notions des physiciens d'aujourd'hui, et les notions anciennes (bien que « dépassées ») éclairent très vivement les notions actuelles. C'est une loi de la pensée des hommes : les idées « simples » sont venues avant les idées « complexes », et l'on a distingué le chaud et le froid avant de construire des thermomètres et de faire des calculs compliqués exploitant les concepts de température, d'énergie calorifique, d'entropie... Les concepts d'entropie et d'énergie peuvent sembler difficiles aux débutants, mais, je crois, n'importe qui peut comprendre ce que signifient les termes « chaud » et « froid » !

À ceux qui connaissent la physique, je présente un essai de reconstitution historique de sa lente élaboration, pour tenter d'en tirer quelques conclusions d'ordre philosophique. Quelle est la « valeur » des théories des physiciens ? Peut-on déterminer cette valeur quand on connaît le chemin suivi pour interpréter les expériences et pour bâtir les théories ? Et, question décisive, que vaut la vision du monde proposée par la physique – et, plus généralement, par la science – par rapport aux doctrines que voudraient imposer les religions et les idéologies ?

La physique est devenue une des clés du monde contemporain, et nous pouvons ajouter que cette partie de la science est *un des plus impressionnants savoirs de l'Humanité*. Impressionnante à la fois par la profondeur inégalée de ses constructions intellectuelles et par les époustouflantes « applications » dans la pratique de ces constructions, puisque toute la technologie, depuis les outils les plus simples comme les marteaux et les faucilles jusqu'à ces extraordinaires réalisations que sont les centrales électronu-

cléaires, les réseaux d'ordinateurs, les avancées médicales les plus récentes, toute la technologie, dis-je, dépend entièrement de la physique.

J'irai même jusqu'à prétendre que la physique constitue le noyau dur de la Civilisation. Parmi les hommes que l'on considère habituellement comme instruits, il y a des hésitations sur l'existence des dieux, sur la hiérarchie des valeurs, et l'on se dispute beaucoup pour choisir entre le socialisme et le libéralisme, ou entre l'art abstrait et l'art figuratif. Mais l'on s'accorde universellement sur les lois de la mécanique et les mouvements des planètes, sur les lois de la thermodynamique, sur la structure des atomes, sur la constitution des galaxies et sur le boson de Higgs. Partout dans le monde civilisé, on accepte les protons et les neutrons. Je ne connais un tel consensus dans aucun domaine de la culture.

Il me semble même qu'un homme « cultivé », au xxi^{e} siècle, peut ignorer les fables de La Fontaine, les aphorismes de Confucius ou la liste des batailles gagnées par Napoléon. Mais est-on « cultivé » si l'on ignore les grands moments de l'histoire de la physique ?

La thèse du présent ouvrage est très simple. L'idée d'une explication du monde débarrassée des mythes est née en Grèce, il y a deux mille six cents ans. Mais il faudra près de deux mille ans pour découvrir le moyen de fournir, et encore de manière bien partielle, cette explication, et c'est l'utilisation systématique, à partir du xvi^{e} siècle, d'instruments d'observation et de mesure : sans télescopes, sans microscopes, sans thermomètres, sans spectrographes, pas de véritable physique ! Nous verrons que ce n'est qu'avec la mise au point de toute une instrumentation que la physique et la science sont vraiment nées. Il me semble que la preuve de cette importance des instruments est amplement faite quand on compare les progrès extrêmement lents du savoir depuis l'Antiquité jusqu'à la Renaissance avec les avancées inouïes et de plus en plus rapides des siècles les plus récents.

Le XVI^e siècle : l'instrumentation et l'héliocentrisme

Pour la plupart des historiens, le Moyen Âge se termine en 1453 (la prise de Constantinople par les musulmans). Pour l'historien des sciences, il se termine en 1543, et même très exactement le 20 mai 1543. Ce jour-là, un livre sort des presses d'un imprimeur de Nuremberg : *De revolutionibus orbium coelestium* (« Des révolutions des orbés célestes »). C'est l'ouvrage d'un astronome de langue allemande, vivant en Pologne, Nicolas Copernic (1473-1543), écrivant en latin. C'est une révolution, en effet.

La révolution héliocentrique

En 1543, les astronomes sont toujours en train de baser leurs calculs sur les données qu'ils trouvent dans l'*Almageste*. Ptolémée a tout dit, et il est évident que la Terre est au centre du monde et que les sept planètes tournent autour. Et voilà que Copernic ne propose rien de moins qu'un système héliocentrique : la Terre ne serait plus qu'une planète quelconque tournant autour du Soleil. Nous avons déjà rencontré des idées pareilles du temps des Grecs, et nous en avons dit toute l'absurdité. L'**héliocentrisme** – souvenons-nous – avait été proposé par Aristarque, et vite oublié.

Mais nous sommes en 1543. Le monde a bien changé, et bien des certitudes sont ébranlées. Et, d'ailleurs, la plus certaine des certitudes commence à être mise en doute : la religion chrétienne ! La prédication de Luther a eu les plus terribles conséquences pour l'unité intellectuelle du monde chrétien. Car enfin, puisqu'il y a désormais des catholiques et des protestants, c'est qu'il y a au moins deux opinions possibles quant à la connaissance des choses les plus sacrées. Pourquoi n'y aurait-il pas, alors, plusieurs opinions quant à la marche des planètes ? En fait, cela faisait longtemps que Copernic était arrivé à cette idée d'héliocentrisme. Cela faisait même une trentaine d'années ! Vers 1513, Copernic a rédigé un texte qu'il a intitulé *De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus* (« Petit mémoire sur une hypothèse concernant les mouvements célestes »). Il ne fait pas imprimer son petit ouvrage, mais il en distribue des copies à des amis. Il explique que les mouvements des planètes seraient aussi bien expliqués que chez Ptolémée, et même de manière plus simple, si l'on plaçait le Soleil au centre du monde, et si l'on faisait tourner autour Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter et Saturne. Quant à la Lune, son mouvement s'expliquerait très simplement si on admettait qu'elle tourne autour de la Terre. La Terre serait donc animée par deux mouvements distincts : une rotation autour de son axe (en un jour) et une révolution

autour du Soleil (en un an). Toutes les trajectoires seraient circulaires, il n'y aurait plus les épicycles compliqués, devenus inutiles.

Copernic, ayant rédigé son mémoire, continue à réfléchir et à observer. Il constate un bon accord entre les positions des planètes et son hypothèse. Il approfondit la question et entreprend la rédaction d'un ouvrage plus détaillé. Celui-ci est prêt en 1530, mais Copernic hésite à chercher un imprimeur. C'est que le christianisme tient pour véritable le mouvement du Soleil autour de la Terre. Les autorités ecclésiastiques ne vont-elles pas accuser Copernic d'hérésie ? Finalement, en 1543, il confie son manuscrit à son ami Andreas Osiander (1498-1552), un théologien s'intéressant à l'astronomie et qui avait été enthousiasmé par les idées de Copernic. Osiander confie l'édition du manuscrit à un imprimeur de Nuremberg, Johan Petreius, et y ajoute une préface. Voici le début de cette préface du *De revolutionibus*.

« Au lecteur. Je ne doute pas que certains savants – puisque déjà s'est répandu le bruit concernant la nouveauté des hypothèses de cette œuvre, qui pose la Terre comme mobile et le Soleil, en revanche, comme immobile au centre de l'Univers – ne soient fortement indignés et ne pensent qu'on ne doit pas bouleverser les disciplines libérales, bien établies depuis très longtemps déjà. Si cependant ils voulaient bien examiner cette chose de près, ils trouveraient que l'auteur de cet ouvrage n'a rien entrepris qui mériterait le blâme. En effet, c'est le propre de l'astronome que de colliger, par une observation diligente et habile, l'histoire des mouvements célestes. Puis d'en rechercher les causes, ou bien – puisque d'aucune manière, il ne peut en assigner de vraies – d'imaginer et d'inventer des hypothèses quelconques, à l'aide desquelles ces mouvements pourraient être exactement calculés conformément aux principes de la géométrie.

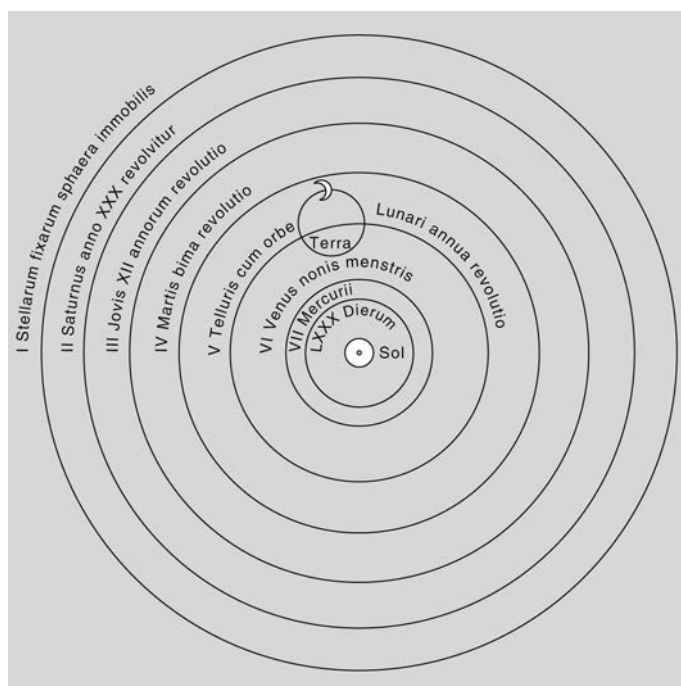
[...] il n'est pas nécessaire que ces hypothèses soient vraies ni même vraisemblables ; une seule chose suffit : qu'elles offrent des calculs conformes à l'observation. À moins que quelqu'un ne soit tellement ignorant en optique et en géométrie qu'il tienne l'épicycle de Vénus pour vraisemblable et le croit être la cause pour laquelle Vénus tantôt suit, tantôt précède le Soleil. »

Mais entrons dans l'exposé même du système copernicien :

« Tout d'abord, il nous faut remarquer que le monde est sphérique, soit parce que cette forme est la plus parfaite de toutes, totalité n'ayant besoin d'aucune jointure ; soit parce qu'elle est la forme ayant la capacité la plus grande, qui convient le mieux à tout contenir et tout embrasser ; soit aussi parce que toutes les parties séparées du monde, je veux dire le Soleil, la Lune et les étoiles, sont vues sous cette forme ; soit parce que toutes choses tendent à se limiter ainsi comme il apparaît dans les gouttes d'eau et d'autres corps liquides, lorsqu'ils tendent à se limiter par eux-mêmes. »

Copernic ne manque pas de mentionner que l'idée, si difficile à admettre, de la mobilité de la Terre qui est à la base de son système avait déjà été proposée par certains astronomes grecs. Et voici son système.

« La première et la plus haute de toutes est la sphère des étoiles fixes qui contient tout et se contient elle-même ; et qui, par cela même, est immobile. C'est assurément le lieu de l'Univers auquel se rapportent le mouvement et la position de tous les autres astres. Car, si certains pensent qu'elle aussi se meut de quelque manière, nous, en revanche, ne l'admettons pas et, lors de la déduction du mouvement terrestre, nous montrerons la cause pour laquelle il apparaît ainsi. Suit la première des planètes, Saturne, qui accomplit son circuit en trente ans. Après lui, Jupiter, qui accomplit sa révolution en douze ans. Puis, Mars la fait en deux ans. La quatrième place dans la série est occupée par la révolution annuelle de l'orbe, dans lequel est contenue la Terre avec l'orbe de la Lune. En cinquième lieu, Vénus, qui revient en neuf mois. Enfin, le sixième lieu est occupé par Mercure, qui tourne en un espace de quatre-vingts jours. Et au milieu de tous repose le Soleil. »



Le système de Copernic.

Un tel système ne sera évidemment pas accepté d'emblée par la communauté des astronomes et des astrologues. Mais il sera pris en considération. L'on commencera à se dire qu'en effet, des orbites simples sont plus vraisemblables que les machines com-

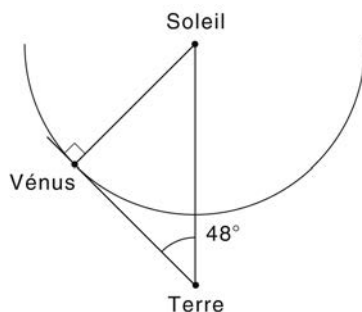
pliquées avec épicycles de Ptolémée. Et d'ailleurs, Copernic a eu soin d'insérer dans son livre de nombreuses tables de positions des corps célestes, et la concordance entre les observations et les positions déduites par calcul du modèle est très bonne.

Nous n'allons pas lire tout le *De revolutionibus*. Pour illustrer la cosmologie copernicienne, montrons simplement comment Copernic a calculé les distances de Mercure et de Vénus.

Ici, nous devons faire une parenthèse. Nous sommes arrivés en 1543. Les physiciens utilisent toujours les mathématiques grecques, c'est-à-dire essentiellement la géométrie. Mais deux techniques de calcul sont apparues : l'algèbre et la trigonométrie. Ces deux techniques permettent d'écrire les raisonnements et les calculs d'une manière incomparablement plus condensée. Mais elles ne furent employées que très lentement. Copernic, en tout cas, n'en fait pas usage. Nous allons cependant, au risque de l'anachronisme, recourir aux notations modernes pour expliquer la méthode de Copernic. Ce n'est pas tout à fait comme cela qu'il a fait, mais il aurait pu.

Quand on observe Mercure et Vénus, on constate – ce qui les différencie des autres planètes – qu'elles sont toujours assez proches du Soleil, soit à gauche soit à droite selon le moment de l'année. Copernic avait pu mesurer que l'angle VTS ne dépassait jamais la valeur de 48° et que l'angle MTS ne dépassait jamais 28° . V, M, T et S représentant successivement la position de Vénus, de Mercure, de la Terre et du Soleil. Cela signifie que, quand Vénus (ou Mercure) est vue de la Terre, par rapport au Soleil, sous un angle maximum, l'angle SVT (ou SMT) est un angle droit.

La trigonométrie nous permet d'écrire, dans le cas de Vénus : $\sin(48^\circ) = SV/ST$, et donc $SV = ST \cdot \sin(48^\circ)$. Étant donné que $\sin(48^\circ) = 0,74$, Copernic en conclut que la distance de Vénus au Soleil est égale à 0,74 fois la distance de la Terre au Soleil. Semblablement, étant donné que $\sin(28^\circ) = 0,47$, il en conclut que la distance de Mercure au Soleil vaut 0,47 fois la distance Terre-Soleil.



Calcul de la distance Terre-Vénus.

Bien sûr, les distances Vénus-Terre et Mercure-Terre ne sont pas constantes, mais il devient possible de les calculer dans toutes les configurations possibles.

Nicolas Copernic s'est servi d'instruments pour déterminer la position du Soleil et des planètes, notamment d'un quadrant de grandes dimensions, qui n'est rien d'autre qu'un arc de cercle divisé en 90 degrés. Plus le quadrant est grand, plus on peut déterminer les angles de manière précise.

L'instrumentation

La Renaissance est un monde en plein changement, celui apporté par Copernic étant d'ailleurs l'un des plus importants. Les conditions sociales et culturelles ont bien changé par rapport au Moyen Âge, et il est indispensable de signaler ici l'importance prise, du moins dans les pays les plus avancés du monde chrétien, par le métier d'ingénieur. Les princes de la Renaissance ont besoin de demeures à la mesure de leur richesse, et ils doivent aussi et encore, comme les seigneurs du Moyen Âge, faire la guerre. Mais, pour construire des palais de plus en plus prestigieux, pour fabriquer les canons désormais indispensables sur les champs de bataille, pour produire les armes d'armées de plus en plus nombreuses, il faut des ingénieurs. De plus en plus nombreux. Il y a donc de plus en plus d'ingénieurs dans les Italies et les Allemagnes, en France, en Angleterre, en Suède, et jusqu'en Pologne. Or cela concerne directement la physique. Bien sûr, dans leur immense majorité, les ingénieurs de la Renaissance ne s'intéressent nullement à la connaissance profonde du monde et de la matière. Mais tous fabriquent des machines (engins de guerre, machines de levage, moulins à eau et à vent...), des « mécaniques », et ils doivent forcément réfléchir à deux ou trois questions « physiques ». Celle du mouvement, d'abord (les machines « tournent »). Celle aussi des forces (rappelons-nous que l'ingénieur Archimède avait écrit un livre sur les leviers). Il y avait aussi une question, purement technique, mais qui était en somme du domaine de la physique : celle de la résistance des constructions. Quelles dimensions faut-il donner à un mur pour qu'il résiste à l'impact d'un boulet de canon ? Il s'agissait bien de physique, puisqu'en somme, c'est poser la question de la cohésion de la matière.

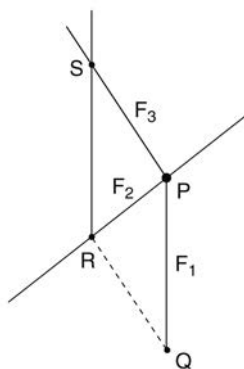
Eh bien, il me semble que ces ingénieurs de la Renaissance sont, peut-être même plus que Copernic, responsables de la « révolution scientifique » qui va faire renaître la physique. D'abord, en posant de nouvelles questions, comme celle de la cohésion des matériaux de construction. Mais surtout, en apportant ce qui manquait à la « science » médiévale : le souci – et les moyens – de l'observation. Car, pour construire leurs mécaniques, les ingénieurs devaient observer. Pas d'une manière superficielle et naïve, mais de manière rigoureuse, en manipulant, en utilisant des instruments d'observation. Les ingénieurs ne trouvaient pas leur savoir dans Aristote – ni même dans les quelques traités techniques d'ingénieurs grecs qui avaient été, presque miraculeusement, conservés –, mais ils le créaient par l'observation et l'essai. C'est en creusant des puits, en élevant des murs, en fabriquant des boulets de fonte et des canons de bronze que les ingénieurs de la Renaissance ont posé, à la nature, les « vraies questions ». Et ils avaient le moyen de la réponse : l'**instrument**.

Nous avons déjà vu que l'astronomie, en somme, avait connu trois étapes. Celle d'abord de la simple observation, « naïve », des premiers astronomes, dès la fin de la Préhistoire. Puis l'idée, qui vint aux Grecs, d'expliquer les mouvements célestes au moyen de modèles « mécaniques ». Enfin, troisième étape, que nous pouvons dater des astronomes d'Alexandrie, l'idée de noter les positions de la manière la plus précise. Et Hipparque a inventé les degrés, les minutes, les secondes, et l'on a construit des clepsydres, des quadrants et des astrolabes.

L'astronomie a progressé grâce à deux éléments inextricablement liés : la mathématisation et l'**instrumentation**. Pour avoir des données quantitatives, il faut des instruments (alidades et pinnules, clepsydres...). Et pour obtenir des données de plus en plus fines (la position d'un astre en degrés, et puis en minutes), il faut des instruments de plus en plus compliqués. *Perfectionnés*. L'idée de **progrès** est apparue. Or les constructeurs de ces instruments étaient des ingénieurs. Ceux qui savaient se servir de ces instruments étaient des ingénieurs. Quelques-uns devinrent physiciens.

Ainsi Niccolo Tartaglia (1499-1557), ingénieur en Italie. En 1550, il fait paraître son livre *La Nova Scientia* à Venise. Il tente d'y résoudre un des grands problèmes de son temps : quelle est la forme géométrique de la trajectoire d'un boulet de canon ? Question essentielle évidemment, alors que l'artillerie pyrotechnique est en plein développement : il faut savoir où le boulet tombera. L'on pensait généralement que le boulet partait en ligne droite, puis qu'arrivé à la hauteur maximum de son parcours, il redescendait vers le sol également en ligne droite. Tartaglia propose, au contraire, d'admettre que si le début de la trajectoire est en effet rectiligne, elle est incurvée dans sa dernière partie. Cette solution n'est pas définitive, mais c'est un progrès. En tout cas, l'ingénieur italien établit que la distance atteinte par le projectile dépend de l'angle d'inclinaison du canon. Tartaglia a fondé, encore très imparfaitement, une nouvelle partie de la physique : l'étude des trajectoires des corps mobiles, ou **balistique**.

Ainsi Simon Stévin (1548-1620), ingénieur aux Pays-Bas. En 1586, il fait paraître trois ouvrages de mécanique : *De beghinselen des waterwichts*, *De weeghdaet*, *De beghinselen der weeghconst*. Dans ce dernier livre (« Les fondements de l'art des poids »), il aborde un autre problème qui préoccupait beaucoup les ingénieurs : la théorie du **plan incliné**. Ce dispositif très simple et très efficace était utilisé depuis des siècles (et même des millénaires : les constructeurs égyptiens des pyramides s'en servaient déjà). En réalité, Stévin n'a pas fait que résoudre l'antique problème du plan incliné. Les ingénieurs et les physiciens de la fin du xvi^e siècle vont rapidement tirer une importante conclusion, plus générale, de ce travail. Donc, sur un plan incliné, un poids peut, selon la configuration, être équilibré par un poids nettement plus petit. C'est ce qui permet d'élever de lourdes charges. Mais l'on peut représenter les choses autrement que ne l'a fait Stévin.



Le parallélogramme des forces.

Le poids d'une charge située au point P d'un plan incliné est, d'après Stévin, une **force** qui agit verticalement sur la charge, que je représente par le segment de droite PQ de longueur F_1 . Le plan incliné exerce sur le poids un certain effort qui, pour des raisons de symétrie, doit être dirigé perpendiculairement au plan, et que je représente par PS. C'est une force de réaction représentée par le segment F_3 . Pour que la charge reste positionnée en P, la théorie du plan incliné de Stévin montre qu'une troisième force doit s'exercer vers le haut, dont la valeur correspond à celle du segment PR (F_2), diagonale du parallélogramme PSRQ. Le corps placé en P est en équilibre. Il est soumis à trois **forces concourantes** (passant évidemment par P). La force F_2 est la **résultante** des forces F_1 et F_3 . On dit aussi que la **composition des forces** F_1 et F_3 donne F_2 .

Nous l'avons dit, Archimède a fondé la statique. Il avait, dans les cas particuliers du levier et de la balance, étudié les conditions de l'équilibre des corps pesants, c'est-à-dire des conditions de configuration nécessaires pour qu'un ensemble de corps solides soient au repos. Mais avec une limitation : seuls les poids des corps devaient pouvoir être pris en considération. Appelant ces poids des forces, nous pouvons dire qu'Archimède avait résolu le problème de la composition des **forces parallèles**. Si sur un corps quelconque agissent deux forces parallèles F_a et F_b , leur résultante est une force F_c telle que $F_a + F_b = F_c$. Il suffit de l'arithmétique pour trouver la solution. Deux chevaux qui exercent, sur un chariot, chacun une force de traction de 600 livres, produisent un effort total de $600 + 600 = 1\,200$ livres.

Mais si les forces sont concourantes (par exemple, si les deux chevaux tirent dans des directions différentes), l'on ne peut plus en faire simplement l'addition. Il faut réaliser le dessin comme nous l'avons montré, que l'on appelle le **parallélogramme des forces**. En effet, les forces étudiées sont représentées par les deux côtés d'un parallélogramme, et la force résultante que l'on cherche est déterminée par la diagonale.

Stévin a donc complété la statique d'Archimède. Ses idées conduisent au concept, qui jouera un rôle central en physique, de force, qui est comme une généralisation de la notion de poids. À partir de 1586, les ingénieurs (et les physiciens) sauront trouver la résultante de n'importe quel ensemble de forces donné. Car si l'on a vingt-cinq forces qui agissent sur un corps, il suffit de chercher (par le dessin du parallélogramme) la résultante des deux premières, puis la résultante de celle-ci avec la troisième, et ainsi de suite.

Ainsi Galilée (1564-1642), ingénieur en Italie, comme Tartaglia. Il s'intéresse à toutes sortes de questions, et notamment à la **chaleur**. L'étude de la chaleur se trouvait, encore à la fin du XVI^e siècle, un peu comme celle du mouvement, bloquée par les théories d'Aristote. Il y a les éléments « chauds » (le feu et l'air) et les éléments « froids » (l'eau et la terre), et les diverses proportions entre ces éléments expliquent qu'il y a des corps plus froids (la neige), des corps plus chauds (du bois qui brûle). Que dire de plus ? Pendant quinze siècles, on n'en a rien dit d'autre. Mais Galilée est ingénieur, et il veut étudier la question avec les outils de l'ingénieur : la mathématique et l'instrument. Comment « quantifier » la chaleur ? En 1606, il a trouvé. Il invente le **thermoscope**, un instrument pour observer les variations de chaleur de différents corps (du grec θερμον, « chaleur », et σκοπος, « observateur »). C'est un vase contenant un liquide coloré dans lequel est plongé verticalement un long tube de verre terminé au sommet

par une boule. En prenant la boule en main, on chauffe d'abord celle-ci. En se refroidissant, l'air qu'elle contient se raréfie et le liquide monte dans le tube. On peut « visualiser » si l'air atmosphérique est plus chaud ou plus froid en notant la hauteur (qui est un nombre) du liquide dans le tube. L'on voit donc que l'air chauffé se dilate et que l'air refroidi se contracte. L'appareil de Galilée est moins révolutionnaire que la théorie de Copernic ou que le théorème du parallélogramme des forces, mais c'est tout de même un nouveau chapitre de la physique qui commence : la **thermique**, ou étude des phénomènes liés à la chaleur. Remarquons d'ailleurs que les parties de la physique correspondent aux systèmes sensoriels du corps humain. L'optique correspond à la vue, l'acoustique à l'ouïe, la thermique au toucher. Cela n'a rien d'étonnant : la matière étudiée par les physiciens est « ce qui est accessible par les sens ». Les physiciens étudient le clair et l'obscur, le sonore et le silencieux, le chaud et le froid, mais ils n'étudient pas le courage, la volonté, la justice, la beauté, toutes choses qui échappent à l'observation sensorielle, même à l'aide d'instruments.

Ainsi encore William Gilbert (1544-1603), à Londres. Lui n'est pas ingénieur. C'est un médecin. Mais il participe au même mouvement d'idées que celui qui anime les ingénieurs. En 1600, il fait paraître son livre *De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure*. Il y étudie l'aimant et les phénomènes magnétiques. Gilbert construit, à partir d'expériences, une théorie du magnétisme. En particulier, il admet que l'aiguille de la boussole est orientée, parce que la Terre est, en réalité, un grand aimant. Il s'intéresse à la boussole et aux aimants, mais il s'intéresse plus généralement aux attractions (qui sont des forces), et il étudie donc également cette autre attraction connue déjà des Grecs et que l'on constate entre un morceau d'ambre frotté et des fétus de paille. Pour ce faire, il construit un instrument pour détecter les attractions, même si elles sont très faibles. Il pose une aiguille métallique (non aimantée) très légère sur un pivot, et il approche de ce dispositif un morceau d'ambre frotté à l'aide d'un tissu ou d'une fourrure. Ce qu'il appelle la *vis electrica* (« la force électrique ») se manifeste par une rotation de l'aiguille, exactement comme la boussole indique le nord parce qu'elle est déviée par l'attraction de l'aimant que constitue la Terre.

C'est donc Gilbert qui a introduit les termes « électrique » et « électricité » dans le vocabulaire des physiciens. Mais surtout il a pu, grâce à son aiguille pivotante, et en frottant toutes sortes de matériaux, découvrir que la *vis electrica* se manifestait également quand on remplaçait l'ambre par du verre, du soufre, de la cire à cacheter, etc. Alors que le magnétisme est spécifique d'une substance, la pierre de Magnésie (c'est, en effet, à l'aide de celle-ci, dite aussi pierre d'aimant, que l'on fabrique les boussoles), l'électricité est une propriété qui concerne un plus grand nombre de substances.

Eh bien, nous pourrions citer encore quelques ingénieurs de la Renaissance, ou quelques physiciens ou astronomes qui ont traité (souvent encore dans un esprit tout médiéval) de divers sujets. Ainsi Alessandro Piccolomini (1508-1578), qui publie en 1547 *In mechanicas questiones Aristotelis paraphrasis paulo quidem plenior*.

Mais l'essentiel, pour le xvr^e siècle, c'est bien Copernic, Stévin, Galilée et Gilbert. Nous sommes un peu sortis du siècle avec Galilée, mais à vrai dire il était déjà actif en physique avant 1600, étudiant notamment des problèmes comme la chute des graves, le plan incliné ou encore le mouvement du pendule.

Histoire de la physique

Jean C. Baudet



**Il n'y a pas de meilleure introduction à la physique
que l'étude de son histoire.**

Résumant vingt-six siècles d'histoire des sciences, Jean Baudet nous fait découvrir, pas à pas, les grands concepts et les figures emblématiques qui ont forgé les bases de la physique moderne.

Une explication simple et précise de l'élaboration des plus grandes théories de notre civilisation. L'évolution d'un cheminement scientifique, entre histoire et philosophie.

Sommaire

1. Les Grecs : la théorie des éléments
 2. Le ^{xvi}^e siècle : l'instrumentation et l'héliocentrisme
 3. Le ^{xvii}^e siècle : la mécanique et la gravitation universelle
 4. Le ^{xviii}^e siècle : la mathématisation de la « philosophie naturelle »
 5. Le ^{xix}^e siècle : la thermodynamique, l'optique et l'électromagnétisme
 6. De 1895 à 1945 : la structure de l'atome et la physique nucléaire
 7. De 1945 à nos jours : les particules et la naissance de l'Univers
- Bibliographie

Jean C. Baudet, spécialiste de l'histoire des sciences et des techniques, est membre du Centre national belge d'histoire des sciences.

ISBN : 978-2-311-40083-0



9 782311 400830

Vuibert