

Documents sauvegardés

France, les physiciens de l'Académie des sciences essaient de concilier Newton et Descartes - et ils y parviennent parfois comme Fontenelle ou Villemot. Mais, à partir des années 1740-1750, la nouvelle génération, celle de Buffon, Lalande ou Laplace, coupe complètement avec la tradition cartésienne.

Voltaire joue un rôle central dans cette évolution. Il a partagé dès le début l'enthousiasme pour Newton d'Émilie du Châtelet, avec qui il a entretenu une relation de quinze ans et qui est la traductrice en français des *Principia*. Dans son *Épître sur Newton* (1736), puis dans ses *Éléments sur la philosophie de Newton* (1738), il impose une image du savant qui perdure encore jusqu'à aujourd'hui. Comme Fontenelle, il est gêné par la dimension mystique de Newton. Avec le concours d'Émilie du Châtelet, il a donc « lavé » la tradition newtonienne de toute théologie, grâce à trois tactiques. Ils ont d'abord dans leur traduction tout simplement omis le plus possible les passages qui font référence à Dieu. La deuxième astuce est chronologique : on explique que ce n'est qu'après 1695 que Newton, en vieillissant, s'est laissé emporter par les questions religieuses, alchimiques, et que donc les oeuvres produites avant n'en sont pas empreintes. La troisième tactique consiste à distinguer l'homme Newton du savant Newton - ce dont ne se prive pas Voltaire qui en profite pour inciter ses lecteurs à ne pas mettre le nez dans sa vie privée !

Dans son ouvrage *The Newton Wars*, l'historien américain John Bennett Shank retrace ce processus par lequel Fontenelle, Voltaire ou Maupertuis ont fabriqué « leur » Newton, un Newton adapté au XVIIIe siècle, qui est celui que nous connaissons encore au-

jourd'hui : c'est le Newton de la pomme, le Newton isolé, le Newton génial, le Newton révolutionnaire et surtout le Newton sécularisé. Pas sûr que l'homme qui est né en 1643 se serait reconnu dans cette description !

Revenons à la science : que garde-t-on exactement de Newton à l'âge des Lumières ?

Newton est un point de départ. Les *Principia* laissent trois possibilités aux physiciens du XVIIIe siècle. Soit Newton a tort et la pesanteur telle qu'il la décrit n'existe pas - une thèse soutenue par quelques jésuites¹ soit la pesanteur est bien celle qu'il décrit et s'applique dans un espace complètement vide (ce que sous-entend Newton), ce qui signifie qu'il n'y a pas d'explication physique à la pesanteur¹ soit, enfin, Newton a en partie raison, la pesanteur existe, mais les forces s'exercent dans un espace rempli de matière, qui est à l'origine de ces forces. Cette dernière possibilité, inspirée par Descartes, est l'opinion de la majorité des physiciens français au début et au milieu du XVIIIe siècle. Laplace, dans la deuxième moitié du siècle, imaginera une nouvelle possibilité : la pesanteur est une propriété intrinsèque de la matière. Il n'y a ni facteur explicatif divin ni besoin d'emplir l'espace d'une matière inconnue. C'est finalement Einstein qui, dans sa *Théorie de la relativité générale* de 1915, expliquera la pesanteur comme l'aspect des interactions entre la matière et l'espace courbe.

Mais ni Laplace ni Maupertuis ne s'interrogeaient sur la cause de la pesanteur. Pour eux, ce n'était pas l'objet de la physique. Il fallait être ignorant ou fou pour le faire. C'est donc l'expulsion d'une question plutôt que sa résolution.

A quel moment les *Principia* de Newton sont-ils vraiment indiscutés en Europe ? Y a-t-il des différences selon les pays ?

Si on définit le cercle des experts, celui des Académies, des grands physiciens, mathématiciens, astronomes, c'est en 1750 que les conclusions de Newton s'imposent définitivement, assez rapidement donc. Les pays les plus proches et alliés les acceptent en premier : après l'Angleterre, l'Écosse et surtout les Pays-Bas où rayonne l'université de Leyde et son professeur de physique Willem Jacob's Gravesande, qui écrit vers 1720 une longue introduction à la physique de Newton. Dès 1717, il a commencé un cours officiel sur les *Principia* de Newton. Les Pays-Bas sont eux aussi traversés par d'importants conflits politiques et scientifiques : controverses entre les cartésiens et les réformateurs calvinistes orthodoxes¹ conflits entre les dirigeants des Pays-Bas et les forces de Louis XIV. Ce qui peut expliquer qu'il s'agisse du premier pays d'outre-Manche à en débattre puis à les adapter.

Après eux, la France, sous l'impulsion de Fontenelle et de Voltaire, est le pays le plus réceptif : significativement, la première langue européenne - hormis l'anglais - dans laquelle on a traduit les *Principia* est le français en 1756 et c'est Mme du Châtelet qui s'en est chargée. La rapidité de cette traduction peut surprendre : les Français férus de mathématiques parlent le latin et peuvent donc lire les *Principia* dans le texte. Pourquoi alors les traduire ? La réponse réside dans la volonté de Voltaire et d'Émilie du Châtelet de les vulgariser. La traduction, du reste, n'était pas littérale. Certains passages avaient été supprimés, d'autres clarifiés, d'autres, enfin, ajoutés pour aider le lecteur.

Documents sauvegardés***Cette version française des Principia a-t-elle beaucoup contribué à la diffusion des théories de Newton ?***

L'ouvrage a d'abord été introduit dans les cercles plutôt mondains - même si les courtisans de Louis XV n'ont sûrement jamais passé leur nuit à Versailles à lire Newton ! N'oublions pas cependant que le français est aussi la langue des cours européennes, la deuxième langue internationale après le latin. Catherine de Russie ne lisait pas le latin. C'est donc grâce à Diderot et Voltaire que Newton a pu pénétrer en Russie.

Le français a bien été le premier canal de diffusion. La traduction d'Émilie de Châtelet déclencha une avalanche de livres de vulgarisation. Pas moins d'une vingtaine sous le titre *Éléments de la philosophie de Newton*, mais aussi *Le Newtonianisme pour les dames* destiné à simplifier les choses.

Et en dehors de l'Europe ?

La troisième langue de traduction connue après l'anglais et le français est l'arabe, le « latin des musulmans ». On trouve les *Principia* dans un manuscrit de Calcutta, en Inde, daté de 1789. Dans le monde musulman, les manuscrits étaient encore copiés à la main, avant de circuler. L'auteur de cette traduction est vraisemblablement un grand savant chiite né au Cachemire, Tafazzul Husain Khan, qui jouait un rôle d'intermédiaire entre la Compagnie anglaise des Indes et les puissances indiennes. Il a dû travailler avec un astronome britannique, établi auprès de l'Observatoire indien par la Compagnie des Indes. La première traduction allemande date de 1872, la russe de 1915, la japonaise de 1930.

Pour vous, Newton, est-ce une « révo-

lution scientifique » ?

Je n'aime pas cette expression car elle exagère trop la vitesse d'une transformation. Pour reprendre l'expression « des nains sur des épaules de géants » qui est censée résumer l'avancée de la science, et que Newton a reprise à son compte (« *si j'ai pu voir aussi loin, c'est parce que j'étais juché sur les épaules de géants* », écrit-il à Robert Hooke en 1676), je suis beaucoup plus intéressé par les épaules que par les nains que sont les grands génies. L'idée de révolution scientifique exagère le rôle des génies et minimise celui joué par l'accumulation, celui de la « science normale ».

Néanmoins, de temps en temps, nous sommes face à des transformations qui vont à une vitesse extraordinaire, comme la composition des *Principia*, comme entre 1838 et 1859 avec la fabrication de *L'Origine des espèces* de Darwin, comme la première décennie du XXe siècle autour d'Einstein. Mais, en aval, la réception est toujours beaucoup plus lente. Et, en amont, une préparation est toujours nécessaire, plus longue et compliquée que ne l'imaginent nos contemporains.

Au terme de révolution, je préfère celui de crise. On peut parler sans exagération ni anachronisme de la « crise newtonienne » entre 1680 et 1730. Pendant cinquante ans, une vraie crise agite les modèles en cosmologie, en physique et en sciences expérimentales. C'est un véritable défi pour les institutions. Les résistances et les débats sont très violents. Ils se soldent finalement par la victoire de la génération de Maupertuis, Lalande ou Buffon. Ce qui était impensable dans les années 1680.

L'idée de « révolution scientifique » ap-

paraît au XVIIIe siècle. L'une des premières occurrences se trouve sous la plume de Lavoisier dans un mémoire de février 1773 où il parle d'une « *révolution en physique et en chimie* » à propos d'une grande série des recherches expérimentales sur la combinaison entre les airs et les substances combustibles. Il décrit une transformation dramatique, irréversible et soudaine d'un domaine de la science. Ce qui peut effectivement s'appliquer aux *Principia* de Newton.

Propos recueillis par Fabien Paquet

DANS LE TEXTE À SAVOIR DANS LE TEXTE DANS LE TEXTE

Encadré(s) :**MOT CLÉ****Pesanteur**

Sur Terre, à la force de gravitation s'ajoute la force centrifuge liée à la rotation de la planète autour de son axe. La somme de la force de gravitation et de la force centrifuge est appelée force de pesanteur.

La « gravitas » selon Newton

Schéma de Newton de 1685 tiré du *Système du monde* (1728, posthume). C'est ainsi qu'il représente les effets de la gravitation : si on lance un projectile d'une montagne avec une vitesse de plus en plus grande, il finit par devenir un satellite de la Terre, tournant en orbite. D'où l'on peut conclure que les corps qui circulent autour de la Terre suivent un tracé qui résulte d'une combinaison des effets de la pesanteur (gravitation) et de la vitesse de projection.

La gravitation expliquée aujourd'hui

Documents sauvegardés

Ce schéma montre la façon dont la gravitation est aujourd'hui représentée. Newton avait trouvé que la force qui s'exerce entre deux corps est inversement proportionnelle au carré de la distance entre leurs centres. C'est la grande victoire du livre premier des *Principia* : montrer la véracité des lois que Kepler avait obtenues par observation dans le premier quart du XVII^e siècle. Les planètes tournent autour du Soleil selon une ellipse. Sans cette force d'attraction, la Terre prendrait littéralement la tangente. Les forces qui s'exercent entre deux corps de masse non nulle, quels qu'ils soient, sont de même intensité, de même direction, mais de sens opposé.

La mathématisation de la physique

Page de calcul rédigée par Newton. Pour ce dernier, qui est autant mathématicien que physicien, les explications des lois mécaniques doivent être formulées dans un langage mathématique. Ainsi, le problème physique du mouvement elliptique de la Terre autour du Soleil (lois de Kepler) trouve une solution mathématique. Le titre de son grand traité est d'ailleurs : *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, les « Principes mathématiques de la philosophie naturelle ». Initié par Galilée, le processus de mathématisation de la nature atteint donc son point culminant avec Newton, qui transforme radicalement la façon de faire de la physique.

« Gravitas », « gravity », « gravité »

DANS LE TEXTE Corpora omnia in se mutuo gravitant. Attamen gravitatem corporibus essentialiter esse minime affirmo. Gravitas recedendo a terra, diminuitur." *C'est ainsi que*

Newton décrit la gravitation dans les Principia.

Andrew Motte le traduit en anglais, en 1729 : "All bodies whatsoever are endowed with a principle of mutual gravitation. Not that I affirm gravity to be essential to bodies. Their gravity is diminished as they recede from the Earth." Et Mme du Châtelet en français : "Tous les corps gravitent mutuellement les uns vers les autres. Cependant je n'affirme point que la gravité soit essentielle aux corps. La gravité diminue lorsqu'on s'éloigne de la Terre."

Newton utilise le mot "gravitas", les Anglais "gravitation" et "gravity", Mme du Châtelet "gravité".

Locke (1632-1704)

Grand philosophe (à l'origine de l'empirisme ou du libéralisme politique), contemporain de Newton, il illustre le foisonnement intellectuel que connaît l'Angleterre du XVII^e siècle.

Boyle (1627-1691)

Chimiste irlandais, Boyle a découvert que la matière est composée de particules - c'est l'un des précurseurs de la théorie des atomes. Cet homme riche fut également un mécène pour d'autres chercheurs comme Newton.

Halley (1656-1742)

Cet astronome et marin, à qui l'on doit notamment une étude sur les comètes et une carte du ciel austral, fut l'un des rares amis proches de Newton pour qui il rédigea, en préface aux *Principia*, un éloge en latin.

Hooke, le rival

Physicien à la Royal Society, Robert Hooke a compris, dès 1674, l'existence d'une force d'attraction entre les planètes. Il reprochera à Newton de s'être inspiré de ses travaux sans le citer. Ses travaux sont riches et divers : première pompe à air, première description d'une cellule biologique, intuition que les fossiles sont les restes d'êtres vivants. Il présente ici à la Royal Society, en 1694, une chambre noire pour « décalquer » le paysage.

Ce que Newton a découvert

À SAVOIR

Travaux en optique

Newton démontre que les faisceaux de couleurs (gamme de l'arc-en-ciel) obtenus par la réfraction de rayons de Soleil dans un prisme ne sont pas des couleurs produites par ce prisme mais des couleurs déjà présentes dans la lumière solaire. Ses recherches le conduisent à élaborer en 1671 un télescope à miroir concave (encore largement répandu aujourd'hui chez les astronomes amateurs) et aboutissent à la publication en 1704 d'un grand ouvrage, *Opticks*.

Travaux en mécanique

Dans les *Principia*, il met en forme la mécanique classique (domaine de la physique qui étudie le mouvement et les forces) à travers trois lois : principe d'inertie (« *Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état* ») 1 principe fondamental de la dynamique (« *Les changements qui arrivent dans le mouvement sont proportionnels à la force*

Documents sauvegardés

motrice et se font dans la ligne droite dans laquelle cette force a été imprimée ») 1 principe des actions réciproques (« L'action est toujours égale à la réaction c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales et dans des directions contraires »).

Travaux en mathématique

Depuis les années 1670, il pose, au même moment que le philosophe et scientifique allemand Leibniz (1646-1716), les bases du calcul infinitésimal. La paternité des calculs différentiel et intégral a d'ailleurs été à l'origine d'une brouille entre les deux hommes et fait l'objet d'une controverse.

DATES CLÉS

1543

Copernic soutient que le Soleil est au centre du cosmos et que, si celui-ci semble tourner autour de notre planète, c'est parce que la Terre tourne sur elle-même.

1609-1618

En trois lois, l'astronome allemand Kepler décrit l'orbite elliptique des planètes autour du Soleil.

1632

Galilée publie *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*. Il cherche à déterminer les effets de la gravité, non à en fournir les causes.

1633

Descartes achève *Le Monde*, traité dans lequel il expose une cosmogonie où tous les corps baignent dans une

substance qu'ils mettent en mouvement (« tourbillons ») en tournant sur eux-mêmes.

1660

Création de la Royal Society de Londres.

1666

Création de l'Académie des sciences de Paris.

1672

A Paris, inauguration d'un observatoire astronomique.

1680

En admettant, en approximation, que les orbites des planètes sont des cercles, Halley montre que le Soleil exerce sur elles une attraction inversement proportionnelle au carré de la distance.

1687

Dans les *Principia*, Newton démontre mathématiquement les lois auxquelles Kepler était parvenu empiriquement. Il y formule le principe de gravité universelle.

Une « physionomie agréable »

DANS LE TEXTE

[Newton] avait la taille médiocre, avec un peu d'embonpoint dans ses dernières années, l'oeil fort vif et fort perçant. La physionomie agréable et vénérable en même temps. Son nom doit justifier ces petits détails. Il était né fort doux, et avec un grand amour pour la tranquillité. Il était simple, affable, toujours de niveau avec tout le monde. Il ne s'est pas marié, et peut-

être n'a-t-il pas eu le loisir d'y penser jamais. Il a laissé en biens meubles environ 32 000 livres sterling. Leibniz, son concurrent, mourut riche aussi."

Fontenelle, extrait de l'éloge funèbre prononcé en 1727 à l'Académie royale des sciences de Paris.

« Né dans un pays libre »

DANS LE TEXTE La carrière du chevalier Newton a été toute différente [de celle de Descartes]. Il a vécu quatre-vingt-cinq ans, toujours tranquille, heureux et honoré dans sa patrie. Son grand bonheur a été non seulement d'être né dans un pays libre, mais dans un temps où les imperfections scolastiques étant bannies, la raison seule était cultivée et le monde ne pouvait être que son écolier, et non son ennemi. Il n'a eu ni passion ni faiblesse. Il n'a jamais approché d'aucune femme."

Voltaire, extrait de la lettre XIV des *Lettres anglaises* (1734).

L'univers plein de Descartes

Page des *Principia Philosophiae* de Descartes (1644), montrant les « tourbillons » qui emplissent l'espace. Pour expliquer le mouvement des corps célestes, Descartes pense que l'univers est rempli d'une matière invisible, l'« éther », agitée par des « tourbillons » capables d'entraîner planètes, satellites, comètes, tous dans le même sens. En France, jusqu'au milieu du XVIIIe siècle, une majorité de physiciens, même s'ils acceptent la loi de la gravitation, soutiennent que les forces gravitationnelles s'exercent dans un espace empli de matière.

La légende de la pomme

Documents sauvegardés

Newton, à la fin de sa vie, a donné à John Conduitt, son neveu et biographe, un petit récit sur le fait que c'était en méditant sur la chute d'un fruit, peut-être une pomme, qu'il aurait eu sa grande idée : « *Tandis qu'il méditait dans le jardin, il lui vint à l'esprit que le pouvoir de la gravité, qui faisait tomber une pomme de l'arbre vers le sol, ne se limitait pas à une certaine distance de la Terre, mais qu'il devait s'étendre beaucoup plus loin que ce que l'on pensait habituellement - pourquoi pas aussi haut que la Lune, se dit-il.* » William Stukeley, auteur de *Memoirs of sir Isaac Newton's Life* (1752), raconte : « *Comme il faisait chaud, nous [Stukeley et Newton] allâmes dans le jardin et bûmes du thé à l'ombre de quelques pommiers. Il me dit qu'il se trouvait exactement dans la même situation que le jour où, autrefois, la notion de gravitation lui était venue à l'esprit. Cela résultait de la chute d'une pomme alors qu'il était assis, d'humeur contemplative.* » S. S.

Sommes-nous toujours newtoniens ?

Dès le XVII^e siècle, des phénomènes, concernant l'électromagnétisme notamment, ne pouvaient s'expliquer par les principes de Newton. Ce que l'on nomme aujourd'hui « mécanique newtonienne » ou « mécanique classique » n'est plus valable au point de vue théorique depuis la formulation de la relativité restreinte par Einstein en 1905. C'est encore elle qui est néanmoins enseignée dans le secondaire car elle constitue une approximation très acceptable pour nombre de phénomènes (chute des corps, mouvement des véhicules, moteurs, etc.). Ce n'est qu'à grande vitesse (> 1 % de la vitesse de la lumière) que les effets relativistes commencent à se faire sentir.

Note(s) :

DANS LE TEXTE À SAVOIR DANS
LE TEXTE DANS LE TEXTE