

B i b l i o t h è q u e
des
I D É E S

**Études
newtoniennes**

par

ALEXANDRE KOYRÉ

*Avertissement
d'Yvon Belaval*

nrf
Éditions Gallimard

© *Éditions Gallimard, 1968.*

AVERTISSEMENT

En préfaçant, le 20 janvier 1964, l'édition américaine de cet ouvrage, Alexandre Koyré expliquait : « Ce recueil d'études newtoniennes comprend des essais écrits pendant les douze dernières années, chacun d'eux illustrant un aspect de la pensée scientifique de Newton. Bien que chacun ait été écrit séparément et puisse être considéré comme indépendant de tous les autres, leur ensemble a néanmoins une unité qui dépasse le simple fait d'étudier la pensée du même homme, chacun sous un de ses aspects. Le thème central consiste à montrer, grâce aux ressources de l'analyse conceptuelle, en quelle manière les idées fondamentales de la science se rapportent en même temps aux principaux courants de la pensée philosophique tout en étant déterminées par des vérifications expérimentales. »

Originellement, ces essais ont été rédigés soit en français, soit en anglais. Tous ont été remaniés par l'auteur selon sa méthode d'approfondissement par les textes. Il importait de les rendre tous accessibles au public de langue française.

« Newton et Descartes » a été traduit par M^{me} Georgette P. Vignaux; « L'attraction: Newton et Cotes », par M. Jacques Tallec. Ont prêté leur attentif concours : M^{mes} Rosemarie Ferenczi, Judith Miller, Raïssa Tarr, et MM. Pierre Costabel, Alexandre Kojève, René Taton, Paul Vignaux, Eric Weil.

Yvon Belaval

*La gravitation universelle
de Kepler à Newton*

Rien ne me semble être plus instructif pour l'historien de la pensée que l'histoire, et la préhistoire, des grandes découvertes scientifiques. A condition toutefois qu'elles ne nous soient pas présentées uniquement comme une suite de succès tactiques qui conduisent finalement à la grande victoire stratégique *1, mais qu'elles soient étudiées dans toute leur complexité concrète, c'est-à-dire en tenant compte non seulement des succès, mais aussi des échecs, des découvertes manquées, des erreurs commises, des tentatives qui n'ont pas abouti. J'irai même plus loin : pour l'historien de la pensée scientifique l'échec est souvent plus instructif encore que la réussite, car ce sont seulement ces « ratages » qui nous permettent de nous apercevoir de l'existence, et de la puissance, des résistances (intellectuelles) qu'il a fallu vaincre, des obstacles qu'il a fallu surmonter pour arriver à la clarté de la vérité découverte. Résistances et obstacles dont, grâce justement à la découverte en question, il nous est aujourd'hui extrêmement difficile, sinon impossible, de percevoir l'importance 2.

L'histoire, et la préhistoire, de la grande synthèse newtonienne nous offre toute une série de ces erreurs révélatrices. Aussi est-ce à leur étude et à leur explication que je vais m'attacher.

*

Les notions d'attraction et de gravitation sont pour nous, depuis Newton, et grâce à Newton (qui, paradoxalement ne croyait pas à l'existence d'une force attractive) si étroitement liées l'une à l'autre — nous parlons indifféremment de la loi d'attraction, ou de gravitation, universelle — qu'il nous est assez difficile de nous rendre compte qu'elles n'ont, en fait, rien

* Le lecteur trouvera les notes regroupées à la fin de chaque chapitre.

de commun : la gravité est une qualité sensible directement perçue dans le corps naturel, l'attraction est une action à distance qui s'exerce entre des corps qualitativement déterminés³.

L'action à distance, ainsi que nous le démontrons toute l'histoire de la pensée scientifique, est une notion très difficilement acceptable pour la raison. Cette expression — à moins qu'elle ne soit employée dans une acception purement métaphorique, comme par exemple lorsque Aristote nous dit que l'aimé attire l'amant, ou que le foin attire l'âne — recouvre toujours une conception magique de la réalité.

Aussi dans toute la physique pré-copernicienne l'existence de l'attraction avait-elle été purement et simplement niée, et la gravitation était-elle expliquée comme une tendance du corps lourd (grave) à se rapprocher du centre du monde; en fait, même dans la physique de Copernic qui, à la tendance du corps grave à se rapprocher du centre du monde substitue celle de la partie séparée de son Tout à rejoindre ce Tout et à s'y réunir (un morceau de la Terre tendra à se réunir à la Terre, un morceau de la Lune à la Lune), l'attraction — force agissant sur le corps *du dehors* et *sans intermédiaire matériel* — n'est pas davantage présente que dans celle d'Aristote.

On me dira peut-être que j'ai tort de distinguer entre « attraction » et « tendance » : ne s'agit-il pas, dans les deux cas, d'une force dirigée vers un but, et les deux conceptions, ou images, ne se traduisent-elles pas par des formules rigoureusement identiques? Parfaitement juste : la notation newtonienne et, *a fortiori*, la notation vectorielle, ne distinguent pas les deux cas. Mais pour la pensée réelle, ainsi que nous le verrons tout à l'heure, ils sont entièrement différents : le fait de placer le moteur *dans* l'objet qui se meut, ou en *dehors de lui*, pour qu'il agisse sur lui *de l'extérieur*, entraîne des conséquences extrêmement graves et reflète des conceptions très différentes de la réalité. En outre, la distinction entre un objet qui se meut par lui-même, *a se ipso*, et un objet qui est mû par un autre, *ab alio*, me paraît, en elle-même, parfaitement justifiée⁴.

Quoi qu'il en soit de ce dernier point, il est très certain que, pour la pensée du xvi^e et du xvii^e siècle, la distinction entre « tendance vers » et « attraction par » est extrêmement nette, et que, si la première est d'un usage courant, c'est chez Kepler que la seconde nous apparaît pour la première fois. Dans son admirable préface à l'*Astronomia Nova*⁵ de 1609, et déjà dans une lettre à Maestlin de 1605, Kepler proclame, en effet, que la théorie de la pesanteur doit se fonder sur l'axiome de l'attraction mutuelle des corps graves (pondérables)⁶ : la pierre attire la Terre autant qu'elle en est attirée et deux pierres placées

dans l'espace, en dehors du champ d'action d'un troisième corps apparenté (*cognati corporis*), s'attirent l'un l'autre. Kepler affirme en outre que cette attraction — qui est une *traction* et non une *tendance* — est proportionnelle à la grandeur (*moles*)⁷ des corps respectifs. Kepler nous dit enfin que le champ d'attraction de la Terre (la vertu attractive, *virtus tractoria*) s'étend très certainement au-delà de la Lune (et celui de la Lune, jusqu'à la Terre) et que, de ce fait, si une force, « animale ou d'une autre nature ne retenait la Lune sur son orbe » elle se rapprocherait de la Terre ou, plus exactement, la Lune et la Terre se rencontreraient en un point intermédiaire, chacun des astres franchissant une partie, inversement proportionnelle à sa *moles*, de la distance qui les sépare⁸.

Il pourrait sembler que rien ne devrait être plus facile à Kepler que de faire un pas de plus et d'en arriver à l'attraction universelle. Or, il n'en est rien. Malgré certains historiens qui l'ont affirmé⁹, Kepler ne le fait pas, et ne peut pas le faire. C'est que pour lui, autant que pour Copernic, l'attraction gravitative s'exerce entre des corps « apparentés » (*cognata*). C'est pourquoi elle a lieu entre la Terre et la Lune, mais non entre la Terre et les planètes, ni, en général, entre les planètes : elles ne sont pas de la même nature, elles ne sont pas « apparentées ». Elle a lieu encore bien moins entre les planètes et le Soleil : rien, en effet, n'est plus dissemblable que ceux-ci. Aussi, dans la conception képlérienne, les planètes ne gravitent-elles pas vers le Soleil. Elles ne sont pas attirées par lui *comme la Lune l'est par la Terre*. Elles sont *mues* par lui, ce qui est tout à fait autre chose.

On le voit bien : ce qui empêche Kepler de formuler la loi de la gravitation universelle, c'est la persistance, chez lui, d'une conception *qualitative* de l'Univers. Inversement, afin que — et avant que — cette loi ait pu être formulée, il a fallu qu'à cette conception se substitue une autre, selon laquelle l'être matériel est partout parfaitement et absolument homogène. C'est à ce prix seulement que l'attraction peut s'étendre à l'Univers et s'identifier avec la gravitation. Or ce n'est pas à Kepler, c'est à Galilée et Descartes et, encore plus, aux atomistes et matérialistes du xvii^e siècle, Gassendi et Boyle, que nous devons cette conception unitaire de l'être physique.

*

La conception képlérienne a tout de même eu, pour l'histoire de la science, une importance capitale. La question : *A quo moveantur planetae?*³ — qu'il a été le premier, ou du moins un

des premiers, à se poser — a rejoint le problème fameux : *A quo moveantur projecta?* autour duquel, depuis toujours, s'était cristallisée la critique de la dynamique aristotélicienne. Et l'on peut dire que la science moderne, union de la physique céleste et de la physique terrestre, est née le jour où la même réponse a pu être donnée à cette double question.

En effet, dans l'astronomie préképlérienne la question de la cause physique du mouvement des planètes ne se pose pas; ou, si l'on préfère, elle est résolue avant de se poser: les planètes n'ont pas de mouvements propres, elles sont mues, ou plus exactement, entraînées par les sphères célestes dans lesquelles elles sont enchâssées. Quant aux sphères, leur mouvement, qui n'est pas un mouvement de translation, mais un mouvement de rotation¹⁰ sur place (bien que cette « place » soit elle-même entraînée par la rotation d'une sphère supérieure), est entretenu par l'action d'une cause, ou d'un moteur, transphysique, une « âme » ou une « intelligence », ou enfin, comme pour Copernic, résulte tout simplement de la sphéricité des corps en question.

Ce n'est que depuis la destruction des sphères et des orbes solides par Tycho Brahé que la question a pu se poser — Tycho lui-même, astronome et non philosophe, ne se la pose pas. Aussi, se l'étant posée, Kepler se voit-il dans l'obligation de renoncer, au moins partiellement, à l'explication des mouvements planétaires au moyen de l'action des âmes ou des intelligences. Une âme, en effet, peut bien provoquer ou entretenir une *rotation* — aussi Kepler admettra-t-il l'animation du Soleil et même de la Terre — mais non une *translation*. Surtout si cette dernière s'exécute avec une vitesse et une direction constamment variables. En effet, ce serait une existence vraiment par trop misérable — *valde misera* — que celle de ces « intelligences » obligées de calculer à chaque instant la direction et la vitesse qu'elles doivent imprimer aux astres ! Aussi nous faut-il chercher autre chose, à savoir une cause physique; ceci d'autant plus que leurs mouvements suivent des lois strictement mathématiques : là où la géométrie règne en maître les causes *physiques* suffisent à l'explication.

*

Dans la physique céleste de Kepler le Soleil n'est pas un centre de gravitation : il est un centre de mouvements parce qu'il est un centre de forces magnétiques et quasi-magnétiques. Le Soleil, en effet, est animé d'un mouvement de rotation, et c'est ce mouvement qu'il transmet aux planètes au moyen d'une *species* immatérielle, analogue à la fois à la lumière et à la force magnétique¹¹. Cette *species* se répand à travers l'espace et,

de ce fait, s'atténue et s'affaiblit avec son éloignement du Soleil : c'est ce qui explique que les planètes se meuvent d'autant plus lentement qu'elles sont plus loin du Soleil, et d'autant plus vite qu'elles en sont plus près.

L'analogie de la *species* motrice quasi-magnétique avec la lumière semble impliquer une loi de propagation identique. Or, l'intensité de lumière est inversement proportionnelle au carré de la distance de sa source; il faudrait donc, si la similitude était complète, que la force motrice s'affaiblisse dans la même proportion.

On le voit bien : une deuxième fois Kepler arrive au seuil de la solution newtonienne, du moins dans son aspect mathématique. Une deuxième fois il s'arrête devant elle. Plus exactement, il *la rejette* après l'avoir soigneusement examinée et discutée. C'est l'absence d'une bonne dynamique, a dit Clairaut, qui a entravé la marche de la pensée képlérienne. Pour ma part, je le formulerais un peu autrement : c'est la fidélité de Kepler aux principes fondamentaux de la dynamique d'Aristote (accompagnée d'une erreur de calcul) qui explique qu'il lui fut impossible d'accepter la loi de la raison inverse du carré.

Kepler, en effet, ignore la loi d'inertie. Pour lui le terme *inertie* — c'est lui qui l'a inventé, ou du moins introduit dans la science — veut dire : *résistance au mouvement*, et non, comme pour nous, maintien, indifféremment, d'un *état de mouvement* ou de *repos* et résistance au changement de l'un à l'autre¹². Aussi, pour lui, la persistance du mouvement, sur Terre autant que dans les cieux, implique l'action constante d'une force (d'un moteur) sur le mobile et c'est la vitesse, et non l'accélération, qui est proportionnelle à l'action de cette force. Or, l'étude des mouvements des planètes sur leurs orbites elliptiques lui a montré que leurs vitesses, aux points extrêmes de l'orbite (l'aphélie et le périhélie) sont inversement proportionnelles aux distances à partir du Soleil. De là, par un raisonnement hardi, et erroné, confirmé par une analyse, erronée également, de la loi des aires, il conclut que la vitesse d'une planète, à chaque point de sa course, est inversement proportionnelle à sa distance du Soleil, c'est-à-dire, inversement proportionnelle à son rayon-vecteur (et non à la distance normale du Soleil à la tangente au point de l'orbite où se trouve la planète).

D'où il déduit — très correctement¹³ — que ces vitesses impliquent l'existence de forces motrices proportionnelles à celles-ci, c'est-à-dire, inversement proportionnelles, elles aussi, aux rayons-vecteurs ou aux distances à partir du Soleil. Il est clair que dans ces conditions la loi de la raison inverse du carré

est inacceptable. Les forces motrices qu'elle déterminerait seraient beaucoup trop faibles. Aussi Kepler se voit-il obligé d'admettre que, tandis que la lumière solaire se répand dans l'espace tout entier, la *species motrice* ne le fait que dans le plan de l'écliptique — pourquoi en effet, se propagerait-elle ailleurs pour se perdre dans les espaces vides où il n'y a rien à mouvoir? — en étant de ce fait, dans chaque point de ce plan, inversement proportionnelle à la distance simple et non à son carré.

La *species motrice* quasi-magnétique qui émane du Soleil et qui forme autour de lui une sorte de tourbillon aplati, n'attire pas les planètes vers lui; elle se borne à leur conférer un mouvement circulaire.

Mais les planètes ne se meuvent pas en cercles; elles se meuvent en ellipses. Aussi, pour expliquer leurs trajectoires elliptiques Kepler a-t-il dû recourir à l'action de forces magnétiques proprement dites qui, tour à tour, attirent les planètes vers le Soleil et les repoussent loin de lui.

Ces forces magnétiques ne sont aucunement un substitut de la gravitation. En particulier, elles ne retiennent pas les planètes sur leurs orbites¹⁴; ceci pour la raison majeure que, dans la physique céleste de Kepler, une telle action serait parfaitement inutile : les planètes n'ont aucune tendance à s'éloigner du Soleil vu que leur mouvement circulaire autour de celui-ci n'engendre pas de forces centrifuges. Pour Kepler, en effet, le mouvement circulaire est encore, de même que pour Aristote, Copernic ou Beeckman, un mouvement simple et un mouvement naturel, et ce parce que son monde est toujours un Cosmos fini et limité par la voûte céleste. C'est pour cela aussi que la loi d'inertie, qui implique un Univers infini et un espace isotrope, ne peut s'insérer dans son système de pensée.

Ainsi ce n'est pas seulement une matière homogène, c'est encore un monde infini que présuppose la loi d'attraction.

*

La conception képlérienne de la *species motrix* a eu très peu de succès. Ainsi qu'Ismaël Bouillaud¹⁵ l'a fait ressortir d'une manière tout à fait convaincante, le tourbillon aplati de la *species motrix* était parfaitement invraisemblable. Une force, ou une espèce, émanant du Soleil ne peut ne pas se propager d'une manière uniforme dans l'espace. Il en résulte qu'elle doit, comme la lumière, suivre la loi de la raison inverse du carré. Que si l'on disait que la toute-puissance divine pouvait bien la concentrer dans le plan, on pourrait rétorquer que cette

toute-puissance pouvait, tout aussi bien, s'en passer entièrement et inculquer aux planètes directement, la faculté de se mouvoir en cercles ou en ellipses. Bouillaud, en conséquence, rejette l'*espèce motrice* de Kepler.

La notion d'attraction, en revanche, a été accueillie avec beaucoup plus de faveur. Elle a été acceptée notamment par Bacon, ce qui, ainsi que nous le verrons tout à l'heure, a eu une importance capitale. Mais elle ne l'a pas été par Borelli, et cela, paradoxalement, a eu pour lui des conséquences désastreuses.

Borelli a été, sans aucun doute, fortement influencé par Kepler. Mais il l'a été, certainement, aussi par Bouillaud. Car, sans mentionner toutefois la loi de la raison inverse du carré — l'œuvre de Borelli est étrangement démunie de toutes considérations quantitatives précises — c'est aux rayons lumineux, ou (dans le cas de la Terre et de Jupiter) à des rayons-moteurs strictement analogues à ceux-ci, qu'il confère la tâche de former le tourbillon cosmique qui entraîne les planètes¹⁶. Le grand progrès accompli par Borelli a été d'en avoir rompu avec la finitude du monde képlérien et d'avoir accepté la loi d'inertie (ce qui, d'ailleurs, en 1665, n'est pas un très grand mérite) : aussi le mouvement circulaire des planètes cesse-t-il pour lui d'être un mouvement naturel; les forces centrifuges apparaissent de ce fait dans le ciel et doivent, par conséquent, être contre-carrées par des forces contraires, forces centripètes qui poussent les planètes vers le Soleil, ou les satellites vers leur corps central. Les trajectoires elliptiques résultent d'une composition extrêmement ingénieuse, à partir d'un déséquilibre initial (les planètes sont placées trop loin du Soleil pour que les forces centrifuges et centripètes puissent se contrebalancer exactement), entre ces forces centrifuges engendrées par le mouvement orbital des planètes et les forces centripètes dirigées vers le Soleil (ou Jupiter). Les raisonnements de Borelli sont fondés sur la loi d'inertie, ou plus exactement, sur la conception de la conservation de vitesse. L'obstacle qui a arrêté Kepler est surmonté. L'heure de la gravitation universelle semble être venue. Faux espoir car Borelli, en bon galiléen, rejette la notion confuse et magique d'attraction, en lui substituant — et revenant par là, en fait, à une conception préképlérienne — celle, garantie par les faits, d'une *tendance* des corps graves à se rapprocher de leur centre commun. Mais une tendance n'a aucune raison de se modifier avec la distance : aussi, de même que Galilée, Borelli la conçoit-il comme *constante*... et rate, en conséquence, la découverte qu'un peu moins de prudence et de scrupules théoriques lui auraient permis d'effectuer¹⁷.



Je ne vais pas m'attarder à l'examen de l'œuvre de Borelli, bien que Newton l'ait cité parmi ses précurseurs, et bien que son étude soit extrêmement instructive : justement parce qu'elle nous montre comment, parfois, un désir trop grand de pureté (de clarté) intellectuelle peut conduire à l'échec; et le renoncement prudent à la théorie, à l'impasse¹⁸. Je passerai maintenant à l'examen rapide des travaux de Newton et de Hooke.

Ces travaux sont à peu près contemporains. Ils sont aussi contemporains de ceux de Borelli. Il semble bien que le problème — problème central de la mécanique céleste, celui de la stabilité du système solaire — était « dans l'air ». Mais c'est dans la manière de le traiter, bien qu'en partant des mêmes bases théoriques — isomorphisme de l'espace, principe d'inertie, homogénéité de la matière, interprétation du mouvement circulaire comme un mouvement composé engendrant de ce fait partout, même dans les cieux, des forces centrifuges — que la différence entre les deux penseurs se fait jour.

Newton part carrément du problème astronomique, du « fait astronomique » révélé par Kepler. Les planètes tournent autour du Soleil. Elles sont donc retenues auprès de lui par des forces centripètes qui contrebalancent exactement les forces centrifuges engendrées par leur mouvement. Quelles sont ces forces? Pour répondre à cette question il faut non pas déterminer leur nature, mais évaluer leurs intensités. Et pour ce faire il faut tout d'abord déterminer celles des forces centrifuges en question¹⁹, puis, en tenant compte des faits concrets concernant les mouvements planétaires, c'est-à-dire *des lois* de Kepler, calculer les forces centripètes. C'est à quoi s'occupe Newton dans les années 1665-1666, les années de la grande peste, où, absent de Cambridge et réfugié à Woolsthorpe, il jette les bases de toute son œuvre future²⁰.

Le calcul donne la loi d'attraction : les planètes sont « attirées » par le Soleil en raison inverse du carré de leur distance de celui-ci. Après quoi, une comparaison entre les effets produits par l'action de cette force cosmique sur le mouvement de la Lune (attraction de la Lune par la Terre) avec ceux que la gravitation terrestre produit sur les corps en chute libre confirme, *grasso modo*, l'identité de ces deux forces²¹, dont Newton continue à ignorer la nature. La seule chose qui paraisse évidente — et sur ce point Newton n'a jamais varié — c'est que, d'aucune façon, il ne peut s'agir d'une véritable force d'attraction physique, agissant à distance entre des corps séparés par le vide.

Les premières découvertes de Newton s'arrêtent là. L'œuvre est géniale mais foncièrement incomplète. En effet, la loi de la raison inverse du carré de la distance a été déduite en supposant que les trajectoires des planètes sont circulaires : or, ce sont des ellipses²². Quant à la comparaison entre la gravitation terrestre et l'attraction céleste, elle est extrêmement grossière parce que, à cette époque, Newton ne connaît ni la loi d'attraction par une sphère d'un corps placé en dehors d'elle, ni la valeur exacte de l'accélération (de g), ni même les dimensions exactes de la Terre²³.

Tournons-nous maintenant vers Hooke²⁴. Celui-ci, en bon baconien, croit fermement à la réalité de la force d'attraction — ce qui, semble-t-il, devrait favoriser ses recherches. Hélas, justement c'est un baconien, bien qu'à l'encontre de son maître, il soit doué d'un génie expérimental de tout premier ordre : il est probablement le premier expérimentateur de son temps. Aussi procède-t-il d'une manière tout autre que Newton : tandis que celui-ci part d'un fait cosmique, c'est un fait terrestre que recherche Hooke²⁵. Une exemplification. Un modèle. C'est dans le pendule conique qu'il le trouve.

Aussi l'expérience admirable et justement célèbre que, le 23 mai 1666, il présente à la *Royal Society*²⁶, démontre-t-elle, sans contestation possible, qu'un corps, soumis à l'action constante d'une force centripète, et mis en mouvement par une impulsion tangentielle, décrit autour de ce centre des cercles ou des ellipses, selon que la force d'impulsion est égale, ou inégale, à celle de l'attraction centripète. Hélas, le modèle de Hooke est incapable de représenter la réalité astronomique : les ellipses sont décrites autour de leurs centres et non autour d'un des foyers; de plus, la force attractive (ainsi que les vitesses) augmente avec la longueur du rayon-vecteur au lieu de diminuer.

Enfin, lorsque Hooke essaye d'utiliser le pendule conique pour la détermination de la force centrifuge il commet une erreur, erreur que ni lui, ni les historiens qui ont traité de la question, n'ont jamais remarquée²⁷ et qui ne lui aurait pas permis, même s'il avait tenté de le faire, de calculer la loi d'attraction à partir des lois de Kepler ainsi que Newton l'avait fait.

C'est là la vraie raison pour laquelle il ne peut en arriver à une loi quantitative de l'attraction bien que, dès 1674, il soit en pleine possession du schéma du système du monde presque identique à celui de Newton, système du monde « qui répond en tout aux règles ordinaires de la mécanique » et « est fondé sur trois suppositions²⁸ » :

¹⁰ *Que tous les corps célestes, sans en excepter aucun, ont une attraction ou gravitation vers leur propre centre, par laquelle, non seulement ils attirent leurs propres parties et les empêchent de s'écarter, comme nous le voyons de la Terre, mais encore ils attirent tous les autres corps célestes qui sont dans la sphère de leur activité ; que, par conséquent, non seulement le Soleil et la Lune ont une influence sur les corps et le mouvement de la Terre, et la Terre une influence sur le Soleil et la Lune, mais aussi que Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne ont par leur force attractive une influence considérable sur le mouvement de la Terre, comme aussi l'attraction réciproque de la Terre a une influence considérable sur le mouvement de ces planètes.*

²⁰ *Que tous les corps qui ont reçu un mouvement simple et direct continuent à se mouvoir en ligne droite, jusqu'à ce que par quelque autre force effective ils en soient détournés et forcés à décrire un cercle, une ellipse ou quelque autre courbe plus compliquée.*

³⁰ *Que les forces attractives sont d'autant plus puissantes dans leurs opérations que le corps sur lequel elles agissent est plus près de leur centre.*

On ne peut qu'admirer la puissance de pensée de R. Hooke et la profondeur de sa vision. Mais on ne peut ne pas remarquer en même temps l'absence de toute précision quantitative. Défaut dont Hooke, d'ailleurs, se rend bien compte. En effet, il conclut :

Pour ce qui est de la proportion suivant laquelle ces forces diminuent à mesure que la distance augmente, j'avoue que je ne l'ai pas encore vérifiée par des expériences²⁹, mais c'est une idée qui étant suivie comme elle mérite de l'être sera très utile aux astronomes pour réduire tous les mouvements célestes à une règle certaine, et je doute qu'on puisse jamais la trouver sans cela.

Celui qui entend la nature du pendule circulaire et du mouvement circulaire comprendra aisément le fondement de ce principe et saura trouver les directions dans la nature pour l'établir exactement: je donne ici cette ouverture à ceux qui ont le loisir et la capacité de cette recherche³⁰.

Hooke a parfaitement raison. Hélas, cette nature du pendule circulaire et du mouvement circulaire, il ne l'entendait aucunement³¹.

En 1678, date de la publication de *Cometa*, Hooke — contrairement à ce qu'en disent habituellement les historiens — n'est pas plus avancé³². Newton cependant a eu tort d'affirmer qu'il a été le dernier à trouver la loi d'attraction, c'est-à-dire

quelque chose que tout mathématicien, après la publication, en 1673, du Horologium Oscillatorium de Huygens, où les lois des forces centrifuges se trouvent énoncées, pouvait découvrir sans effort

en fait Halley et Wren l'ont trouvée après lui.

En 1679, en effet, Hooke parvient à découvrir la « proportion » en question. Comment? Nous l'ignorons, mais il est extrêmement probable qu'une étude renouvelée de Huygens, qui lui

ALEXANDRE KOYRÉ

Études newtoniennes

Après les *Études galiléennes* (1939), les *Études newtoniennes* ferment le cycle des recherches consacrées par Alexandre Koyré à la révolution scientifique du XVII^e siècle.

Dans ces recherches — menées en marge de travaux pour une édition critique des *Principia* — il s'agissait de situer Newton par rapport à ses prédécesseurs, et de montrer, chez lui, que la réflexion du savant ne se séparait pas des préoccupations philosophiques.

Ainsi le commentaire d'un manuscrit inédit, rédigé vers 1670, concernant l'équilibre des fluides et des corps immergés prouve que Newton dépasse Descartes en s'inspirant de lui en langage de philosophe : la définition cartésienne du mouvement comme *status* lui permet, par exemple, de concevoir l'équivalence dynamique entre le mouvement inertiel et le repos, et de se croire en droit de réfuter le point de vue relativiste. Ailleurs, l'idée heuristique de « fausse hypothèse » est remplacée par celle de « pensée plausible ». Et ce n'est pas seulement par rapport à Descartes, mais encore par rapport à Copernic, Kepler, Galilée, Gassendi, Hooke, Leibniz, Malebranche, etc., que le newtonianisme se trouve précisé.

Le minutieux des analyses, leur richesse, l'utilisation directe des textes font de cet ouvrage le complément indispensable des *Études galiléennes*, de *Du monde clos à l'univers infini*, de *La Révolution astronomique*, du même auteur, pour qui veut connaître la pensée scientifique et philosophique de ce XVII^e siècle où est né véritablement notre monde.

Né à Taganrog (Russie) le 28 août 1892, Alexandre Koyré réside de 1908 à 1911 à Göttingen, où il suit les cours de Husserl et de Hilbert, puis à Paris où il s'attache aux enseignements de Bergson, Picavet, Brunschvicg. Après la guerre de 14, durant laquelle il sert comme engagé volontaire dans l'armée française, il passe le diplôme de l'École pratique des hautes études, puis, en 1929, sa thèse d'État sur la philosophie de Jakob Böhme. Sa carrière, ponctuée de nombreuses missions à l'étranger, se poursuivra aux Hautes Études. Il s'oriente vers la philosophie des sciences, qui lui vaut une réputation internationale. En 1956, il est nommé membre de l'Institute for Advanced Study de Princeton. Il meurt le 28 avril 1964.



9 782070 271429



Extol de la publication 68 XI A 27142 ISBN 2-07-027142-0