

LES VERTUS DORMITIVES DE L'OPIUM ET LA MÉCANIQUE

à propos de :

L'évolution de la mécanique

par **Pierre DUHEM**

Vrin (Mathesis), 1992.

Édition originale : 1903.

« Pourquoi l'opium fait-il dormir ? [...] Parce qu'il a une vertu dormitive. » Ainsi Molière ridiculisait ceux qui recouraient aux *formes substantielles* (ou qualités occultes) et produisaient par là même des explications purement verbales. Expliquer l'action d'une substance (l'opium fait dormir) en désignant le principe de son action (la vertu dormitive) — c'est-à-dire sa forme substantielle — était, en effet, ne rien expliquer du tout. C'est pour cette raison que Descartes crut bon de bannir de ses explications toutes les formes substantielles qu'utilisaient largement les partisans de la scolastique ; ceux-là mêmes que critiquait Molière. Mais vouloir suivre les recommandations de Descartes était une chose, y parvenir en était une autre. Comment, par exemple, pouvait-on, après le développement de la physique newtonienne, expliquer l'attraction entre deux corps autrement qu'en soulignant leur pouvoir attractif ? En analysant l'histoire de la mécanique, Pierre DUHEM (1861-1916) nous montre ainsi dans ce livre (voir sommaire p. 6) qu'il serait impossible de se passer complètement de ces formes substantielles. La seule chose à faire serait de chercher à en limiter le nombre. En résulte-t-il que toute analyse reposerait *in fine* sur des « explications verbales » ? Là n'est pas le propos de Pierre Duhem. Mais il en déduit quand même que toute théorie, tout modèle explicatif, n'est qu'une représentation abstraite des phénomènes et ne permet pas d'avoir accès à la réalité profonde des choses. C'est pourquoi, à travers cette histoire de la mécanique, Pierre Duhem nous propose aussi une pertinente réflexion sur la notion d'explication.

Descartes, avons nous dit, abandonna toute notion de forme substantielle, c'est-à-dire qu'il n'expliqua plus, par exemple, la résistance d'un objet à la pression par la notion de dureté. Il lui fallait des principes clairs et évidents susceptibles d'être appréhendés quantitativement, et non pas qualitativement comme les formes substantielles. C'est pourquoi seules les

Ceci est la version papier d'une page publiée sur le site web de

REVUE DE LIVRES

<http://assoc.wanadoo.fr/revue.de.livres/>

Abonnements et commentaires sont les bienvenus à l'adresse suivante :
revue.de.livres@wanadoo.fr

notions des géomètres trouvèrent grâce à ses yeux. La matière fut alors définie par l'étendue qu'elle occupait, ou encore par la figure qu'elle formait. Aussi dans le système cartésien, un centimètre cube d'air renfermait-il autant de matière qu'un centimètre cube de mercure ! Restait à rendre compte du mouvement. Comme un corps était identique à la partie de l'espace qu'il occupait, il aurait été absurde de dire qu'une même partie de l'étendue occupait successivement des lieux différents. Le mouvement implique en effet l'existence de quelque chose qui est distinct de l'étendue. En revanche, il était possible de considérer un mouvement purement relatif : deux corps s'étant déplacés l'un par rapport à l'autre, ils forment en effet une figure différente de celle qu'ils formaient avant de bouger. Voilà donc Descartes en possession de ses deux principes (la figure et le mouvement relatif) à partir desquels il pensait tout expliquer. De la même façon qu'on explique le fonctionnement d'une machine par le mouvement relatif de ses différentes pièces, il suffisait à Descartes d'imaginer que tout objet se composait de petits corps ayant des figures appropriées, susceptibles de se mouvoir d'une certaine manière, pour expliquer tous les phénomènes.

Le problème est que cette physique *trop simple* ne marchait pas. Cherchant une autre alternative à la scolastique, certains préconisaient donc de revenir à la physique atomistique. Selon cette dernière, l'espace se divisait en étendue pure — le vide — et en matière constituée d'atomes. Mais comment expliquer le choc entre deux atomes sans faire appel à la notion de dureté ? Et bien sûr les cartésiens faisaient remarquer que recourir à cette notion reviendrait à revenir aux formes substantielles. Confrontés à ces difficultés et incapables de se départager, les partisans de l'une ou l'autre physique durent de toute façon rapidement se positionner face à la nouvelle physique de Newton qui introduisait la notion de force.

Elle suscita aussitôt de la méfiance : l'attraction gravitationnelle des diverses parties de la matière avait en effet tout d'une forme substantielle. Newton en était conscient. Aussi n'en faisait-il pas une explication dernière, une propriété irréductible à la figure et au mouvement. Il se rendait bien compte qu'expliquer chaque phénomène par une qualité occulte de la matière c'était ne rien expliquer du tout. Mais cela permettait au moins d'établir quelques principes généraux à partir desquels on pouvait analyser, avec une précision inconnue jusqu'alors, les mouvements des planètes. Cela permettait aussi d'unifier différents phénomènes sous un même principe : la chute de la pomme et le mouvement des astres se trouvaient ainsi appréhendés par la seule loi de la gravitation. De toute façon, à tout bien regarder, les expli-

cations des Cartésiens et des Atomistes ne faisaient pas moins appel à des fictions. N'attribuaient-ils pas à de petits corps imaginaires les dimensions et les figures qui s'accommodaient à leurs raisonnements ? La gravité n'était pas plus occulte. Certes, sa cause n'était point découverte. Mais à remonter de cause en cause, on arrive toujours aux causes premières dont il n'est pas possible de donner d'explications mécaniques. Les rejetterait-on, et toute la physique disparaîtrait.

Leibniz en était conscient. Pour lui, la notion de force était bien du ressort de la métaphysique, mais comme il était impossible de s'en passer, il reconnaissait que l'ancienne scolastique devait être réhabilitée. Ce n'était pas pour autant qu'il fallait utiliser une forme substantielle pour toute chose. Cela reviendrait à imiter une physique qui croyait avoir donné une explication, alors qu'elle avait seulement créé un nom. C'est pourquoi Leibniz préconisait de pousser toute analyse jusqu'aux phénomènes les plus simples, avant de reconnaître, en ces propriétés premières des corps, les formes substantielles qui expliquent toutes les autres propriétés. Ainsi, selon Leibniz, comme pour Newton d'ailleurs, ce qui devait distinguer la physique nouvelle de la physique scolastique, c'était la généralité de ses principes.

Le recours aux formes substantielles ne fut pas pour autant admis par tout le monde. Dans une analyse technique des développements de la mécanique du XVIII^e au XIX^e siècle, Pierre Duhem nous montre en effet certains efforts accomplis pour débarrasser cette science de ces qualités occultes — par exemple, les tentatives pour expliquer la gravitation par la présence de corps non encore observés. Cela lui permet d'introduire les travaux qui ont conduit la mécanique à sa maturité comme ceux d'Euler, de D'Alembert, et surtout de Lagrange ; ainsi que d'analyser, de comparer et de critiquer certains développements effectués ensuite par les Poisson, Hertz, Maxwell, Boltzmann, Thomson et autres... Pour tous ces auteurs, Pierre Duhem souligne la position au sujet de la réduction de tous les phénomènes à une combinaison de figures et de mouvements. Et il en tire une conclusion sans ambiguïté.

La physique construite exclusivement avec la figure et le mouvement, seules notions admises par les cartésiens dans l'explication du monde, ou même la physique à laquelle on a ajouté à ces notions celle de masse comme le faisaient les atomistes, n'atteint pas l'unité logique ni l'accord avec les observations de celle qui y adjoint la notion de force. Ce n'est pas tout. La figure, le mouvement, la masse et la force — notions qui constituent le paradigme de la *Mécanique* — sont encore des notions insuffisantes pour rendre compte de façon cohérente d'une quantité de phénomènes, comme les phéno-

mènes caloriques, électriques et magnétiques. Il est donc nécessaire, selon Pierre Duhem, de regarder comme une qualité première et irréductible (bien que de façon provisoire), outre la notion de gravitation, ce par quoi un corps est chaud, électrisé ou aimanté. C'est pourquoi, plutôt que de vouloir tout ramener à des principes trop simples, il n'hésite pas à ajouter dans les équations fondamentales de la physique des termes de diverses natures et de diverses formes : termes de viscosité, de frottement, d'hystérésis, et de l'énergie électrocinétique.

Toutes ces critiques d'une physique qui voudrait tout ramener en vain à la Mécanique aboutissent à une présentation d'une Thermodynamique qui engloberait tout le champ des phénomènes. L'intérêt de cette Thermodynamique est qu'elle permettrait, comme Pierre Duhem tente de le montrer sur plusieurs exemples, de rendre compte de façon plus cohérente des phénomènes physiques. Or cette physique, qui ne suit pas la voie tracée par la Mécanique, est selon Pierre Duhem un retour à la physique scolastique ou péripatéticienne. C'est que, à l'instar de cette dernière, la Thermodynamique ne cherche pas à expliquer tout phénomène par la structure profonde de la matière. Elle ne réduit pas tout à la figure, au mouvement, à la masse et à la force. Elle ne cherche pas à réduire les variations de température, les changements d'état électrique ou d'aimantation à des mouvements de petits corps. Mais elle se contente comme son aînée de dégager des phénomènes naturels un certain nombre de qualités qui permettent ensuite de classer ces mêmes phénomènes.

Mais si les formes substantielles sont, selon Pierre Duhem, nécessaires à toute description cohérente de la nature, toute physique n'est pas pour autant réduite à une description purement qualitative. Descartes, qui voulait uniquement du quantitatif, a eu tort de chasser toute notion de forme substantielle de sa physique. Depuis la mathématisation de la physique, on sait qu'un nombre peut en effet très bien servir à repérer les intensités diverses d'une qualité, c'est-à-dire qu'il peut servir comme symbole d'une chose qui n'est pas quantitative. La gravitation n'est-elle pas mise en équation ? Enfin, admettre les formes substantielles ne mérite pas nécessairement les sarcasmes d'un nouveau Molière tant qu'un effort est fait pour réduire leur nombre autant que possible : à chaque fois qu'une nouvelle qualité se présente la Thermodynamique doit ainsi tenter de la ramener aux qualités déjà définies. Et c'est seulement si cela s'avère impossible qu'elle doit se résigner à admettre une qualité nouvelle, et donc à introduire dans ses équations une nouvelle espèce de variables.

La mécanique prétendait expliquer le monde matériel. Derrière les phénomènes elle pensait disséquer la structure intime des corps. Pour Pierre Duhem, il n'est pas raisonnable d'avoir de semblables prétentions. C'est pourquoi, lorsque la Thermodynamique qu'il défend range une certaine propriété au nombre des qualités premières, il souligne qu'au contraire celle-ci fait preuve de modestie. De même qu'en exprimant une idée le langage n'enrichit pas le contenu de cette idée, en substituant un symbole numérique à une qualité, la physique ne nous apprendrait rien de radicalement nouveau sur la nature intime des choses. La loi de la gravitation opère un rapprochement entre la chute de la pomme et le mouvement des astres, elle nous permet même d'obtenir une précision inaccessible par une analyse purement qualitative. Mais elle ne nous dit pas ce qu'est la gravitation. Aussi les formules qu'utilise la physique sont-elles utiles pour décrire les phénomènes avec précision et, ramenées à un petit nombre de principes très généraux, elles permettent de classer nos connaissances selon un ordre logique qui facilite la tâche du physicien. Cette démarche permet ainsi d'élaborer un système cohérent de concepts reconstruisant les phénomènes de la nature à l'intérieur du seul domaine de l'intelligibilité mathématique. C'est pourquoi Pierre Duhem en déduit qu'une théorie physique n'est pas une explication métaphysique du monde : elle ne peut prétendre fournir une explication profonde de la réalité. Elle est seulement une représentation abstraite des lois expérimentales.

Presque un siècle après l'écriture de ce livre, force est de constater que la Thermodynamique n'a pas unifié tout le champ de la physique et que cette dernière ne s'est pas développée telle que le prévoyait Pierre Duhem. Mais l'importance qu'a pris le formalisme mathématique semble toutefois indiquer que la conclusion générale — celle qui considère la théorie physique comme une représentation abstraite des lois expérimentales — n'est pas nécessairement devenue caduque. En tout cas, ce livre d'histoire de la mécanique reste toujours une formidable invitation à s'interroger à partir d'exemples précis sur la notion d'explication. Expliquer un phénomène, est-ce accéder à la réalité des choses ou est-ce, par des mots (par des formules mathématiques), renvoyer à d'autres mots (à d'autres formules) ? La question est toujours, en quelque sorte, de savoir si l'on peut vraiment échapper à la critique de Molière...

Thomas LEPELTIER,
le 13 avril 1998.

Sommaire

Avant-propos de Paul Germain

Introduction d'Anastasios Brenner

L'évolution de la mécanique

Introduction

Première partie : Les explications mécaniques

Deuxième partie : Les théories thermodynamiques

Conclusion

Documents joints :

« Les théories de la chaleur », par P. Duhem

« Analyse de l'ouvrage de Ernst Mach : *La Mécanique* », par
P. Duhem

Ouvrages et articles cités

Index des noms

474 pages

ISBN 2-7116-1105-1

147 FF (1999)