

## LES DÉBUTS « MOYENÂGEUX » DE LA SCIENCE MODERNE

à propos de :

***La physique au Moyen-Âge.***

***VI<sup>e</sup>-XVI<sup>e</sup> siècle.***

**d'Edward GRANT**

Traduit de l'anglais par Pierre-Antoine Fabre  
PUF (Bibliothèque d'histoire des sciences), 1995.

Édition originale : 1971, 1977 (2<sup>ème</sup> éd.).

Y a-t-il vraiment eu une révolution scientifique au XVII<sup>e</sup> siècle ? Il est certes d'usage de considérer que la rupture opérée avec l'aristotélisme par certains savants de l'époque avait permis la naissance de la science moderne. Mais c'est là oublier que le rejet de la physique d'Aristote et la formulation d'idées neuves n'étaient pas des attitudes absolument nouvelles. D'ailleurs, lorsque Pierre Duhem (1861-1916) étudia dans un travail de pionnier l'histoire de la physique médiévale, il affirma qu'il fallait en réalité faire remonter la naissance de la science moderne au XIII<sup>e</sup> siècle. Ce renversement de perspective, dont il avait le talent, a bien sûr fait l'objet de critiques depuis lors, sans qu'il soit pour autant unanimement remis en cause. Il a en tout cas obligé les historiens des sciences à explorer ce continent souvent mal connu de la pensée au Moyen-Âge. Mais force est de reconnaître que la connaissance de cette physique ne dépasse guère le cercle des spécialistes. D'où l'intérêt que présente le livre d'Edward GRANT (né en 1926) d'en faire une courte présentation rigoureuse et lisible (voir sommaire p. 8). S'il utilise le terme de « révolution » à propos de la science du XVII<sup>e</sup> siècle, son but dans ce livre d'introduction, n'est toutefois pas d'en défendre l'idée. Plus utilement, il montre sur quelques exemples en quoi la physique médiévale se détachait déjà de la physique aristotélicienne et en quoi elle annonçait la physique du XVII<sup>e</sup> siècle.

Ce serait se tromper que de voir l'histoire de la science médiévale uniquement comme celle de la diffusion et de l'assimilation de la science grecque antique telle qu'elle fut transmise de l'Empire byzantin à l'Islam puis à l'Europe occidentale ; elle est aussi celle des réactions que provoqua cette

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](mailto:revue.de.livres@wanadoo.fr)

diffusion. Les traductions arabes de la plus grande partie de la science grecque datent des IX<sup>e</sup> et X<sup>e</sup> siècles. Et c'est au XII<sup>e</sup> siècle que commence véritablement l'activité de traduction des œuvres antiques en latin, principalement à partir de l'arabe ; activité qui ne cessa de s'amplifier au XIII<sup>e</sup> siècle. Or, si Aristote occupait une place prépondérante au sein de l'éducation et de la vie intellectuelle au Moyen-Âge, il pouvait aussi être regardé avec méfiance et parfois hostilité par les théologiens. Après tout, il considérait que le monde était éternel, ce qui niait l'acte divin de la création ; qu'un accident ou une propriété ne pouvait exister indépendamment d'une substance matérielle, ce qui heurtait de front la doctrine de l'Eucharistie ; que les opérations de la nature étaient régulières et inaltérables, ce qui excluait les miracles ; enfin, que l'âme ne survivait pas au corps, ce qui niait la croyance en son immortalité. Autant de thèses qui contredisaient la doctrine de l'Église et qui fixaient des limites à la puissance absolue de Dieu.

Pour éviter d'entrer en conflit avec les dogmes du christianisme, certains penseurs renoncèrent à chercher un accord entre la philosophie d'Aristote et la foi chrétienne. Ils pouvaient affirmer que l'éternité du monde, la régularité inaltérable des événements naturels ainsi que d'autres doctrines aristotéliennes n'étaient pas réfutables par la raison, tout en choisissant de suivre les interprétations théologiques qui entraient en contradiction avec ces idées. C'était là souscrire à la doctrine de la « double vérité » d'Averroès, selon laquelle une proposition philosophique pouvait être vraie dans le cadre de la philosophie naturelle et la proposition contraire également vraie dans le domaine de la foi.

Cette position n'était toutefois pas sans gêner certains théologiens. Aussi un conflit, entre les maîtres ès arts, qui enseignaient la philosophie à l'université de Paris, et les théologiens, vit-il le jour. Et en 1210, une première interdiction d'expliquer en public et en privé les livres d'Aristote sur la nature et tous les commentaires s'y rapportant fut prononcée, sous peine d'excommunication. D'autres condamnations suivirent, sans que cela empêchât toutefois que les thèses d'Aristote soient discutées. En tout cas, la tension s'accrut suffisamment dans la seconde moitié du siècle pour qu'en 1270, Étienne Tempier, l'évêque de Paris, intervînt pour condamner treize propositions issues de l'enseignement d'Aristote. Enfin, en 1277, il condamnait de nouveau 219 propositions et menaçait d'excommunication quiconque soutenait, même dans le cadre de la doctrine de la double vérité, ne fût-ce qu'une seule des erreurs condamnées.

Ces condamnations visaient les thèses d'Aristote qui allaient à l'encontre de la puissance absolue de Dieu et de sa capacité à agir selon son bon plaisir. Par exemple, les théologiens affirmaient que Dieu pouvait mouvoir l'univers en ligne droite, même si ce mouvement créait du vide, et ils admettaient aussi que Dieu pouvait créer autant de mondes qu'il lui plaisait (propositions 34 et 49). Ces affirmations, qui remettaient en cause les principes de la physique d'Aristote, furent suivies d'arguments philosophiques qui montraient toute la vanité des efforts destinés à démontrer ce que Dieu pouvait ou ne pouvait pas faire. Une critique de la connaissance et des pouvoirs de la raison, dont Guillaume d'Ockham fut l'un des plus célèbres représentants, se développa ainsi tout au long du XIV<sup>e</sup> siècle. Mais ces condamnations, à en croire Duhem, stimulèrent aussi l'imagination scientifique, au point que la critique par Galilée de la physique d'Aristote ne lui paraissait être que le point culminant d'une démarche qui avait pris son essor bien avant lui. La science moderne serait ainsi née d'un acte de censure ; elle serait fille de l'Église ! Edward Grant ne va pas jusque-là, mais il ne rejette pas pour autant l'idée que ces condamnations auraient joué un rôle important dans la constitution de la physique moderne. En tout cas, après avoir retracé ce contexte historique, il nous propose de découvrir, à partir de quelques exemples, ces aspects novateurs de la science médiévale.

Commençons par rappeler quelques traits de la physique aristotélicienne. Pour Aristote, les corps célestes formaient des sphères concentriques tournant autour d'une Terre immobile et les étoiles fixes représentaient la dernière sphère au-delà de laquelle il n'y avait rien : ni matière (puisque c'était la dernière sphère), ni espace (puisque l'espace était ce qui pouvait être occupé par de la matière), ni temps (puisque le temps était ce qui « rythmait » le mouvement des corps ; or, il n'y avait pas de corps), ni vide (puisque ce dernier impliquait un espace qu'un corps pouvait occuper). Dans cet univers fini, deux régions aux propriétés physiques bien distinctes étaient alors définies : le monde supralunaire où les astres, sans subir aucune altération au cours du temps, étaient animés d'un mouvement uniquement circulaire autour de la Terre ; le monde sublunaire où les choses étaient au contraire soumises au changement. La première région n'était constituée que d'éther. Dans la seconde, où il n'y avait pas de vide, tout corps était un composé de corps purs élémentaires (la terre, l'air, l'eau et le feu) auxquels étaient attribués des lieux naturels : la terre au centre du monde avec l'eau au-dessus, puis l'air et enfin le feu dans le ciel. Aristote distinguait alors deux types de mouvement : le mouvement *naturel* et le mouvement *forcé*. Le

premier correspondait au mouvement qu'un corps effectuait « naturellement » vers le lieu naturel de son élément dominant ; le second se produisait quand un agent l'en éloignait, par exemple, quand une pierre était jetée en l'air.

Un des problèmes importants — qui devint récurrent au Moyen-Âge — était justement d'expliquer ce second type de mouvement. Certes, la pierre était mise en mouvement par un lanceur, mais qu'est-ce qui la maintenait en mouvement une fois lancée ? Pourquoi ne retombait-elle pas immédiatement dès qu'elle n'était plus en contact avec la source du mouvement ? Aristote pensait que c'était l'air qui assurait la continuité du mouvement : en faisant mouvoir la pierre, le lanceur animait simultanément une portion de l'air ambiant qui, tout en poussant la pierre, animait une seconde portion d'air, qui poussait à son tour un peu plus loin la pierre en même temps qu'elle animait une troisième portion d'air, et ainsi de suite. Quand la puissance motrice des portions d'air successives, en diminuant progressivement, devenait incapable d'animer la suivante, la pierre retombait. L'air jouait donc à la fois un rôle de puissance motrice et de résistance, puisqu'il assurait la continuité du mouvement et son ralentissement.

Or, les médiévaux contestèrent que c'était l'élément dominant qui déterminait le mouvement naturel. Ils introduisirent la notion de *résistance interne* en opposant la force cumulée des éléments légers (l'air et le feu) à la force cumulée des éléments lourds (l'eau et la terre) orientés dans l'autre direction. Là-dessus, Thomas Bradwardine et Albert de Saxe conclurent que deux corps homogènes — donc de rapport de forces équivalent, mais de dimensions et de poids différents — devaient tomber dans le vide à la même vitesse. Ils remettaient ainsi en cause une loi aristotélicienne qui affirmait que plus un corps était lourd, plus sa vitesse était élevée. Or, on peut dire que Galilée, bien qu'il modifia le sens de certains concepts, suivit en partie la voie tracée par ces médiévaux quand il affirma dans un premier temps que des corps homogènes de poids inégaux tombaient à la même vitesse (1590), puis quand il formula une loi qui fait partie intégrante de la physique de Newton et qui stipule que tous les corps, quelles que soient leurs dimensions et leur composition matérielle, tombent dans le vide à la même vitesse (1638).

L'idée aristotélicienne selon laquelle le milieu jouait un rôle moteur dans le mouvement ne satisfaisait pas non plus certains médiévaux qui considéraient que l'unique fonction du milieu était de retarder le mouvement. Jean Buridan, par exemple, estimait que dans le lancer d'une pierre une « forme » motrice transitoire — appelée *impetus* — lui était imprimée de telle sorte que le mouvement dans le vide était possible aussi longtemps qu'elle perdurait ;

mais quand cet *impetus* était annulé progressivement par la résistance du milieu, le mouvement cessait. Buridan mesurait l'*impetus* par la vitesse et la quantité de matière du corps mû. Il en concluait que si un morceau de fer et un morceau de bois ayant la même forme étaient mus à la même vitesse, le fer devait parcourir une distance plus grande puisque sa plus grande quantité de matière pouvait recevoir davantage d'*impetus* et le retenir plus longtemps contre les résistances externes. C'était là annoncer la *quantité de mouvement* de la physique newtonienne.

Qui plus est, Buridan approcha aussi de la loi de l'inertie avec sa théorie de l'*impetus*. En affirmant que ce dernier durerait indéfiniment s'il n'était pas affaibli et détruit par une résistance externe, il laissait entendre qu'un corps en mouvement sur lequel ne s'exercerait aucune résistance continuerait à se mouvoir indéfiniment en ligne droite. Mais il ne développa pas cette idée puisque la direction rectiligne était difficile à concevoir dans un monde fini. En revanche, sur l'exemple d'une roue qui continuait à se mouvoir après qu'on eut cessé de la faire tourner, Buridan conjectura qu'en l'absence de résistance la roue tournerait perpétuellement. Il innova d'ailleurs grandement en citant les mouvements célestes comme l'exemple d'un mouvement circulaire indéfini produit par l'action d'une quantité constante d'*impetus*. Il rompa ainsi avec l'usage de ne pas appliquer les lois du monde terrestre aux cieux. Attitude qui fera plus tard le succès de la physique moderne.

Mais les médiévaux ne contestèrent pas uniquement la physique d'Aristote, ils s'en prirent aussi à sa cosmologie. Des arguments favorables à la rotation axiale diurne de la Terre, avec un ciel immobile, avaient bien été formulés dans l'Antiquité, mais ils n'étaient connus au Moyen-Âge qu'à travers leurs réfutations. Cette thèse rencontra toutefois un certain succès auprès de Jean Buridan et Nicole Oresme. Aristote avait formulé le principe que le repos était un état supérieur au mouvement. Et l'on pouvait aussi bien rendre compte sur un plan purement astronomique du mouvement diurne de la sphère stellaire et des planètes par l'hypothèse d'une Terre en rotation et d'un ciel immobile que par son inverse. Pour accomplir une rotation diurne, la Terre avait toutefois besoin d'une vitesse quotidienne largement inférieure à celle qu'il fallait aux sphères célestes, considérées comme plus nobles. Cela fut une raison suffisante pour que les médiévaux envisageassent sérieusement la rotation de la Terre.

Buridan adopta toutefois l'opinion traditionnelle. C'est que pour lui, l'hypothèse de la rotation de la Terre échouait à expliquer pourquoi une flèche tirée verticalement en l'air retombait à l'endroit d'où elle était partie. En effet,

si la Terre tournait réellement d'ouest en est, la flèche devait retomber à une distance correspondant à la rotation de la Terre pendant qu'elle était en l'air. On pouvait cependant répliquer que l'air se déplaçait en même temps que la Terre et entraînait la flèche avec elle. Mais pour Buridan, quand la flèche était lancée, la quantité d'*impetus* qui lui était imprimée devait lui permettre de résister au mouvement latéral de l'air, et ainsi de retomber nettement à l'ouest de son point de tir. Ceci étant contraire à l'expérience, Buridan concluait à l'immobilité de la Terre. En revanche, Nicole Oresme ne voyait rien d'incompatible entre la rotation de la Terre et le retour de la flèche à son point de tir. Pour lui, la flèche accompagnant le mouvement de la Terre et de l'air, elle devait s'élever directement à la verticale de son point de tir pour retomber sur lui. Mais les doutes qu'avait Oresme envers la valeur des raisonnements fit qu'il adopta aussi l'opinion consacrée de l'immobilité de la Terre. Cependant, le rejet d'une rotation axiale de la Terre par les médiévaux ne signifiait pas qu'aucun mouvement ne lui fût attribué. Buridan, entre autres, considérait que la Terre, censée être au centre de l'univers, n'était pas homogène ; son centre de gravité différait donc de son centre géométrique. C'est pourquoi il admettait que la Terre effectuait des petits mouvements rectilignes incessants afin de faire coïncider son centre de gravité avec le centre géométrique de l'univers.

Par ailleurs, bien que la cosmologie médiévale acceptât globalement l'idée d'un monde fini, elle ne put s'empêcher de se demander s'il n'existait pas quelque chose au-delà de la sphère céleste la plus éloignée. Par la condamnation de 1277, les médiévaux n'avaient-ils pas réaffirmé que Dieu, s'il le voulait, avait pu et pouvait encore créer d'autres mondes ? Et c'est effectivement avec cette condamnation clairement présente à l'esprit que des auteurs comme Jean Buridan, Nicole Oresme et Albert de Saxe discutaient de la pluralité des mondes. L'idée de deux ou de plusieurs mondes séparés, tout à fait extérieurs les uns aux autres, et existant simultanément, allait pourtant directement à l'encontre de la physique aristotélicienne. En effet, selon Aristote, des éléments lourds qui auraient été placés au-delà de notre monde, auraient nécessairement dû tomber sur la Terre, puisque l'univers ne pouvait avoir qu'un seul centre. Mais Oresme répliqua en relativisant les notions d'Aristote : il imaginait ainsi qu'un objet lourd au-delà de notre monde et séparé de lui par un vide ne se déplacerait pas nécessairement vers le centre de notre monde, mais pourrait se déplacer vers le centre du sien. La physique d'Aristote était ébranlée une fois de plus et l'idée de la pluralité des mondes était sérieusement envisagée. Mais plutôt que de dire que d'autres

mondes semblables au nôtre devaient *réellement* exister, les médiévaux se contentaient d'en démontrer la possibilité.

La condamnation de 1277 stimula aussi les discussions sur l'existence du vide. L'infinie puissance et omniprésence de Dieu avait été réaffirmée : Dieu ne pouvait donc être confiné dans un monde clos. C'est pourquoi on déclara qu'un vide infini s'étendait au-delà des limites de notre monde matériel fini. Mais comme cette omniprésence de Dieu dans l'espace ne devait pas en faire un être étendu, on déclara que l'espace vide était *imaginaire*. Cette « extension » infinie de Dieu, qui ne devait être comprise que selon un sens métaphysique, cohabita toutefois avec une idée d'un espace vide réellement existant. Oresme, en effet, respectant en cela l'article 49 de la condamnation de 1277, visualisait le vide extracosmique comme un contenant spatial infini dans lequel Dieu pouvait mouvoir notre cosmos sphérique fini en ligne droite, même si ce mouvement créait du vide. Une fois de plus l'univers clos d'Aristote semblait sur le point d'éclater.

Les théories de l'*impetus*, l'approche du théorème de l'inertie, les idées sur le vide extracosmique et la pluralité des mondes, les arguments en faveur de la rotation de la Terre et de son déplacement dans l'espace ne sont pas les seules avancées de la science médiévale qu'Edward Grant relate dans ce petit livre fort instructif. Il considère néanmoins que toutes les innovations n'ont fait au mieux qu'annoncer les futurs développements de la physique du XVII<sup>e</sup> siècle et qu'elles n'ont pas réussi à remplacer véritablement la vision aristotélicienne du monde, ni à fonder, comme on le vit plus tard avec Galilée, une nouvelle mécanique. C'est que, selon Edward Grant, en exprimant des désaccords et en formulant des théories rivales, les médiévaux n'avaient pas la volonté de remplacer ce système comme ce fut le cas au XVI<sup>e</sup> siècle et surtout au XVII<sup>e</sup> siècle. Il explique cette différence par le fait que, pour les médiévaux, l'important était moins d'appliquer les théories à la nature, que d'en imaginer la possibilité. Un concept incompatible avec la physique ou la cosmologie d'Aristote n'avait pour eux que le statut d'hypothèse ; il n'y avait pas à en tirer toutes les conséquences. Cette attitude découlait en partie, selon Edward Grant, de la condamnation de 1277 ; car si cette dernière avait affaibli l'emprise de la science aristotélicienne, ce fut en mettant en cause toute certitude scientifique face à l'infinie puissance divine. Substituer à une explication physique d'Aristote, une autre explication également plausible, ne voulait donc pas dire qu'on prétendait atteindre une

connaissance vraie du monde physique ; la cohérence logique était recherchée, non la réalité physique.

En revanche, la quête de cette réalité fut au cœur de la recherche scientifique d'un XVII<sup>e</sup> siècle qui avait retrouvé la confiance dans les explications physiques. Plus question de se contenter de formuler des hypothèses : il fallait désormais parler de la réalité. Alors que les médiévaux ne choisissaient pas entre plusieurs explications qui rendaient également compte des apparences, puisque Dieu avait pu créer un monde bien plus complexe que les phénomènes ne le laissaient apparaître, les « modernes », au contraire, s'attachaient à trouver l'explication « vraie ». La recherche devint donc plus systématique, plus précise et plus cumulative. L'orgueil qui animait les nouveaux hommes de science fut le moteur de leur réussite.

Thomas LEPELTIER,  
le 10 octobre 1999.

### **Sommaire**

*Note de l'éditeur*

Préface

I — L'état de la science du VI<sup>e</sup> au X<sup>e</sup> siècle

II — Le commencement du commencement et l'âge de la  
traduction (X<sup>e</sup>-XI<sup>e</sup> siècle)

III — L'université médiévale et le poids de la pensée  
aristotélicienne

IV — La physique du mouvement

V — La Terre, les cieux et au-delà

VI — Conclusion

*Bibliographie commentée*

*Références bibliographiques*

*Index des auteurs cités*

170 pages

ISBN 2 13 047154 4

85 FF (1998)