

# Comment la science interroge-t-elle la nature? Antiquité et période moderne

Par Marc Becker

La science, en tant qu'activité spéculative de l'homme, entre dans le champ de la culture. Et comme son objet principal est l'étude de la nature, elle trouve une place évidente dans le thème du club de cette année: "nature et culture". On peut dire qu'à l'instar de la philosophie la science c'est la culture qui interroge la nature. D'ailleurs nous verrons qu'à l'origine ces deux disciplines étaient étroitement liées, sinon même confondues. Mais la façon dont se produit cette interrogation varie selon les époques. Cette variation bien sûr est complexe et non linéaire. Mais on peut dégager plusieurs étapes fondamentales. Je me propose ici d'en décrire deux que j'ai intitulées de façon un peu réductrice:

1. La science contemple (et explique) la nature (antiquité, moyen âge)

2. La science comprend (et domine) la nature (époque classique)

et de montrer que ces deux attitudes sont inconciliables (pour comprendre la nature, il faut renoncer à l'expliquer).

## 1. La science explique la nature.

Dans l'antiquité grecque, la science (savoir) est grosso modo la même chose que la philosophie (sagesse). En tout cas, elle est pratiquée par les philosophes. Il y a des variantes selon les penseurs. Par exemple pour Platon la science première est la mathématique (mathema=science). Qu'on se souvienne de l'apostrophe "nul n'entre ici s'il n'est géomètre" adressée au élèves de son académie. Pour Aristote au contraire c'est la physique et la biologie qui prédominent. Ce n'est d'ailleurs pas la moindre des oppositions entre les deux figures majeures de cette époque. La grande nouveauté de la période grecque par rapport aux précédentes est que la nature devient l'objet de la spéculation intellectuelle. Il ne s'agit plus seulement de savoir mesurer les distances, de savoir compter pour faire du commerce, mais de créer une ontologie de la nature c'est-à-dire un système général qui serve de cadre à la compréhension de la nature.

Vous savez que les écoles philosophiques à cette époque furent très nombreuses. En ce qui concerne la philosophie naturelle, celle qui s'est détachée et a dominé la pensée jusqu'à la fin du moyen âge est la philosophie d'Aristote. Mais elle n'est pas la seule. On peut évoquer par exemple en plus du Platonisme, l'Atomisme de Démocrite. Et puis bien entendu il y a les grands scientifiques "purs" que sont Archimède, Pythagore, Euclide, Ptolémée, Hippocrate, et beaucoup d'autres. D'ailleurs cette multiplicité d'acteurs est l'une des preuves de la vitalité intellectuelle exceptionnelle de l'époque.

Alors pourquoi s'intéresser ici plutôt à Aristote? Parce que, pour ce qui nous occupe, c'est-à-dire le lien science-nature, la physique d'Aristote présente des caractéristiques qui sont très représentatives de la pensée scientifique occidentale d'autrefois (disons jusqu'à la fin du moyen âge) et qui en même temps semblent aujourd'hui très archaïques. Il nous faut essayer de comprendre lesquelles et pourquoi. Pour cela je vais vous présenter une démonstration de

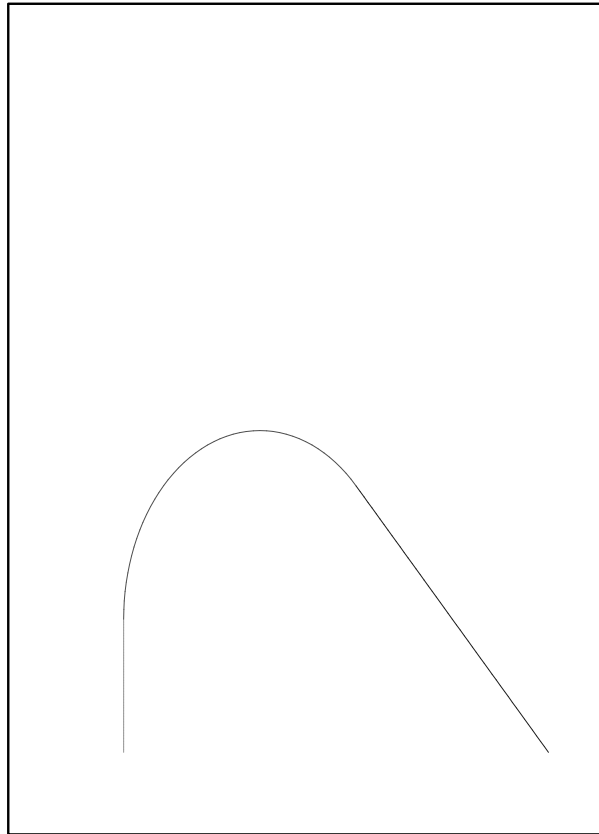
physique « à la Aristote » et ensuite nous en ferons l'analyse. Cette démonstration c'est celle de la chute des corps qu'on appelle aujourd'hui la chute libre, qui répond à la question: pourquoi une pierre lâchée dans l'air tombe-t-elle à terre? Voici ce que dit Aristote:

Il y a dans l'univers 4 éléments. L'eau, la terre, l'air et le feu. Chaque objet physique est constitué d'un mélange de ces éléments. Ces éléments ont dans l'univers des lieux naturels. La terre étant plus lourde est en bas, puis l'eau puis l'air puis le feu. Or la pierre est constituée essentiellement de terre. Par conséquent lorsqu'elle est lâchée dans l'air, elle va traverser l'air (et éventuellement l'eau et le feu) jusqu'à se retrouver sur la terre où elle va rester puisque c'est son lieu naturel.

Que voit-on dans cette preuve? La première chose c'est qu'elle repose sur un certain nombre de présupposés: l'existence de 4 éléments et seulement de ceux là, l'existence d'un lieu naturel, l'existence de l'ordre naturel entre les 4 éléments. L'ensemble de ces présupposés constitue la "métaphysique de la nature", c'est à dire un ensemble de postulats qui sont issus de l'évidence et qui ne sont pas sujets à démonstration, et c'est à partir de ces postulats que la démonstration s'organise en une suite de déductions logiques. La première caractéristique de la science d'Aristote, c'est d'être fondée sur une métaphysique de la nature.

La deuxième caractéristique de cette démonstration est qu'elle n'a pas besoin de justification expérimentale. Le seul fait d'être construite logiquement à partir de prémisses réputées justes la valide. Autrement dit Aristote n'interroge la nature que par la spéculation. La seule expérience dont il a besoin est ce qu'on peut appeler l'expérience commune. En l'occurrence: quand on lâche une pierre, elle tombe par terre. Il n'y a pas non plus de mesure, ni de comparaison. La vitesse de la chute, sa durée, ne sont pas étudiées. D'ailleurs Aristote pense que la vitesse est constante ce qui est tout à fait faux et facile à réfuter expérimentalement. De la même façon le poids de la pierre n'entre pas en jeu, sa forme non plus. Pour le dire d'une autre façon c'est une preuve qualitative et non quantitative. Elle décrit la nature mais ne la mesure pas. La physique d'Aristote n'a pas de visée utilitaire. C'est une physique de philosophe, pas une physique d'ingénieur.

On retrouve ces caractéristiques dans d'autres secteurs de la science grecque. Prenons l'exemple de l'astronomie. Le plus grand astronome grec s'appelle Ptolémée. Il vivait à Alexandrie du temps de sa splendeur (époque de la fameuse bibliothèque qui fut détruite dans un incendie) et est l'auteur d'un traité resté célèbre: l'Almageste. Là aussi le raisonnement scientifique est étayé par une métaphysique de l'espace, une cosmogonie. Elle a deux postulats principaux: premièrement elle place la terre au centre de l'univers, et deuxièmement elle suppose que les trajectoires des astres sont obligatoirement des cercles ou des droites. Ces postulats sont des a priori philosophiques. Ptolémée conçoit des trajectoires circulaires non pas parce qu'il les observe mais parce que selon lui les astres ne peuvent suivre que des courbes parfaites et que les seules courbes géométriquement parfaites sont les cercles et les droites. D'ailleurs, vu de la terre, seuls la lune et le soleil ont des trajectoires à peu près circulaires. Tous les autres astres suivent des chemins a priori beaucoup plus compliqués. Son travail consiste donc à trouver le moyen de décomposer ces trajectoires en une combinaison de cercles et non pas à analyser leur mouvement pour en comprendre la nature. Cette exigence le conduit à élaborer une construction de l'espace extrêmement savante et compliquée et le seul fait qu'il y soit à peu près parvenu est un véritable exploit scientifique. Peut-être avez-vous déjà eu l'occasion d'admirer l'enchevêtrement de cercles qui constituent les sphères armillaires (du latin armilla=cercle aussi connues sous le nom d'astrolabes). Elles permettent de mesurer la complexité de la construction à laquelle était arrivée Ptolémée, et qui permettait une prédiction à peu près correcte de la position des étoiles. C'est encore cette même exigence de perfection dont dérive le modèle grec de la balistique expliqué dans la figure ci-dessous: Dans ce modèle un projectile tiré d'un canon suit une trajectoire qui se compose de deux lignes droites séparées par une portion circulaire



Ces constructions, si élégantes soient elles sont totalement fausses.

Donnons un dernier exemple: A la question "pourquoi le fer fond-il quand on le chauffe?" le physicien Théophraste répond: les métaux sont faits d'atomes et la fusion entraîne un relâchement de la structure de la matière. Qui ne serait étonné par cette extraordinaire intuition? Car cette réponse est aujourd'hui considérée comme juste. Pourtant, à y regarder de plus près, les arguments qui le conduisent à ce raisonnement sont à nos yeux peu scientifiques. D'abord il pense que les atomes en question sont un mélange d'atomes d'eau et d'atomes de terre. Ceci est encore une conséquence de la théorie des quatre éléments d'Aristote. Nous savons aujourd'hui que ceci est absurde: d'abord il n'y a pas d'atome de terre, ni d'eau, et en tout état de cause le fer n'est pas un mélange des deux. Ensuite il faut savoir que Théophraste était adepte de la doctrine philosophique appelée Atomisme et selon laquelle la matière n'est pas découpable à l'infini, mais composée d'éléments irréductibles. Tout comme dans le cas des trajectoires circulaires de Ptolémée, cette croyance est le résultat d'un raisonnement purement spéculatif, qui n'est étayé par aucune vérification expérimentale (et pour cause, à l'époque une telle vérification n'était pas envisageable).

Comment expliquer l'extraordinaire succès d'une conception de la science qui nous paraît aujourd'hui si loin de la réalité? Comment se fait-il que des théories si grossièrement fausses aient pu faire référence pendant si longtemps?

Il y a plusieurs raisons à cela. D'abord il faut insister sur l'extraordinaire génie logique d'Aristote qui a réussi le prodige de construire une métaphysique à la fois universelle et entièrement cohérente. L'absence de faille majeure dans ce système colossal est pour beaucoup dans son exceptionnelle longévité. Comme le dit Alexandre Koyré:

*il n'est pas étonnant que, pour le moyen âge ébloui et écrasé par cette masse de savoir, subjugué par cette intelligence vraiment hors ligne, Aristote soit devenu le représentant de la vérité, le sommet et la perfection de la nature humaine.*

(on peut également citer, parmi les admirateurs d'Aristote, le mathématicien du XX<sup>ème</sup> siècle Von Neumann, l'un des inventeurs de l'informatique, qui le considérait comme le plus grand logicien de tous les temps. Et il savait de quoi il parlait! il était lui-même un logicien exceptionnel).

Cependant le génie logique ne peut à lui seul expliquer cette postérité. Si la doctrine aristotélicienne a pu traverser les siècles, c'est qu'elle a été transmise par des philosophes qui ont su l'adapter aux exigences de leur époque. En particulier pour qu'elle puisse convenir au très religieux moyen âge il a fallu la rendre compatible avec l'existence de dieu (a priori, l'Aristotélisme semble incompatible avec les exigences de la chrétienté, et d'ailleurs l'Eglise a commencé par condamner Aristote lors de son avènement en occident vers la fin du XII<sup>ème</sup> siècle). Or justement, les rapports entre la science et la nature dans la physique d'Aristote rendent possible une telle adaptation: en effet, la conception que j'ai décrite précédemment est une conception internalisante de la nature. C'est-à-dire qu'elle fait dépendre les propriétés physiques de leur objet. Le fait que la pierre tombe n'est pas une loi générale de la nature, mais une propriété de la pierre elle-même. Il y a ici l'idée d'une forme d'intentionnalité de la nature. Cette intention étant sous-tendue par une seule cause: la cause métaphysique (ainsi dans le cas de la balistique cité plus haut, se pose naturellement la question suivante: quelle cause amène le projectile à modifier sa trajectoire pour la faire passer de circulaire à rectiligne? Manifestement, c'est une cause interne, une forme de "décision" du projectile lui-même). Pour rendre cette physique compatible avec Dieu il suffit alors de remplacer la cause métaphysique par la cause divine. Par ailleurs l'absence de véritables expériences contradictoires permet de conférer un caractère magique (ou divin) à tous les phénomènes qui ne peuvent être expliqués par le seul bon sens et la logique. C'est Saint Thomas d'Aquin qui fera pour l'occident médiéval ce travail de reformulation, rendant par là un grand service à l'église et causant un grand tort à la science. Il est d'ailleurs amusant de noter que Saint Thomas était à tel point aristotélicien qu'il éprouva le besoin de prouver scientifiquement l'existence de dieu à la manière de son maître.

Et c'est ainsi que la science médiévale a prolongé et adapté la science grecque: elle aussi a inscrit la nature dans un système philosophique, en l'occurrence un système théologique. Mais pour y parvenir, elle a renoncé à la comprendre (du moins au sens où on l'entend aujourd'hui), et s'est contenté d'en donner une interprétation plausible.

## **2. La science comprend et domine la nature**

La naissance de la science telle qu'on la connaît aujourd'hui se produit au 16<sup>ème</sup> et 17<sup>ème</sup> siècles. Il ne faut pas mépriser les scientifiques antiques sous prétexte que leurs croyances nous paraissent aujourd'hui bien naïves. Après tout, qui d'entre nous serait capable de découvrir tout seul que la terre tourne ? Si l'on s'en réfère à la seule expérience sensible chère à Aristote, il est absolument évident qu'elle est fixe (et que dire si de plus on nous a appris depuis notre enfance que la terre est le centre de l'univers!). En fait ce qui est étonnant c'est plutôt le génie des quelques hommes qui ont été capables de s'élever au-dessus des croyances de leur temps. Et leur courage aussi: certains y perdront la vie comme le moine Giordano Bruno brûlé pour avoir osé prétendre que l'univers était infini. En tout cas la révolution qui se produit dans le monde des sciences à cette époque est la plus importante qu'ait connue l'humanité. En un siècle la physique passe de la préhistoire à l'âge moderne. Comment?

D'abord, il se produit un phénomène d'externalisation. En deux sens: il y a une différenciation entre l'objet physique et le phénomène physique. Pour reprendre l'exemple précédent, le mouvement de la pierre qui tombe n'est pas une qualité de la pierre mais une propriété générale qui peut être envisagée pour elle-même: la chute libre des corps. De là découle une conséquence très importante: **il existe des lois scientifiques universelles.**

Il y a ensuite une différenciation entre la nature en tant qu'objet d'étude et les moyens d'étude de cet objet. Autrement dit, on peut étudier la nature par des techniques non naturelles. C'est le sens de la célèbre affirmation de Galilée "le monde est écrit en langage mathématique". Arrêtons-nous un instant ici car il faut comprendre l'importance capitale de cette affirmation. La physique, pour Aristote, n'est pas sujette aux mathématiques. Il ne peut y avoir de mathématiques de la forme ni du mouvement car il n'y a pas de mouvement dans les nombres. Or la nature est en changement perpétuel. Dans la nature on ne rencontre aucun triangle parfait, aucune véritable ligne droite et donc ces objets irréels ne peuvent pas la décrire. Le seul endroit où les mathématiques ont leur place, c'est l'astronomie, où l'on a recours à la géométrie car le ciel est supposé pourvu de propriétés idéales. Aujourd'hui le lien entre la physique et les mathématiques est si évident qu'on a du mal à mesurer l'audace de l'affirmation de Galilée. Mais pour ses contemporains c'est un véritable coup de tonnerre (et d'ailleurs Galilée sera arrêté et jugé pour hérésie pour cela). En effet, elle implique la **disparition de la sensation au profit de la mathématique**, comme méthode d'investigation de la nature. Elle implique également la disparition des valeurs qualitatives qui étaient attribuées aux objets physiques comme la perfection, l'harmonie, le dessein et qui servaient à expliquer leurs propriétés physiques.

*Aussi comprend-on l'orgueil de Galilée lorsqu'il annonça dans "Discours et Démonstrations" qu'il avait prouvé que la chute des corps est sujette à la loi des nombres. Aristote se trouvait enfin réfuté. (A.Koyré)*

Voici la fameuse loi, énoncée par Galilée, puis traduite par une formule mathématique:

*les vitesses d'un corps tombant de haut sont entre elles comme les racines carrées des distances parcourues*

Soit encore  $V = K\sqrt{h}$  où K désigne une constante. Newton démontrera plus tard que cette constante peut s'écrire  $\sqrt{2g}$  où g est ce qu'on appelle la constante de gravitation terrestre (celle qui est tant redoutée par les pilotes d'avions de chasse et de fusée). Cette loi qui est historiquement la première avec les lois de Kepler, a de nombreuses conséquences physiques. Par exemple le fait que la trajectoire des projectiles est une parabole et non pas une succession de droites et de cercles comme le préconisaient les théories précédentes. Mais sa plus grande conséquence est d'ordre philosophique: elle montre qu'il y a incompatibilité entre la vérité scientifique et la métaphysique. De là découle que le métaphysicien n'a pas l'apanage de la connaissance de la nature. Le scientifique est désormais libre d'élaborer des hypothèses, même si celles-ci semblent absurdes aux yeux des philosophes et des théologiens. Comme le dit Copernic: "il n'est pas nécessaire que les hypothèses soient vraies ni même vraisemblables, il suffit que les résultats des calculs soient en harmonie avec les phénomènes observés" C'est exactement la dynamique inverse de celle d'Aristote.

Voici un autre exemple. Les autres lois physiques les plus anciennes sont les trois lois de Kepler: ce sont les lois qui régissent le mouvement des planètes. En voici une appelée loi des périodes:

$T^2 a^3 = K$ , où K désigne à nouveau une constante. (T=période, a=grand axe) Les lois de Kepler mettent à mal pour trois raisons les impératifs aristotéliens. Elles sont mathématiques, elles prouvent que les planètes ne décrivent pas des cercles et enfin elles sont universelles (c'est-à-dire qu'elles s'appliquent à tous les astres du système solaire. En particulier elles ont pour conséquence que la terre ne joue pas un rôle particulier dans le cosmos mais un rôle analogue à celui des autres planètes)

La seconde grande différence entre la science antique et la science moderne est résumée par Koyré dans la phrase suivante:

*"L'homme moderne cherche à dominer la nature alors que l'homme médiéval ou antique cherche avant tout à la contempler".*

C'est aussi ce que dit Descartes qui est avec Galilée l'un des grands acteurs de cette révolution:

*" le développement de la science doit rendre l'homme comme maître et possesseur de la nature".*

(insistons sur le "comme": pour Descartes le seul possesseur de la nature est Dieu et il faut traduire ici le terme de domination par compréhension rationnelle. La science créée par le XVIIème siècle est avant tout une science théorique. Les arguments développés par Galilée et Descartes sont d'abord philosophiques)

En conséquence la science change radicalement de place et de vocation. Elle n'est plus subordonnée à la philosophie. C'est elle qui devient pourvoyeuse de sens. C'est le début de la science des lumières, science éclairant le monde, celle que Léo Strauss appelle "la colonne vertébrale de l'occident" ou encore Simone Weil avec amertume "le seul titre de fierté des blancs modernes". Désormais la science ne se contente plus d'admirer la nature, elle veut la comprendre et surtout la prédire.

Elle la soumet donc à **l'expérimentation**. Il faut bien faire la différence entre l'expérience au sens usuel et l'expérience scientifique. La première est la réception passive d'une sensation (expérience du froid, de la vitesse...). L'expérience scientifique au contraire est un mode d'interrogation systématique et méthodique de la nature. Les processus expérimentaux sont le plus souvent des protocoles conçus a priori. Ils cherchent à vérifier une théorie et non pas à la deviner. En réalité ce sont des méthodes de validation de la science. Pour illustrer ce point, voyons comment Galilée réfute le modèle balistique décrit plus haut: Comme il lui est difficile de le faire par une démonstration directe, à cause de la grande vitesse des projectiles, il imagine le stratagème suivant: au lieu de lancer le projectile dans l'air, il le fait glisser sur un plan incliné: plus le plan est proche de l'horizontale, plus la vitesse est lente et se prête à la mesure. Il met alors facilement en évidence que la trajectoire est une parabole et non pas une succession de droites et cercles. Ce qu'il convient de signaler ici c'est que lorsque Galilée imagine son plan incliné pour mesurer les trajectoires, c'est parce qu'il a **déjà** constaté qu'il y a un problème avec l'ancienne loi. Autrement dit l'expérience est postérieure à la réflexion. De même la loi des vitesses dont j'ai parlé plus haut est le résultat d'un calcul qui est validé a posteriori par une expérience (d'ailleurs Galilée se trompera à d'autres occasions en énonçant des lois fausses: mais ce n'est pas cela qui est important. C'est le fait de partir du principe que les lois existent). L'expérimentation nécessite le recours à l'observation et la mesure. C'est l'observation, après l'invention du premier télescope, des satellites de Jupiter qui portera un coup mortel à la cosmologie de Ptolémée. C'est la mesure du temps et des distances qui permettra de confirmer le modèle parabolique de la chute. D'ailleurs le problème de la mesure du temps devient l'un des enjeux majeurs de l'époque (penser à Huygens, les horloges le

pendule pesant). La révolution scientifique est ainsi doublée d'une révolution technologique sans laquelle elle n'aurait pu avoir lieu. Cependant, il faut bien se garder de croire que cette nouvelle science est une science d'ingénieurs. **Sa vocation n'est pas la production de technique, mais de savoirs.** Et c'est d'ailleurs là sa grandeur et la raison de son immense succès.

*"nous ne devons pas oublier que les sciences ont avant tout une destination plus directe et plus élevée, celle de satisfaire au besoin fondamental qu'éprouve notre intelligence de connaître les lois des phénomènes[de la nature]"(Auguste Comte).*

C'est cette haute conception de la valeur de la science qui est née avec la Renaissance et qui caractérise l'époque moderne. Et qui d'ailleurs reste majoritaire chez les scientifiques "purs" d'aujourd'hui (même si d'autres éléments qui sont intervenus depuis un demi-siècle la font vaciller). Elle atteint son apogée au 19<sup>ème</sup> siècle à travers la pensée de physiciens tels Pierre Simon de Laplace (déterminisme) et surtout celle du philosophe Auguste Comte (positivisme). Le déterminisme est l'expression la plus absolue de la domination des sciences sur la nature:

*Une intelligence (démon de Laplace) qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome : rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux.*

Dans la vision déterministe du monde **la nature est entièrement subordonnée aux lois scientifiques.** Le seul élément d'incertitude vient de la faiblesse humaine: l'incapacité de l'homme à contenir la totalité de connaissances. Voici l'opinion du philosophe Auguste Comte:

*Le caractère fondamental de la philosophie [positive] est de regarder les phénomènes naturels comme assujettis à des lois invariables*

Dans cette vision, la cause première des phénomènes naturels n'est pas importante. Ce qui compte c'est de les maîtriser. A Napoléon qui lui demande "mais quelle est la place de dieu dans votre théorie?" Laplace fait la réponse suivante: " Sire, je n'ai pas besoin de cette hypothèse. Car si elle permet de tout expliquer elle ne peut rien prédire". Et encore Auguste Comte à qui l'on demande ce qu'est la gravitation:

*Quant à déterminer ce que sont en elles-mêmes cette attraction et cette pesanteur, quelles en sont les causes, ce sont des questions que nous regardons tous comme insolubles, qui ne sont plus du domaine de la philosophie positive et que nous abandonnons à l'imagination des théologiens et à l'imagination des métaphysiciens.*

On voit dans cette dernière citation le prix que la science doit payer: pour pouvoir comprendre et dominer la nature, elle doit renoncer à en expliquer les causes.

Marc Becker

