

Épistémologie et méthodologie dans l'œuvre de Galilée¹

Anabases. Traditions et réceptions de l'Antiquité, n°15, 2012, p. 163-182

Jean-Claude Pont

Résumé

Les livres et articles consacrés à Galilée sont des milliers. Les « affaires » qui portent son nom et ses découvertes strictement scientifiques ont le plus souvent retenu l'attention des auteurs. Pourtant, la révolution scientifique du xvii^e siècle, qui devait donner naissance à ce qu'il est convenu d'appeler la « science moderne » – naissance dont Galilée fut un protagoniste majeur – réside aussi bien dans un changement d'attitude devant l'épistémologie et la méthode que dans des résultats proprement scientifiques. Dans la naissance de l'épistémologie nouvelle qui surgit à cette époque c'est encore Galilée qu'il convient de mettre devant, malgré le rôle exagéré que la tradition, puis le mythe, ont offert au tandem Bacon-Descartes dans ce moment crucial pour l'histoire de la pensée. Dans cet article je m'intéresse à ce côté négligé de l'œuvre du grand Pisan.

« À travers l'œuvre galiléenne, c'est bien la conception
que l'on avait depuis vingt siècles
de la rationalité scientifique
qui change brusquement de visage
et prend pour l'essentiel les traits que
nous lui connaissons dans la science classique. »
Clavelin, 1996, p. 389

En guise d'introduction

Le terme « épistémologie » est multivalent et a souvent quitté ses

bases. Je l'ai employé ici d'une façon naïve, comme il est le plus souvent reçu et apprécié dans le milieu scientifique. L'épistémologie d'un scientifique comprend l'ensemble de ses croyances et convictions à propos de la science : nature et valeur des principes, sens et degré de réalité des concepts, etc. Il s'agit d'une épistémologie qui est généralement tacite et non systématique. Elle se révèle parfois dans les situations de conflit ou de crise. Elle peut se traduire par des boutades ou par des aphorismes. Comme le « Dieu ne joue pas aux dés » d'Einstein ; ou encore le « grand livre de la nature » de Galilée. L'épistémologie d'un savant est donc sa manière à lui – explicitée ou non – de concevoir la science. L'épistémologie en ce sens est une théorie empirique de la science. L'épistémologie de Galilée concerne la façon qu'il avait de considérer ce que nous appelons aujourd'hui « la science galiléenne ». Les relations entre science et religion, par exemple, font partie de l'épistémologie de Galilée. Aussi sa théorie de la science déborde-t-elle largement sur la théorie de la connaissance.

La méthodologie de Galilée rassemble, quant à elle, les techniques (recours à l'expérience, aux mathématiques, etc.) qu'il a mobilisées pour parvenir à ses résultats. L'épistémologie est une philosophie, la méthodologie un ensemble de techniques, non nécessairement coordonnées. C'est d'ordinaire l'épistémologie qui donne leur sens aux méthodes, mais le mouvement peut aller dans les deux sens.

Lorsqu'on parle du savant pisan, il est commode de distinguer le Galilée célèbre du Galilée immortel, la célébrité étant liée aux deux affaires qui ponctuèrent son existence (1616 et 1633). Si deux affaires l'ont rendu célèbre, des travaux de première magnitude l'ont fait immortel. L'immortalité de Galilée peut se placer sous deux rubriques différentes. La première est bien connue et a trait à ses découvertes scientifiques. La seconde est confidentielle en un certain sens. Elle concerne ses contributions à l'épistémologie et à la méthodologie. Ce sont elles qui nous occuperont surtout ici. Entre 1890 et 1909, Antonio Favaro a publié *Le Opere di Galileo Galilei*, ouvrage réédité avec des additions entre 1930 et 1960 ; il contient notamment plus de 2 000 lettres (publiées dans les tomes 10-18). Une étude approfondie de la pensée épistémologique et méthodologique de Galilée demanderait un examen de l'ensemble de cet ouvrage. Mais mon intention est autre. Je me propose de rassembler des citations éparses dans la littérature, dans le but de dégager les grands pôles de la pensée épistémologique de Galilée et ainsi d'esquisser son profil épistémologique ; des ouvrages que je signale en bibliographie permettent de compléter ces informations (en particulier le remarquable livre de Maurice Clavelin [Clavelin, 1996]).

La science progresse selon deux lignes de force

La science progresse selon deux lignes de force. La première et la plus visible est constituée par les faits nouveaux qui se révèlent au savant à l'occasion de ses investigations sur le réel (montagnes de la Lune, flottaison, lois de la chute des corps, etc.). Mais la science s'inscrit dans une manière de penser le monde, dans un espace mental, sur un arrière-plan culturel ; c'est là une seconde ligne de force qui, à son tour, conditionne les méthodes et dicte les questionnements. Ces deux lignes de force dialoguent en permanence, chacune gauchissant la trajectoire de l'autre.

On connaît bien généralement les grandes et spectaculaires contributions de Galilée à la première de ces lignes de force, qu'il s'agisse de découvertes publiées dans le *Sidereus Nuncius* (1610) ou celles des *Discours concernant deux sciences nouvelles* (1638). L'apport de Galilée au développement de l'épistémologie et de la méthode est, en revanche, plus difficile à mettre en évidence car il n'a rien écrit spécifiquement sur cet aspect de ses réflexions. Pour le cerner, on doit laisser les grandes avenues de son œuvre et fureter le long des sentes, sous les taillis, pour débusquer de petites choses, d'insignifiants galets, à partir desquels on peut reconstituer des pans de la mosaïque de sa pensée épistémologique, au demeurant une pensée toujours se construisant, toujours inachevée. Il faut le traquer entre les lignes, au détour d'un adjectif, dans une lettre, à l'occasion d'une digression, dans ses combats contre la pensée dominante. Cet aspect de l'œuvre épistémologique de Galilée explique le nombre élevé de citations proposées dans le présent article ; il aurait par ailleurs été dommage de ne pas mettre à la portée du lecteur des textes peu connus de Galilée et qui méritent attention. De plus, la répétition de loin en loin et en des termes différents de ses thèses épistémologiques démontre qu'il ne s'agit pas chez lui de besoins passagers mais bien d'une constante de sa pensée.

Des observations qu'il fait à l'occasion d'activités scientifiques diverses amènent Galilée à s'opposer aux paradigmes de l'époque. C'est dans cette position de contre-pied qu'apparaissent au mieux les principaux traits de son épistémologie et de sa méthodologie. Au moment où il commence à produire, dans les années 1590, l'épistémologie est encore marquée au coin de l'aristotélisme. Durant ses années de formation, Galilée a baigné dans le climat ambiant dont l'aristotélisme est une composante majeure. Il sera amené progressivement et successivement par la suite à récuser les grands principes de la cosmologie du Stagyrite, en une sorte d'action de nettoyage de l'épistémologie ; mais aussi à mobiliser des méthodes auxquelles Aristote n'avait pas recouru. L'essentiel de l'œuvre épistémologique de Galilée s'inscrit bien dans cette double activité. L'irruption d'une nouvelle épistémologie, qui se met ainsi en place au cours du premier xvi^e siècle, constitue une révolution conceptuelle majeure, silencieuse comme le sont d'ordinaire les révolutions conceptuelles. Une activité

épistémologique – informelle, précisons-le encore une fois – qui se heurte à deux sortes d'oppositions du milieu savant. La première est évidente. En attaquant frontalement des thèses que le principe d'autorité avait accréditées, Galilée devait se mettre à dos une partie importante de la communauté philosophique, qui lui rendra plus tard la monnaie de sa pièce. Comme il l'écrit le 12 février 1611 à Paolo Sarpi (Galilée, 1997, p. 363) : « Si bien que je n'ai plus contre moi que les péripatéticiens, plus attachés au parti d'Aristote que ne le serait Aristote lui-même [...]. »

La seconde opposition du milieu péripatéticien est plus subtile. La croyance du temps admet implicitement que les Anciens, Aristote en particulier, auraient dit le dernier mot sur le monde, ne laissant aux temps futurs que des compléments de détail à découvrir. C'est bien à cela que Galilée fait allusion dans sa lettre à Pietro Dini du 21 mai 1611 quand il déclare (*Opere*, XI, p. 108 ; cité dans Clavelin, 2004, p. 161) : « [...] et de s'écrier qu'à ce qui a été jusqu'ici trouvé on ne peut rien ajouter de nouveau. » De là le principe d'autorité. De surcroît, l'Église a fait d'Aristote l'un de ses maîtres à penser et s'opposer à lui ne va pas sans risque. Dès lors, mettre en œuvre des méthodes, des techniques, des principes qu'Aristote n'a pas marqués de son sceau revient à admettre l'imperfection, ou au moins l'incomplétude, de sa pensée ; par exemple lorsqu'il en résulte des conséquences imprévues, qui bousculent le sens commun. Comme l'écrit excellemment Jean-François Revel (Revel, 1994, p. 488) : « Ce qui est difficile, dans le fait de penser, ce n'est pas tant de penser que de détruire les obstacles qui empêchent de le faire. Ces obstacles, ce sont toutes les croyances et opinions non fondées, ce sont les peurs, ce sont les institutions sociales qui ont partie liée avec des systèmes intellectuels [...]. » Dans l'édition nationale des œuvres de Galilée que j'ai mentionnée plus haut, l'index analytique consacre sept colonnes à Aristote (Platon et Archimède en ont chacun une) ; ce qui montre bien la place d'Aristote dans les recherches de Galilée.

Aspects de la cosmologie aristotélicienne. Oppositions de Galilée

Le cosmos d'Aristote

L'opposition de Galilée aux principes aristotéliens de la science apparaît dès ses premiers travaux et se retrouve à des degrés divers dans l'ensemble de son œuvre, avant tout dans les recherches de mécanique de ses débuts, dans ses travaux d'astronomie (1604, 1610-1613) ou encore dans ses recherches en hydrostatique (1613). Il s'agissait de réflexions éparses et de circonstance. Ces réflexions revêtent une forme de systématique dans la Première journée des *Discours* de 1632. Dans son ouvrage *Galilée copernicien*, Maurice Clavelin

(Clavelin, 2004, p. 527-550) nous offre une reconstruction minutieuse de ces grands principes aristotéliens et des arguments avancés par Galilée pour en montrer l'inanité.

Rappelons d'abord, sommairement, quelques-uns des éléments les plus fondamentaux de la cosmologie aristotélienne.

- Les phénomènes se déroulent dans un cosmos qui a les particularités suivantes : il est fermé par la sphère des fixes sur laquelle sont serties les étoiles ; ce cosmos est inhomogène avec des lieux qualitativement différenciés : un centre unique, un monde sublunaire et un monde supralunaire ; il est anisotrope dans le sens qu'il s'y trouve des directions privilégiées : un haut et un bas absolu.
- Cinq éléments se partagent le Monde. Le monde sublunaire est constitué à partir de quatre d'entre eux (eau, air, terre, feu). Quant au monde supralunaire, il est fait d'éther, la quintessence.
- La Terre est immobile au centre et l'ensemble du Ciel décrit chaque jour autour d'elle un tour complet.

À la différence de Platon, Aristote réhabilite la perception sensible, qui nous livre les données de base. La science procède par démonstrations à partir des principes, qui sont premiers : « Par rapport à nous, les choses qui sont les premières et les mieux connues, ce sont les choses les plus voisines de la perception sensible » (Duhem, 1997, p. 43 ; extrait des *Seconds analytiques*). L'idée d'instruments susceptibles de renforcer ou de modifier les données fournies par le Monde n'est bien sûr pas incluse dans cette approche et ne saurait l'être.

- Tous les corps sont par nature mobiles et leur nature est principe de mouvement. Ainsi, à chaque corps simple correspond un mouvement naturel déterminé. Certaines formes sont privilégiées, sans doute du fait de l'identité de toutes leurs parties : le cercle, la droite, la sphère. Le Ciel est sphérique parce que, parmi les solides, la sphère occupe le premier rang pour être la plus parfaite. Galilée s'oppose à ce point de vue avec sa finesse et son sens de l'éristique ordinaires :

« Ce n'est pas moi qui veux que le ciel, en tant que corps le plus noble, ait aussi la figure la plus noble, c'est Aristote lui-même [...]. Pour moi, comme je n'ai jamais lu les chroniques et titres de noblesse des figures, je ne sais lesquelles sont plus ou moins nobles, plus ou moins parfaites. Je crois que toutes sont à leur manière antiques et nobles, ou mieux, qu'en elles-mêmes elles ne sont ni nobles ni parfaites, ni viles et imparfaites, si ce n'est que pour faire un mur la figure carrée est plus parfaite que la sphérique, mais que pour rouler ou faire aller une voiture le rond est plus parfait que le triangulaire » (*Il Saggiatore* ; cité ici d'après Shea, 1992, p. 125).

Galilée avait déjà développé ce point de vue pratiquement dans les

mêmes termes dès 1611 dans une lettre à Gallanzone Gallanzoni (*Opere* XI, p. 141-155 ; cité dans Clavelin, p. 173-174), précisant qu'on ne peut pas affirmer la priorité de la forme sphérique de manière absolue, mais seulement de manière relative.

Pour Aristote toujours, le mouvement est central en physique, puisqu'elle étudie l'être en tant qu'il est mobile. Il existe trois sortes de mouvements locaux : rectiligne, circulaire et mixte.

Le mouvement circulaire est le seul qui puisse se poursuivre indéfiniment, identique à lui-même. Une autre façon de justifier la priorité du mouvement circulaire consiste à dire que, en lui, chaque point peut servir de début ou de fin, c'est donc par essence que ce mouvement conviendra aux corps éternels qui ne sont pas soumis à la corruption et à la génération. Aristote s'exprime ainsi (*De Caelo*, cité d'après Duhem, 1997, p. 65) :

« Mais le mouvement qui a la suprématie sur les autres doit être le mouvement d'un corps simple dont la nature surpasse celle des autres ; or, d'une part, le mouvement circulaire a la primauté sur le mouvement rectiligne ; d'autre part, il existe des corps simples dont le mouvement rectiligne est le mouvement naturel... Il faut donc que le mouvement de rotation soit le mouvement d'un certain corps simple... Il résulte évidemment de là qu'il existe une certaine essence corporelle, différente des substances qui sont autour de nous, supérieure à toutes ces substances et plus divine qu'elles. »

Duhem (p. 65) note que, d'après Aristote, une substance qui, éternellement, se meut d'un mouvement de rotation toujours de même sens, « doit selon la raison, être tenue pour incapable de génération et de corruption [...] elle n'est sujette à aucune altération ».

Ensuite vient le mouvement de translation ; il est de deux sortes : celui vers le bas, qui est le mouvement naturel des graves ; celui vers le haut, mouvement naturel des légers, gravité et légèreté étant des qualités en soi. « Il est par la suite raisonnable que tout corps soit porté vers son lieu propre. » Ainsi chaque corps a son lieu naturel et les mouvements prennent une signification ontologique.

Il existe une correspondance entre les (cinq) éléments et les mouvements simples. Que les éléments et les mouvements se correspondent chacun à chacun est un principe fondamental de la cosmologie péripatéticienne. Un corollaire de ce principe est l'unicité du centre.

Dans les années 1590, Galilée rédige un traité intitulé *De Motu*. Il s'agit d'une œuvre de combat dans laquelle il déclare notamment (je cite d'après Shea, 1992, p. 26-27) que « pratiquement dans tout ce qu'il a

écrit sur le mouvement local, Aristote a écrit le contraire de la vérité ». Dans un autre passage, le Pisan affirme qu'il est « fatigant et honteux d'avoir à employer tant de paroles pour réfuter des arguments aussi puérils et des recherches de subtilité aussi ineptes que ceux dont Aristote se gave dans tout le livre du *De Caelo* ». Dès le *De Motu*, Galilée critique la différence ontologique entre le lourd et le léger. C'est selon lui pour des raisons de densité que certains corps montent, soit des raisons extérieures à leur essence. L'idée d'un haut absolu perd sa raison d'être. Cette disparition marque le début de la fin de l'hétérogénéité du monde, qui est au cœur de la cosmologie du Stagyrte.

Dans le *De Motu*, Galilée conteste un autre principe de la cosmologie aristotélicienne selon lequel le vide n'est pas possible, les mouvements y ayant une vitesse infinie. Il aura besoin de la possibilité du vide dans ses lois du mouvement. Plus tard, dans le *Discours* de 1638 (Galilée, 1995, p. 52-57), Galilée traitera en détail, pour la critiquer, la théorie du vide d'Aristote. Shea remarque (Shea, 1992, p. 268) que sur les 89 pages du *De Motu*, Aristote est cité 109 fois.

Un point fort de l'opposition entre les deux hommes est bien traduite par l'affirmation suivante de Galilée (lettre à Gallanzoni Gallanzoni du 16 juillet 1611, *Opere* XI, p. 141-155 ; Clavelin, 2004 p. 168) : « [...] j'affirme le premier – non plus par imagination, mais par expérience et démonstration nécessaire [...] », l'imagination signifiant ici la méthode de l'argumentation aristotélicienne.

Galilée et les essences

La physique aristotélicienne est une physique de la qualité, l'essence des choses déterminant leur place et leur mode d'être. Il faudrait en réalité parler de « physiques » au pluriel, puisque l'hétérogénéité fondamentale du Monde implique l'existence de deux physiques. Restait donc, pour une unification totale, à mettre dans le Ciel ce qui semblait l'attribut exclusif de la Terre : génération et corruption.

Trois phénomènes allaient participer activement à la ruine de la thèse de l'hétérogénéité du Monde. L'apparition de la grande Nova de 1604, à laquelle Galilée devait consacrer plusieurs cours devant un vaste public (plus de mille personnes, dit-on), la découverte des inégalités de la surface lunaire et celle des taches solaires (1611-1612), avec les vastes débats qui les accompagnèrent (voir Drake, 1995, p. 105).

Pour la Nova, l'absence de parallaxe (c'est-à-dire que le changement de position de l'observateur ne provoquait aucun changement perceptible dans celle de l'objet observé) indiquait qu'elle se trouvait dans le monde stellaire, au-delà de l'orbe de Saturne, comme on disait. Le moyen de défense implicite de la tradition consistait à retourner le message à son expéditeur : l'absence de parallaxe tenait sa raison dans le fait qu'on ne peut pas appliquer aux objets célestes des techniques

élaborées pour le monde sublunaire. Le principe selon lequel la mesure, plutôt qu'une qualité définie *a priori*, gouvernerait les essences, n'était pas acceptable pour un aristotélicien. Les techniques de mesure appliquées aux objets du ciel, constitués à partir d'un élément différent de ceux du monde sublunaire, n'auraient pas été pertinentes.

Pour ce qui regarde les taches solaires, le jésuite Christophe Scheiner, tirant argument de la perfection des corps célestes, s'était opposé à l'idée qu'elles auraient résidé à la surface du Soleil. À quoi Galilée répond joliment : « Les noms et les attributs doivent s'adapter à l'essence des choses, et non pas l'essence aux noms. Il y a d'abord les choses, ensuite les noms » (Festa, 1995, p. 181). C'est une réponse emblématique pour sa critique de la théorie des essences. Dans un cours de cosmographie qu'il fit à Padoue en 1602 (Drake, 1995, p. 52), Galilée déclare « laisser aux philosophes de la nature le soin de considérer les qualités des dites parties du monde. » Dans le même ordre d'idées, je donne encore quelques citations :

- dans une note marginale concernant le père Campanella, Galilée écrit : « J'estime davantage trouver une vérité, fusse-t-elle légère, que de disputer longuement des questions les plus grandes sans aboutir à aucune vérité » (*Opere* IV, p. 738, cité dans Poupard, 1983, p. 123) ;
- une lettre de Galilée à Fortunio Licetti de janvier 1641 (Galilée, 1997, p. 428-429) :

« Le problème du centre de l'univers et la question de savoir si la Terre y est située sont des moins considérables en astronomie [...]. Aussi bien, vouloir assigner un centre à cet espace dont on ne sait et dont on ne peut savoir quelle est sa forme ni même s'il a forme et figure, c'est là, à mon sentiment, une entreprise oiseuse et vaine. [...] Pour entendre l'astronomie et se rendre maître de cette science, il faut donc étudier autre chose qu'Aristote, dont les écrits ne laissent pas voir qu'il ait eu, en pareille matière, plus de connaissances que n'importe quel homme du commun. »

Remarquons ici qu'Aristote est mort avant la publication des *Éléments* d'Euclide et que, pas davantage, il n'a pu connaître la méthode archimédienne, qui allait changer le cours de la pensée scientifique (même si son influence profonde ne devait se faire ressentir que bien plus tard). On l'oublie souvent dans l'évaluation de sa théorie physique.

Le traitement le plus systématique de la question du recours aux essences dans la construction de la science chez Galilée se trouve au début de la « Troisième lettre sur les taches solaires » (pour une traduction de la lettre, voir Clavelin, 2004, p. 274-341). J'en propose deux citations.

« Car nous voulons, par nos spéculations, tenter de pénétrer l'essence vraie et intrinsèque des substances naturelles, ou nous nous contentons de connaître certaines de leurs propriétés. Tenter d'atteindre les essences est à mes yeux une entreprise non moins impossible, et un labeur non moins vain, dans les substances élémentaires les plus proches et dans les plus lointaines, comme les substances célestes. Il me semble ignorer tout autant l'essence de la terre que celle de la lune, celle des nuages élémentaires que celle des taches du soleil ; et je ne vois pas que pour la compréhension de ces substances proches nous ayons d'autre avantage que la foule des détails, d'ailleurs tous également inconnus, entre lesquels nous errons, passant de l'un à l'autre avec un faible profit, voire aucun » (Clavelin, 2004, p. 275).

« De la même façon, je ne comprends pas mieux la véritable essence de la terre ou du feu que celle de la lune ou du soleil [...]. En revanche, si nous acceptons de nous limiter à l'étude de quelques propriétés, on ne doit pas désespérer de la mener à bien, me semble-t-il, pour les corps les plus éloignés, tout autant que pour les plus proches, et peut-être même avec plus d'exactitude pour ceux-là que pour ceux-ci. Ne connaît-on pas mieux les périodes des mouvements des planètes que celles des eaux marines ? Qui ne sait que la forme sphérique du corps lunaire a été comprise bien plus tôt et bien plus vite que celle de la terre ? [...]. Je conclurai donc que si rechercher la substance des taches solaires est une tentative vaine, il ne s'ensuit nullement que certaines de leurs propriétés [...] ne puissent être étudiées par nous, et nous mettre en mesure de mieux philosopher sur d'autres aspects plus controversés des substances naturelles » (Clavelin, 2004, p. 276).

Dans les *Istoria e dimostrazioni alle macchie solari* de 1612 (*Opere V*, p. 96 ; cité dans Shea, 1997, p. 102-103), Galilée avait déjà présenté des réflexions voisines de celles qui précèdent quoique à un stade plus embryonnaire.

Si la recherche des essences est, selon Galilée, vaine, il en va de même pour celle des causes : « L'occasion ne me semble pas favorable pour rechercher la cause de l'accélération du mouvement naturel, problème sur lequel différents philosophes ont formulé différentes opinions [...] il nous faudrait examiner toutes ces imaginations, avec bien d'autres, et sans grand profit » (Galilée, 1970, p. 135) (je souligne).

Lodovico delle Colombe, philosophe amateur qui avait écrit contre le mouvement de la Terre, donne le ton de l'opposition des péripatéticiens, vers 1610 :

« Il me semble que Galilée a eu tort de se faire antipéripatéticien. En cette affaire, je souhaiterais me faire antigaliléen, par gratitude pour Aristote, le prince de tant d'académies, la tête de tant d'écoles, l'objet de tant de poèmes, le labeur de tant d'historiens. Il a plus lu de livres qu'il n'a vécu de jours, il a écrit plus d'ouvrages qu'il n'a connu d'années [...] on dit que *natura locuta est ex ore illius* [la nature a parlé par sa bouche] » (Shea, 1992, p. 59).

Galilée était bien conscient de la force de cette opposition des aristotéliens. Ainsi écrivait-il à Paolo Sarpi le 12 février 1611 (Clavelin, 2004, p. 139) : « [...] si bien qu'actuellement je n'ai plus d'autres adversaires que les Péripatéticiens, plus partisans d'Aristote que lui-même ne le serait, et par-dessus tous ceux de Padoue sur lesquels je n'espère vraiment aucune victoire. »

Galilée et les principes a priori

La philosophie de la physique que l'on voit chez Aristote se fonde implicitement sur une connivence qui existerait entre le monde et nous, une relation en quelque sorte transcendante entre deux réalités (exemple : les formes nobles ; les essences qui sont de nous, dirigeant les mouvements qui sont le fait de la Nature). Il s'agit-là d'une connivence qui n'a pas de fondement, une simple croyance *a priori*. Ici encore Galilée part d'un principe qui est à l'opposé, et que je qualifierai métaphoriquement de « laïc » : la nature n'a pas à se plier aux inventions *a priori* des hommes. Les passages ne manquent pas où l'on voit chez lui cette règle de méthode. En voici quelques-uns.

- « [...] la nature n'a aucune obligation envers les hommes, n'a passé aucun accord avec eux » (Lettre au père Grienberger du 1^{er} septembre 1611 (*Opere*, XI, p. 192 ; cité dans Clavelin, 1996, p. 400) ;
- « nulle est la force de l'autorité humaine sur les effets de la nature, sourde et inexorable à nos vains désirs » (*Saggiatore*, p. 337) ;
- « [...] et en vérité il m'apparaît ridicule de croire que les choses de la nature commencent à exister quand nous commençons à les découvrir et à les comprendre. Si l'entendement des hommes devait être cause de l'existence des choses, il faudrait alors ou que les mêmes choses à la fois soient et ne soient pas [...] » (Lettre à Pietro Dini du 21 mai 1611 ; *Opere*, XI, p. 108 ; cité dans Clavelin, 2004, p. 155) ;
- comme si la nature avait d'abord « construit les cerveaux des hommes, puis ordonné les choses en conséquence. [...] Quant à moi, ajoute Galilée, je crois plutôt que la nature a d'abord produit les choses à son gré, puis fabriqué la raison humaine en la rendant capable de découvrir (quoique non sans peine) une partie de ses secrets » (Clavelin, 1996, p. 400).

Le contre-pied, en quelque sorte, de la « méthode des essences » réside dans le recours à l'expérience, qui est omniprésent chez Galilée.

Le rôle de l'expérience chez Galilée

Pour donner une idée du Galilée expérimentateur, j'examine quelques situations qui me paraissent significatives. Il s'agit d'expériences pures, dans lesquelles les mathématiques n'interviennent pas. Les deux premières sont empruntées au *Discours sur les corps flottants* de 1612 (*Opere* IV ; cité dans Shea, 1997, p. 47-48 et p. 71-72).

Il était généralement admis que la forme avait une incidence sur la flottaison des corps. Pour trancher la question, Galilée réalise des vaisseaux en cire, les charge avec de la grenaille, varie leur forme de différentes manières et montre ainsi – sans recourir à l'autorité d'un ancien – que la forme n'a pas d'incidence.

Selon Aristote, la flottaison d'un vaisseau dépendrait des dimensions du plan d'eau, autrement dit, un bâtiment flotterait mieux en haute mer que dans le port. Galilée charge un vase et le plonge dans l'eau jusqu'à la limite de la flottaison. Puis reproduit l'expérience avec des récipients de dimensions différentes. L'expérience tranche sans équivoque.

Après avoir présenté la démonstration que donne Galilée de la loi de la chute des corps, Maurice Clavelin écrit (Clavelin, 1996, p. 423) : « Peut-on souhaiter vérification mieux conçue et conduite plus minutieusement ? N'est-il pas tentant devant un texte aussi lucide, de faire de Galilée le père de la méthode expérimentale moderne [...] ? »

Je cite pour le plaisir une autre expérience de Galilée, aussi simple qu'astucieuse (Galilée, 1995, p. 59) :

« J'ai réussi par un autre artifice à tromper quelques amis auprès desquels je m'étais vanté de maintenir cette boule de cire en rigoureux équilibre dans l'eau ; versant dans le fond d'un vase de l'eau salée, puis sur celle-ci de l'eau douce, je leur montrai comment la boule s'arrêtait au milieu de l'eau et comment, poussée vers le fond ou attirée vers le haut, elle ne restait en aucun de ces emplacements, mais retournait vers le milieu » (voir aussi Drake, 1995, p. 84).

Galilée recourt aussi à des expériences de pensée. Voici un exemple admirable emprunté aux *Discours* (Galilée, 1995, p. 54). Il s'agit d'établir « qu'un mobile plus pesant ne se meut pas plus rapidement qu'un mobile moins pesant » :

« Si donc nous avons deux mobiles possédant des vitesses naturelles inégales, il est clair qu'en attachant le plus lent au plus rapide la vitesse de celui-ci serait partiellement ralentie par le plus lent, et celle du plus lent partiellement accrue par le plus rapide. [...] Mais s'il en est ainsi, et s'il est

vrai encore qu'une grande pierre se meut, par exemple avec huit degrés de vitesse et une plus petite avec quatre degrés, il s'ensuivra, si on les attache, que l'ensemble se mouvra avec une vitesse inférieure à huit degrés ; or les deux pierres, réunies, forment une pierre plus grande que celle qui se mouvait avec huit degrés de vitesse, et la plus grande se meut par conséquent moins vite que la plus petite, ce qui va contre votre supposition. Vous voyez donc comment, si vous supposez qu'un mobile plus grave se meut plus vite qu'un mobile moins grave, j'en conclus, de mon côté, qu'un mobile plus grave se meut moins vite. »

C'est là un argument dont Galilée s'était déjà servi dans le *De Motu*.

À la réflexion, compte tenu des moyens techniques à disposition à l'époque, on peut se demander si la vérification expérimentale était vraiment probante. Ou si Galilée, à son tour, ne tablait pas au fond sur une correspondance entre l'esprit et le monde ? Le recours fréquent chez lui à ce que l'on appellera « principe de simplicité » donne aussi à penser que la Nature et la Raison entretiennent certaines relations particulières.

Aristote, Galilée et les mathématiques

Lorsqu'on parle de la conception que Galilée se fait des mathématiques, on pense naturellement à sa fameuse déclaration du *Saggiatore* de 1623 :

« La philosophie est écrite dans ce très grand livre qui se trouve continuellement ouvert devant nos yeux (je veux parler de l'univers), mais il ne peut se comprendre si auparavant on n'a pas appris à comprendre la langue et à discerner les caractères dans lesquels il est écrit. Il est écrit en langue mathématique et les caractères en sont des triangles, des cercles et autres figures géométriques, sans le moyen desquels il est impossible d'en comprendre humainement aucune parole ; sans eux on erre vainement dans un labyrinthe obscur » (Shea, 1992, p. 125).

Galilée revient encore sur cette image à la veille de sa mort dans une lettre à Fortunio Licetti de janvier 1641 (Galilée, 1995, p. 430) : « Pour moi, à vrai dire, j'estime que le livre de la philosophie est celui qui est perpétuellement ouvert devant nos yeux ; mais comme il est écrit en des caractères différents de ceux de notre alphabet, il ne peut être lu de tout le monde ; les caractères de ce livre ne sont autres que triangles, carrés, cercles, sphères, cônes et autres figures mathématiques, parfaitement appropriées à telle lecture. » Dans *Istoria e dimostrazioni alle macchie solari* de 1612 (*Opere* V, p. 96 ; cité dans Shea,

1997, p. 101), il est encore question de ce livre de la nature que l'on doit privilégier, au lieu de « fixer des yeux nuit et jour un monde imprimé sur du papier, sans jamais les lever vers le monde réel et véritable, qui a été fait par la main de Dieu lui-même et se tient toujours ouvert devant nos yeux pour notre instruction. » Signalons que la métaphore du livre de la nature est courante à l'époque (voir par exemple Shea, 1992, p. 275).

J'examine ailleurs l'interprétation que l'on donne souvent de cet énoncé célèbre et ce qu'il faut, selon moi, en penser. Pour l'heure, je me propose de montrer par des exemples comment Galilée envisage l'utilisation des mathématiques en physique, que ce soit dans ses études de mécanique, d'astronomie ou d'hydrostatique. Là encore, il s'agit d'une opposition frontale à Aristote et à ses défenseurs.

Dans le *De Motu* rédigé vers 1590, Galilée note : « Aristote ignorait non seulement les découvertes les plus profondes et les plus abstruses de la géométrie, mais même les plus élémentaires principes de cette science. » Ceux qui tentent de le défendre, ajoute-t-il, sont « encore plus ineptes en géométrie » (*Opere* I, p. 302-303, cité dans Shea, p. 27). Le véritable maître vers lequel il faut se tourner est pour lui, dit-il, « le divin, le surhumain Archimède, dont je ne prononce jamais le nom sans un sentiment de respect » (*Opere* I, p. 300, cité dans Shea, p. 27). L'épistémologie et la méthodologie de Galilée sont caractérisées par le passage d'une obédience platon-aristotélicienne à une orientation de type euclido-archimédienne. Je reviendrai sur le mythe d'un Galilée platonicien.

Voici des citations qui nous renseignent sur la position galiléenne relativement aux mathématiques, avec un éclairage sur le point de vue des aristotéliciens en la matière.

– « La méthode que nous suivrons dans ce traité consistera à toujours enchaîner les propositions à celles qui les précèdent [...] Cette méthode, je l'ai apprise des mathématiciens qui ont été mes maîtres » (*Opere* I, 285 ; cité dans Geymonat, 1992, p. 24).

– Simplicio, dans les *Dialogues* : « Pourtant, je dirais bien avec Aristote qu'il [Platon] s'est plongé trop profondément dans la géométrie et s'est laissé fasciner par elle. Après tout, signor Salviati, les substances mathématiques sont peut-être très vraies dans l'abstrait, mais appliquées à la matière sensible et physique, elles ne correspondent pas » (Shea, 1992, p. 189).

– Celui qui signait « l'académicien inconnu » (probablement Arturo Pannochieschi, professeur à Pise) écrivait :

« Les propositions et preuves des mathématiques ne parviennent pas à démontrer la force et les causes véritables des opérations de la nature. [...] Avant d'en venir aux démonstrations de Galilée, il semble nécessaire de prouver combien sont loin de la vérité ceux qui veulent

prouver des faits naturels au moyen de raisonnements mathématiques, et Galilée, si je ne me trompe, est de ceux-là. [...] Par conséquent, quiconque pense pouvoir prouver des propriétés naturelles avec des arguments mathématiques est insensé, car il s'agit de deux sciences très différentes. Les sciences naturelles étudient les corps naturels qui ont le mouvement comme état naturel et propre, alors que les mathématiques font abstraction de tout mouvement » (Shea, 1992, p. 61).

Galilée n'ignore rien de cette opposition à l'emploi des mathématiques dans la physique. Ainsi écrit-il dans le *Discours sur les corps flottants* (1612) :

« Je m'attends à une terrible attaque de l'un de mes adversaires, et je l'entends presque déjà crier à mes oreilles que c'est une chose de traiter des questions physiquement et une autre d'en traiter mathématiquement, et que les géomètres devraient s'en tenir à leurs fantaisies, et ne pas se mêler de questions philosophiques, où les conclusions sont différentes des questions mathématiques. Comme si la vérité pouvait n'être pas une, comme si de nos jours la géométrie était un obstacle à l'acquisition de la vraie philosophie, comme s'il était impossible d'être géomètre autant que philosophe, et qu'on dût inférer, comme une conséquence nécessaire que si quelqu'un connaît la géométrie il ne peut connaître la physique, et ne peut raisonner physiquement des questions physiques » (Shea, 1992, p. 61).

De même à la fin de la Première journée des *Dialogues* :

« [...] je dis que l'intellect humain en comprend [compréhension d'une proposition] parfaitement certaines et en a une certitude aussi absolue que la nature elle-même peut en avoir ; c'est le cas des sciences mathématiques pures, c'est-à-dire de la géométrie et de l'arithmétique : en ces sciences l'intellect divin peut bien connaître infiniment plus de propositions que l'intellect humain, puisqu'il les connaît toutes, mais à mon sens la connaissance qu'a l'intellect humain du petit nombre de celles qu'il comprend parvient à égaler en certitude objective la connaissance divine, puisqu'elle arrive à en comprendre la nécessité et qu'au-dessus de cela il n'y a rien de plus assuré » (Galilée, 1992, p. 211).

Ainsi les mathématiques constituent-elles entre les mains de Galilée un outil essentiel. Pour Aristote, les propriétés qualitatives révèlent l'essence des choses. Galilée soutient au contraire que le quantitatif

donne la véritable clé. Comme Shea, parmi d'autres, l'a bien montré (Shea, 1997, p. 33) : « Ce qui était nouveau dans la voie d'approche de Galilée, par contraste avec celle de ses adversaires aristotéliens, n'était pas tant son attitude face à l'expérimentation que sa foi dans la portée des mathématiques. » Ou encore (p. 45) : « C'est l'analyse mathématique qui attire l'attention sur les phénomènes extraordinaires, plutôt que les phénomènes extraordinaires qui viendraient appeler une interprétation mathématique. » Il s'agit là, selon moi, de généralisations un peu hâtives, l'expérience fonctionnant aussi chez Galilée comme source d'informations sur lesquelles la pensée mathématique pourra éventuellement exercer sa compétence.

Au terme d'une démonstration purement géométrique, montrant qu'avec la même surface rectangulaire on construit le récipient cylindrique de plus grand volume si on prend le plus grand côté pour constituer la base et le plus petit pour la hauteur, Galilée a ce commentaire : « Ce résultat nous donne l'explication d'un phénomène qui ne laisse pas d'étonner le vulgaire. » Et quelques lignes plus bas d'ajouter : « Ainsi, avec notre goût pour la géométrie, acquérons-nous sans cesse de nouvelles connaissances aussi curieuses qu'utiles » (Galilée, 1995, p. 49).

Galilée, dans son utilisation des mathématiques, recourt souvent à des sortes de passages à la limite. Les mobiles sont assimilables à des points matériels, le contact d'une sphère et d'un plan a lieu en un point unique, le mouvement est continu, etc. On y voit la migration de l'objet perçu vers une sorte de modèle mathématique, dans lequel la réalité se trouve simplifiée : la chute des corps, le mouvement des projectiles sont modélisés par des entités mathématiques, ces mouvements se déroulent dans le vide.

Épistémologie de Galilée. Les origines d'une mutation

Du point de vue de l'épistémologie, l'œuvre de Galilée marque un tournant important dans l'histoire de la pensée. Pas plus Kepler – son quasi contemporain – que Descartes, pourtant d'une génération plus jeune, ne sont parvenus, serait-ce de loin, à une telle conception de la science : c'est là un bon indice de la difficulté de la tâche et du mérite du Pisan. Du côté plus philosophique, on évoquera de même le nom de Bacon, dont l'œuvre et la théorie de la science, toutes courageuses et ouvertes qu'elles soient, sont sans commune mesure avec l'apport de Galilée en matière d'épistémologie.

La Renaissance a introduit dans l'espace mental et dans certains cadres conceptuels des modifications profondes ; elles ont contribué à

changer la mentalité du savant en des points qui devaient s'avérer décisifs pour le développement de ce que l'on a coutume d'appeler la « science classique ». Voici trois événements majeurs qui ont marqué cette période de la Renaissance :

1. La parution du commentaire de Tartaglia à la traduction latine des *Éléments* d'Euclide (voir Drake, 1995, p. 3-4), mettant ainsi à la portée du milieu savant des techniques dont Galilée fera un usage permanent et efficace. Il y trouvera en particulier la théorie eudoxienne des proportions, qui lui permettra de traiter la continuité du mouvement. Cette mathématique, Galilée l'aborde avec la mentalité de l'ingénieur, qui est la sienne. Dans ses années vénitiennes, il enseigne chaque année un cours sur les *Eléments*. À la même époque (Drake, 1995, p. 38), il compose un traité de mesures des distances et des hauteurs par les méthodes de la triangulation ; il recourra à des méthodes voisines dans sa détermination de la hauteur des montagnes de la Lune en 1610.

2. Semblablement et toujours par Tartaglia, la publication dans les années 1540 d'œuvres d'Archimède, que Ricci – disciple de Tartaglia – enseignera à Galilée ; Archimède fut pour lui une source d'inspiration et un guide, aussi bien par les contenus que par la méthode (voir aussi Geymonat, 1992, p. 15-16).

3. Le changement de mentalité face à la machine et aux arts mécaniques. C'est vraisemblablement là une mutation qui engagera Galilée à s'intéresser à ces nouveaux champs d'investigation, qui étaient libres de préjugés par rapport aux interdits de la philosophie. Il travaille sur l'architecture militaire, sur les problèmes de fortifications, sur la balistique, sur les techniques hydrauliques, sur la résistance des matériaux. Dans la Venise des années 1590, on le voit visiter l'Arsenal de la ville, être interrogé sur toutes sortes de questions techniques (Drake 1995, p. 33 et suivantes). Un engagement dans la matière et dans le réel qui devait aussi développer chez lui la confiance dans les instruments (en particulier dans la lunette), techniques qui sont constitutives de sa méthodologie et de son épistémologie. L'apparition de la lunette ou d'instruments de mesures, dans un milieu où la tradition fondait ses convictions sur des propositions sanctionnées par l'usage et canonisées par la notoriété des auteurs, avait naturellement de quoi inquiéter et perturber les esprits.

Pour ce qui concerne les arts mécaniques, rappelons avec Paolo Rossi (Rossi, 1999, p. 34) que « la grande révolution scientifique du xvii^e siècle a pour origine cette interpénétration entre technique et science qui a marqué (en bien et en mal) toute la civilisation occidentale » et qui était absente dans les temps antérieurs. Rossi nous dit comment le terme grec *banausi* signifiait « arts mécaniques » ou « travail manuel » ; et comment Caliclès, dans le *Gorgias* de Platon, affirmait

qu'il fallait mépriser le constructeur de machine, qu'on doit appeler *banausos* pour l'offenser. Quant à Aristote, il avait exclu du rang des citoyens celui qui s'adonnait à la mécanique. Rossi donne (p. 59) une liste d'ouvrages parus entre 1530 et 1580 et qui, tous, mettent en évidence la dignité des procédés des artisans. Cette confiance dans la technique est fort utile à Galilée lorsque, en 1609-1610, il disposera d'une lunette et qu'il entreprendra de la tourner vers le ciel. L'avènement de l'instrument comme médiateur entre le monde et nous est une autre révolution conceptuelle et on mesure bien l'ampleur de l'événement à l'aune des résistances rencontrées par Galilée pour convaincre ses contemporains. La réaction du philosophe Cosimo Sasseti dans une lettre à Pietro Dini du 14 mai 1611 (*Opere* XI, p. 103 ; Clavelin 2004, p. 32 et p. 152) est représentative : « La lunette fait apparaître des choses qui n'existaient pas. » Ou encore dans sa lettre du 16 juin 1612 à Paolo Gualdo (Galilée, 1997, p. 382) : « J'ai retrouvé là de quoi me réjouir, surtout aux dépens de ceux qui, pour n'être pas forcés de croire, se refusent à voir [...]. »

Notre mentalité d'aujourd'hui a tendance à traiter ces résistances comme le fait d'esprits obtus et médiocres, mais elle a tort. Cet élargissement du domaine des sens, il fallait l'assumer.

Galilée et Kepler, épistémologies contrastées

La modernité (par le mot « modernité », j'entends tout ce qui fait encore partie de notre équipement mental, ce dont nous partageons l'esprit, sinon la lettre) de Galilée est bien mise en évidence par le jeu des contrastes avec ses plus grands contemporains, comme je le laissais entendre plus haut : Bacon (né en 1561), Kepler (né en 1571), Descartes (né en 1596). Une modernité qui réside en fait principalement dans son épistémologie, en laquelle nous nous reconnaissons et qui ne s'observe pas chez les trois autres savants. La comparaison entre Galilée et Kepler est la plus pertinente compte tenu de leurs intérêts scientifiques ; elle nous éclaire aussi sur ce que j'appellerai leur *mathématisation*, très présent chez eux, mais en des sens fort différents. Kepler en appelle à des âmes pour diriger les planètes et il faudra attendre sa deuxième loi pour qu'il abandonne cette idée ; une idée qu'il conservera pourtant en ce qui concerne la rotation du Soleil. On ne trouve rien de pareil chez Galilée, dont l'épistémologie est d'emblée « laïque », si l'on peut utiliser ce terme. Le passage de l'âme qui guide la planète à la force qui la meut marque un tournant conceptuel qui conditionne tout l'avenir de la mécanique et de la physique. Dans sa cosmographie, Kepler se fonde sur des relations métaphysiques entre, d'une part, ce que nous appellerions le « monde extérieur » et d'autre part le microcosme de la pensée, relations médiatisées par le nombre et la figure. Ce sont ses fameux agencements polyédriques, dont le nombre et les proportions

régissent le nombre et la marche des cieux. Il n'y a rien de semblable chez Galilée. Il insiste sur l'existence de différences profondes dans leur conception de la science. Dans une lettre à Fulgenzio Micanzio du 19 novembre 1634 il écrit : « [Il est possible] que puisque nous traitons les mêmes matières [...] nous nous soyons quelquefois rencontrés sur des concepts identiques, mais cela fort rarement. Nous avons donc assigné à certains phénomènes réels la même raison véritable, mais de telles rencontres entre mes pensées et les siennes ne se produiront pas une fois sur cent » (*Opere* XVI, p. 163 ; cité dans Geymonat, 1992, p. 234).

Il y a certes le fameux passage du grand livre de l'Univers qui serait écrit en langage mathématique, mais à qui on a donné des interprétations que je crois erronées, en y voyant notamment une forme de platonisme (voir plus bas). Une étude fouillée sur l'éventuel platonisme de Galilée se trouve dans Clavelin (1996, p. 428 ff). Contentons-nous de ces trois remarques :

- pour accréditer l'une de ses thèses méthodologiques centrales, à savoir la pertinence des mathématiques dans la physique, il fallait à Galilée des appuis ; celui de Platon était tout trouvé et c'est à lui qu'il aurait naturellement choisi de faire référence (voir par exemple Clavelin, 1996, p. 428-429) ;
- sa forte opposition à Aristote pouvait être dangereuse, compte tenu du climat ambiant et de sa place dans l'Église ; aussi n'était-il pas inutile de se placer sous la bannière d'un grand philosophe que ni l'Église ni le milieu ne rejetaient ;
- Galilée était un esprit assez ouvert pour prendre ce qui lui paraissait bon, sans pour autant être adepte d'une philosophie particulière.

Du point de vue qui nous intéresse ici, le mathématisme peut s'entendre en deux sens, et qui sont fort différents. Il y a d'abord celui de Kepler, qui est un mathématisme que je qualifierais « d'essentialiste » en ce qu'il considère les entités mathématiques, nombre et figure, comme chargées ontologiquement, comme chargées d'essences qui seraient en quelque sorte des archétypes du monde (on a parlé de « thèse émanationniste »). Ainsi, les orbes des planètes sont-ils gouvernés par les solides réguliers, qui appartiennent, pourrait-on dire, au Monde des Idées. On est dans la droite ligne de la filière pythagoro-platonicienne, ce que reconnaît d'ailleurs explicitement Kepler à l'orée de son *Mysterium Cosmographicum* de 1597. Tout autre est le mathématisme qu'on lit dans le fameux passage du *Saggiatore* de 1623. Il s'agit d'un mathématisme purement instrumentaliste à l'œuvre tout au long de l'activité scientifique de Galilée. Ses mathématiques ne sont guère plus qu'un outil. Il ne se prononce nulle part sur l'existence d'une éventuelle relation ontologique entre deux mondes et qui rendrait compte de l'étonnante possibilité offerte par les mathématiques. Il me semble exagéré de reconnaître dans sa conception des mathématiques l'adhésion à un platonisme ou à un néo-platonisme à la Kepler ; le plus souvent, elle paraît de même

nature que celle d'Archimède, celle des ingénieurs qui voient dans les mathématiques non pas tant une réalité supérieure à l'expérience qu'une aide précieuse pour opérer sur l'expérience. La mécanique galiléenne requerrait une approche des mathématiques qui ne soit pas fondée sur une échelle de dignité des entités mathématiques. Galilée n'a que faire des perfections numériques ou géométriques en ce sens.

On ne saurait quitter cette confrontation entre Kepler et Galilée sans noter que, paradoxalement, Galilée n'a pas adhéré aux thèses képlériennes du mouvement elliptique. Son attachement au mouvement circulaire, on pourrait l'attribuer à une conviction voisine de celle de Kepler relativement aux polyèdres réguliers et y voir aussi l'expression de cette connivence dont je parlais plus haut.

La conception émanationniste se rencontre encore de nos jours chez des savants de premier plan. Ainsi, on trouve dans la correspondance du grand physicien Wolfgang Pauli (1900-1958) avec le psychologue Carl Gustav Jung (1875-1961) des passages qui vont dans ce sens. Le psychologue suisse a développé la thèse de l'existence d'une forme de représentation donnée *a priori*, une sorte de forme symbolique inconsciente relevant de ce qu'il appelle « l'inconscient collectif ». Voici un extrait de la lettre que Pauli adresse à Jung le 31 mars 1953 (Pauli, 2000, p. 162) : « Je crois en effet, en y voyant non un dogme mais une hypothèse de travail, à l'unité fondamentale (homœousie) du mundus archetypus et du monde empirique [...]. Si cette hypothèse est juste – et la possibilité de produire des énoncés parallèles dans les domaines physique et psychologique va dans ce sens – il faut cependant parvenir à l'exprimer à l'aide de concepts [...]. Il existe déjà de tels concepts, à savoir les concepts mathématiques : le fait qu'il existe des idées mathématiques pouvant être appliquées également au monde physique ne me paraît possible qu'en raison de cette homœousie du mundus archetypus et du monde empirique. »

Place de Galilée dans l'histoire des conceptions épistémologiques

Dans sa remarquable *Histoire de la philosophie occidentale de Thalès à Kant*, Jean-François Revel nous offre (Revel, 1994, p. 480) un très fin commentaire sur la place de l'œuvre galiléenne dans l'histoire de la pensée. Après avoir observé que Galilée eût été surpris qu'on lui demandât quelle était la philosophie qui sous-tendait sa science puisque, dans le vocabulaire de l'époque, « science » se disait « philosophie », Revel écrit : « Ce qui s'est passé d'essentiel, c'est l'invention d'un type de pensée – la pensée expérimentale –, radicalement nouveau par rapport à tout ce que l'humanité avait pratiqué auparavant. Ce qui n'était jusqu'alors que velléités de minoritaires, rapidement balayées, devient le type de pensée

dominant, sinon toujours majoritaire. » Et l'auteur d'ajouter : « En somme, une partie de la philosophie "réussit" dans ce sens qu'elle atteint ses buts. Elle se détache des autres, démontre même parfois par sa seule existence l'inanité de certaines d'entre elles. » On pense ici à l'évolution des espèces animales : l'épistémologie galiléenne crée un isolat sur lequel les espèces vont évoluer différemment. La science et la philosophie suivant à partir de là chacune son propre chemin.

Maurice Clavelin rejoint Revel quand il écrit (Clavelin, 2004, p. 24), à propos des conséquences de découvertes de Galilée en astronomie : « D'abord elle [une situation sans précédent] faisait de l'astronome, seul à disposer des informations nécessaires, l'héritier légitime du philosophe, s'agissant du problème capital de la constitution du monde ; à lui de décider, guidé par ses principes et en étroit accord avec la connaissance objective, quel système permet le mieux d'appréhender cette constitution [...]. » Ici ce n'est plus l'épistémologie de Galilée dont il s'agit, mais bien de ses découvertes factuelles. Clavelin s'adresse à la personne, qu'il traite « d'héritier du philosophe » ; tandis que Revel fait allusion à l'événement : une partie de la philosophie se détache de la mère patrie et forme un domaine qui deviendra la science.

L'idée de la naissance de la « science classique » au xvii^e siècle (on parle aussi de « science moderne ») est un *topos*. Quand on observe le premier xvii^e, on y voit une claire rupture dans le système de pensée à la base de la science et dans les cadres conceptuels qui la gouvernent. Ce qui est nouveau et décisif ce ne sont pas tant les découvertes scientifiques *strictu senso* (si l'on excepte les lois de Kepler, mais dont le mode de la découverte appartient plutôt à une vision de la science qui nous paraît archaïque) qu'un changement profond dans l'état d'esprit du savant : une épistémologie et une méthodologie nouvelles prennent le relais. Galilée en est un protagoniste majeur, laissant loin derrière lui Francis Bacon ou René Descartes, à qui l'histoire octroiera une place assurément disproportionnée dans le développement de la pensée nouvelle. Au-delà de ses remarquables découvertes techniques, qui ouvriront la voie à Newton, on doit à Galilée des réflexions profondes et nouvelles, des fulgurances dans le sens où elles ne font pas partie d'un plan articulé. Avec lui s'est mis en marche un mode de penser qui permettra ses triomphes à la science classique. Comme le note encore Maurice Clavelin (Clavelin, 1996, p. 389) : « À travers l'œuvre galiléenne, c'est bien la conception que l'on avait depuis vingt siècles de la rationalité scientifique qui change brusquement de visage et prend pour l'essentiel les traits que nous lui connaissons dans la science classique. » Dans les écrits de Galilée, nous nous sentons chez nous ; et, dans un premier temps, on se demande quel intérêt on peut trouver à ses textes : ces choses-là, nous les avons bues avec le lait de notre mère. Mais il n'en va de même ni chez Kepler, ni chez Bacon, et pas davantage chez Descartes ; notre sentiment d'être devant des

banalités tient à ce que, précisément, ces pensées-là étaient étrangères à leur temps, qu'elles furent inventées – ou découvertes, c'est comme on voudra – contre lui, au prix de bien des difficultés, de bien des tourments.

La science classique, celle sur l'épistémologie de laquelle nous vivons encore, n'aurait pas pu se constituer sur le socle de la pensée aristotélicienne. Il convenait d'abord de nettoyer le terrain, d'éradiquer des modes de pensée si solidement implantés qu'ils s'étaient cristallisés en dogmes. Circonstance aggravante, cette vision du Monde était défendue par l'Église, qui se sentait menacée par les changements de paradigmes que l'on voyait surgir sous la plume de Galilée. Soit dit en passant, l'œuvre épistémologique de Galilée n'est pas seulement d'une grande lucidité, mais elle est aussi la manifestation d'un courage évident, même s'il relevait peut-être plutôt parfois d'un enthousiasme inconscient. Pensons qu'un Descartes a renoncé à publier son « Monde » quand il vit ce qu'il advint à Galilée ! Qu'il faille d'abord se débarrasser de la pensée du Stagyrite en la matière ne doit pas être pris pour un dénigrement de son œuvre. En effet, la théorie de la science formulée par Aristote et les anciens Grecs a permis l'ensemble des recherches astronomiques et mécaniques, sans lesquelles les révolutions scientifiques des xvi^e et xvii^e siècles n'auraient pas pu avoir lieu. Elle a en quelque sorte servi de la « théorie quelconque » dont parlait Auguste Comte et sans laquelle il n'y a pas selon lui de recherche possible.

Pour conclure et pour résumer, je redirai que l'œuvre de Galilée est la plus importante de la première moitié du xvii^e siècle, aussi bien par les découvertes scientifiques que par les percées épistémologiques qu'elle contient. Ce jugement, presque évident pour tout chercheur qui aura étudié en détail cette période, est rarement formulé. Alors que, au contraire, on a glorifié *ad nauseam* des penseurs comme Descartes ou Bacon, dont les contributions à la pensée scientifique ne tiennent assurément pas la comparaison avec celle du Pisan. Ce sont les affaires Galilée qui ont retenu l'attention, mettant dans l'ombre les parties véritablement importantes de son œuvre.

Notes

[1.](#) Le présent article a été rédigé à partir de la conférence que j'ai donnée à l'occasion de la journée « Galilée et les autres : Bruno, Kepler, Newton... » organisée le 29 janvier 2010 par l'Institut de mathématiques et l'Institut de mécanique des fluides de l'Université Paul Sabatier de Toulouse. Elle s'adressait donc à un public de physiciens et de mathématiciens. Je n'ai pas souhaité modifier la perspective dans laquelle je m'étais placé alors. Aussi est-ce sur la toile

de fond des connaissances qui sont de mise dans leur milieu qu'est écrit cet article.

Nos partenaires

Le projet *Savoirs* est soutenu par plusieurs institutions qui lui apportent des financements, des expertises techniques et des compétences professionnelles dans les domaines de l'édition, du développement informatique, de la bibliothéconomie et des sciences de la documentation. Ces partenaires contribuent à la réflexion stratégique sur l'évolution du projet et à sa construction. Merci à eux !



- CONCEPTION : [ÉQUIPE SAVOIRS](#), PÔLE NUMÉRIQUE RECHERCHE ET PLATEFORME GÉOMATIQUE (EHESS).

- DÉVELOPPEMENT : DAMIEN RISTERUCCI, [IMAGILE](#), [MY SCIENCE WORK](#). DESIGN : [WAHID MENDIL](#).

