

Soleil de Copernic et soleil de Galilée

MICHEL BLAY

Directeur de recherche émérite au CNRS

Laboratoire Syrte, Observatoire de Paris

michel.blay@ens.fr

RÉSUMÉ. – Dans cet article nous revenons sur la transformation du système du monde attribuée à Copernic et à Galilée. En quel sens le travail de Galilée prolonge-t-il celui de Copernic ? Nous montrerons que loin de n’être qu’un développement, l’approche galiléenne transforme radicalement la conception copernicienne du système du monde. À l’idée copernicienne d’une nature traversée par la présence divine et devenant comme le « Dieu visible », la conception galiléenne s’inscrit principalement dans une orientation profondément mécaniste transformant la nature en machine. Le soleil de Copernic ne peut donc pas être le soleil de Galilée.

ABSTRACT. – In this article we return to the transformation of the world system attributed to Copernicus and Galileo. In what sense did the work of Galileo extend that of Copernicus? Far from being a development, we will show that the Galilean approach radically changed the Copernican conception of the world system. To the Copernican idea of a nature traversed by the divine presence and becoming like the “visible God”, the Galilean conception was mainly in a deeply mechanistic orientation transforming nature into a machine. The sun of Copernicus could not be the sun of Galileo.

MOTS-CLÉS. – Astronomie (histoire de l’) — Incarnation — Ingénieur — Mécanisme — Système du monde

Plan de l’article

1. La terre divine et céleste de Nicolas Copernic
2. L’atelier des cieux de Galilée

L’histoire des sciences comme celle des idées ou de la philosophie accorde un rôle central dans l’avènement de l’époque moderne à l’œuvre du chanoine de Frombork, Nicolas Copernic (1473-1543), le *De revolutionibus orbium coe-*

lestium, publié à Nuremberg en 1543 à la veille de sa mort¹. En reprenant de Copernic le geste spéculatif qui porte la terre dans les cieux et en en saluant ainsi l'importance, Emmanuel Kant renverse lui aussi, à son exemple, le champ de la théorie de la connaissance. Il écrit dans la préface à la seconde édition, en 1787, de la *Critique de la raison pure* :

« Que l'on essaie donc enfin de voir si nous ne serons pas plus heureux dans les problèmes de la métaphysique en supposant que les objets doivent se régler sur notre connaissance, ce qui s'accorde déjà mieux avec la possibilité désirée d'une connaissance *a priori* de ces objets qui établisse quelque chose à leur égard avant qu'ils nous soient donnés. Il en est précisément ici comme de la première idée de Copernic ; voyant qu'il ne pouvait pas réussir à expliquer les mouvements du ciel, en admettant que toute l'armée des étoiles évoluait autour du spectateur, il chercha s'il n'aurait pas plus de succès en faisant tourner l'observateur lui-même autour de ces astres immobiles » (Kant, 1971, p. 19).

Quelques années auparavant, Fontenelle, le célèbre secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des sciences, n'est pas en reste pour célébrer, à l'occasion de ses échanges avec sa chère et belle Marquise, la vigueur intellectuelle de notre astronome dans ses *Entretiens sur la pluralité des mondes*, publiés à Paris en 1686 :

« Figurez-vous un Allemand nommé Copernic, qui fait main basse sur tous ces Cercles, et sur tous ces cieux solides qui avaient été imaginés par l'Antiquité. Il détruit les uns, il met les autres en pièces. Saisi d'une noble fureur d'Astronome, il prend la Terre et l'envoie bien loin du centre de l'Univers, où elle s'était placée, et dans ce centre, il y met le Soleil, à qui cet honneur était bien mieux dû. Les planètes ne tournent plus autour de la Terre, et ne l'enferment plus au milieu du Cercle qu'elles décrivent. Si elles nous éclairent, c'est en quelque sorte par hasard, et parce qu'elles nous rencontrent en leur chemin. Tout tourne présentement autour du Soleil, la Terre y tourne elle-même [...] » (Le Bovier de Fontenelle, 1686/1997, p. 28).

1. Fac-similé du manuscrit autographe de Copernic : 1973. 1^{re} édition (1543) : réimpression en fac-similé, 1966 ; 2^e édition (1566) : réimpression en fac-similé de l'exemplaire avec notes autographes de P. Wittich, 1971 ; 3^e édition, sous le titre *Astronomia instaurata libri sex comprehensa qui de Revolutionibus orbium coelestium inscribuntur*, par N. Mulerius, 1617 ; traduction française : 2016. La bibliographie copernicienne est considérable ; nous signalons cependant deux ouvrages assez récents qui, en outre, donnent de larges bibliographies : Seidengart (2006) et Lerner (1997).

Au XX^e siècle, Edmund Husserl, dans un appendice à *La Crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendantale*, attire l'attention sur l'engendrement copernico-galiléen de la nouvelle science :

« S'il s'agit de dire que l'homme préscientifique est soumis à l'apparence sensible, que la science et sa méthode rationnelle surmontent celle-ci, et que l'on apprend dans la mathématique, sur l'évidence apodictique de ses résultats, ce que c'est qu'une prestation d'entendement — alors on en reste à la vieille opposition dans l'évaluation de la doxa et de l'épistémè, à ceci près qu'elle a pris dans les temps modernes depuis Copernic et Kepler une nouvelle forme, portée à maturité par Galilée » (Husserl, 1976, p. 455).

Pour conclure ce bref florilège, rappelons qu'Alexandre Koyré, dans l'introduction à sa traduction des onze premiers livres du chapitre I du *De revolutionibus*, salue avec enthousiasme la « hardiesse » du texte copernicien :

« Il nous est difficile de nous représenter aujourd'hui, de 'réaliser' pleinement l'effort et la hardiesse de cet étonnant esprit. Il nous faudrait pouvoir oublier tout ce que nous avons appris à l'école ; il nous faudrait pouvoir revenir à l'assurance naïve avec laquelle le sens commun accepte l'évidence immédiate de la perception de l'immobilité de la Terre » (Koyré dans Copernic, 1543/1970).

La lecture de ces quelques textes fait de la publication en 1543 du *De revolutionibus* un moment capital qui jette, à proprement parler, les bases d'une nouvelle conception du monde. Cette conception, enrichie ensuite, aux dires de nos auteurs, par les travaux et les observations célestes de Galilée, mais aussi de Kepler, constitue le terreau à partir duquel la science moderne va s'établir et connaître son développement².

Je ne crois pas qu'il en soit exactement ainsi car le monde de Copernic ne ressemble que fort peu à celui que va dessiner Galilée, en particulier après qu'il eut effectué les célèbres observations décrites dans son *Sidereus nuncius*, publié à Venise en 1610.

L'idée copernicienne de la nature reste traversée par la présence divine et nourrie de néoplatonisme et imprégnée par la conception chrétienne de l'union des natures dans le Christ. Une union où se dessine un mouvement du

2. La bibliographie concernant cette question est considérable ainsi que nous le faisons remarquer dans la note 1 sans que les analyses développées s'éloignent de la thèse indiquée dans les lignes précédentes, contrairement à ce que je me propose maintenant de présenter.

ciel vers la terre, où le céleste se joint au terrestre, s'y incarne, dans une nouvelle unité à la fois terrestre et spirituelle (Blay, 2013, pp. 30-44; Blay, 2017). L'idée galiléenne de la nature, en revanche, s'inscrit principalement dans une orientation que l'on pourrait rapprocher d'un « ethos de l'ingénieur »³ dans le sens qu'il convient de donner à ce terme dans l'Italie de la fin du XVI^e siècle. Hélène Vérin note dans *La Gloire des ingénieurs* :

« Dès le milieu du XVI^e siècle, les ingénieurs italiens l'expriment clairement : leur travail consiste à prévoir et à augmenter les effets recherchés, à l'aide d'artifices qui permettent de surmonter au mieux la diversité et la contrariété inhérentes aux choses matérielles. À la fin du siècle, avec Jean Errard, Galilée, Simon Stevin, la 'réduction en art' du travail de l'ingénieur est entendue comme une maîtrise calculée des avantages, comme l'art d'opérer des choix à l'aide d'une évaluation qui se fonde sur la pondération d'utilités contraires. Élaborer les conditions à la fois pratiques et conceptuelles de ces évaluations, tel paraît être le fil conducteur de tous ces travaux » (Vérin, 1993, p. 76)⁴.

Les idées de nature de Copernic et de Galilée, sous-jacentes à leurs constructions, semblent bien différentes et le soleil impliqué par ces idées de nature sera aussi bien différent.

1. La terre divine et céleste de Nicolas Copernic

L'idée copernicienne de la nature apparaît, comme nous l'annoncions précédemment, traversée par la présence divine. La révélation de cette présence justifie, au premier chef, pour Copernic, le travail astronomique. Elle constitue l'âme du *De revolutionibus*.

Copernic écrit dès les premières lignes du manuscrit de son Livre premier (ce passage est absent du texte publié en 1543) :

« Qu'y a-t-il en effet de plus beau que le ciel qui contient assurément tout ce qui est beau ? C'est ce que proclament les noms mêmes *caelum* et *mundus*, celui-ci indiquant la pureté et l'ornement, celui-là la perfection de la forme. C'est par la suite de sa splendeur si haute

3. Nous reprenons l'expression d'« ethos de l'ingénieur » à Fernand Halryn dans son introduction à sa traduction du *Sidereus nuncius* (Galilei, 1992a, p. 40).

4. Voir également Hilaire-Perez, 2000.

que la plupart des philosophes l'ont appelé : Dieu visible » (Copernic, 1543/1970, p. 51)⁵.

D'entrée de jeu dans le *De revolutionibus*, l'ordre copernicien inspiré par l'évidence de la beauté céleste repose sur une approche esthétique ou plus exactement sur celle d'une esthétique géométrique centrée sur la sphéricité, la circularité et l'uniformité. Une sphéricité et une circularité qui constituent par excellence la forme appartenant aux corps divins puisqu'il s'agit en effet de traiter « des révolutions du monde divin et du cours des astres, des dimensions, distances, lever et coucher et des causes des autres phénomènes et qui, enfin, en expliquent la forme entière » (Copernic, 1543/1970, pp. 50-51)⁶; une forme telle « que la plupart des philosophes l'ont appelé : Dieu visible » (Copernic, 1543/1970, p. 51).

En conséquence, dès le chapitre I du Livre premier, Copernic affirme que « le monde est sphérique » :

« Tout d'abord il faut remarquer que le monde est sphérique, soit parce que cette forme est la plus parfaite de toutes, totalité n'ayant besoin d'aucune jointure; soit parce qu'elle est la forme ayant la capacité la plus grande, qui convient le mieux à tout contenir et tout embrasser; soit aussi parce que toutes les parties séparées du monde, je veux dire le soleil, la lune et les étoiles, sont vues sous cette forme; soit parce que toutes choses tendent à se limiter ainsi comme il apparaît dans les gouttes d'eau et d'autres corps liquides, lorsqu'ils tendent à se limiter par eux-mêmes. C'est pourquoi personne ne mettra en doute que cette forme n'appartienne aux corps divins » (Copernic, 1543/1970, pp. 56-57)⁷.

5. Nous utilisons ici comme par la suite la traduction d'Alexandre Koyré.

6. Il convient de rappeler que dans l'astronomie traditionnelle, les corps célestes étant parfaits, ce sont nécessairement des sphères dont les mouvements sont absolument circulaires et uniformes. On peut aussi considérer les « planètes » comme des « corps » portés par les sphères qui les enveloppent.

7. Kepler, quelques années plus tard, note dans son *Mysterium cosmographicum* de 1596 : « Que le monde entier, donc, soit enfermé dans une figure sphérique, c'est ce dont Aristote a assez longuement disputé, tirant ses arguments, entre autres choses, de la noblesse de la surface de la sphère; et c'est pour les mêmes raisons que, chez Copernic aussi, la toute dernière sphère, celle des fixes, bien qu'elle soit privée de mouvement, conserve la même figure et reçoit en son sein le soleil comme en son centre. Que les orbes restants soient, eux aussi, ronds, c'est ce que prouve le mouvement circulaire des astres. Que donc le Courbe ait été utilisé pour la mise en ordre du monde, cela ne requiert pas davantage de preuve » (Kepler, 1596/1984, p. 65). Sur ce texte de Kepler, on peut lire le très intéressant article de Jean Seidengart (2013).

Cette forme divine associée à la sphéricité, Copernic l'attribue à la terre dès les premières lignes du chapitre II :

« Que la terre est sphérique

La terre également est sphérique, car de tous les côtés elle s'appuie sur son centre » (Copernic, 1543/1970, p. 58).

Dans les lignes suivantes, — et c'est là que tout se joue —, Copernic s'attache à souligner de façon appuyée et détaillée la « parfaite » et achevée sphéricité de la terre alors que celle-ci, la « parfaite » sphéricité, ne fait pas l'objet d'une observation ni d'une expérience immédiate. Globalement ronde sans doute, mais d'une « parfaite » sphéricité, c'est tout autre chose :

« Toutefois la sphéricité parfaite n'est pas vue immédiatement, par suite de la plus grande hauteur des montagnes et de la dépression des vallées, qui cependant modifient à peine la rotondité totale de la terre. » [« *Tametsi absolutus orbis non statim videatur [...]* »] (Copernic, 1543/1970, p. 58).

Suivent alors un ensemble de remarques et de constatations diverses, occupant la fin du chapitre II et le chapitre III, dont le seul objet est d'établir la parfaite sphéricité de la terre. Le chapitre se conclut en ces termes :

« Par conséquent, la terre n'est pas plate, ainsi que le pensaient Empédocle et Anaximène; ni un tambour comme le pensait Leucippe; ni scaphoïde comme le croyait Héraclite; ni évidée d'une autre manière comme l'estimait Démocrite; ni un cylindroïde comme le voulait Anaximandre; elle n'est pas non plus infinie dans sa partie inférieure, s'élargissant vers le bas, comme l'estimait Xénophane, mais d'une sphéricité parfaite ainsi que le pensaient les philosophes. » [« [...] *sed rotundita absoluta, ut philosophi sentiunt* »] (Copernic, 1543/1970, pp. 65-66).

La Terre n'est donc plus la terre approximativement ronde, cette terre dont Ptolémée disait simplement dans son *Almageste* qu'elle avait, au regard de la perception sensible (*aisthesis*), la figure d'un sphéroïde (Ptolémée, 1515; Ptolémée, 1898-1903)⁸. Non, la terre est maintenant une terre à la sphéricité par-

8. Dans la traduction française par l'abbé Halma, on lit : « [...] la Terre, par sa figure, prise dans la totalité de ses parties, est sensiblement un sphéroïde » (Ptolémée, 1813-1816, p. 6) et « [l]a Terre est sensiblement de forme sphérique dans l'ensemble de toutes ses parties » (Ptolémée, 1813-1816, p. 11). De même, dans des extraits traduits par Alain Segonds, on lit : « [...] que la Terre aussi, prise comme un tout, a sensiblement la forme d'une sphère » (Astronomie, 1993, p. 126) et « [q]ue la Terre aussi, quand elle est consi-

faite, quoique cette perfection, comme le souligne précisément Copernic, ne soit pas vue immédiatement. C'est donc bien à une perfection d'un autre ordre — un ordre indépendant du recours au sensible —, à une perfection d'un ordre divin à laquelle Copernic, s'opposant à Ptolémée, fait ici référence à propos de la sphéricité de la terre. Ainsi, la perfection divine des cieux s'est incarnée en elle dans la forme géométrique d'une parfaite sphéricité. Dans un même mouvement, il est remarquable de constater que les objets célestes ne sont plus caractérisés par Copernic, comme pour les Anciens ou les scolastiques, par une forme substantielle ou une nature, mais par leur seule forme géométrique sphérique : « je veux dire que le soleil, la lune et les étoiles, sont vus sous cette forme » (Copernic, 1543/1970, p. 56)⁹.

La forme géométrique sphérique parfaite copernicienne, en devenant aussi celle de la Terre, réalise donc au sens plein du terme une incarnation par laquelle la Terre est à la fois une terre et une planète ou un astre parmi les autres astres au sein de l'ordre divin. Des astres que, nécessairement, maintenant, en raison de sa nouvelle parfaite sphéricité, la Terre doit rejoindre dans le mouvement circulaire orbital parfait. En effet, « la mobilité [propre] de la sphère est de tourner en rond ; par cet acte même, tandis qu'elle se meut uniformément en elle-même, elle exprime sa forme, celle du corps le plus simple où l'on ne peut trouver ni commencement ni fin, ni distinguer l'un de l'autre » (Copernic, 1543/1970, pp. 67-68). Ce mouvement circulaire des planètes exprimant la sphéricité parfaite, divine, devient donc aussi nécessairement, en raison de ce qu'est maintenant la Terre après son incarnation dans une forme géométrique céleste, celui de la Terre. C'est l'objet du chapitre V :

« Il a été démontré déjà que la Terre a la forme d'un globe ; j'estime qu'il faut examiner maintenant si un mouvement suit également de sa forme et quel est le lieu qui lui revient dans l'Univers ; sans quoi

dérée dans son ensemble, est sensiblement en forme de sphère » (Astronomie, 1993, p. 128). La traduction anglaise de G. J. Toomer s'inscrit dans le même cadre : « The Earth too is sensibly spherical in shape, when taken as a whole » (p. 38) et « [t]hat the Earth too, taken as a whole, is sensibly spherical » (Ptolémée, 1984, p. 40).

9. Dans une perspective structuraliste, Gérard Simon remarque à propos de Copernic : « En fait, de manière très caractéristique, les schèmes intellectuels de la réforme astronomique ne sont pas sans analogie avec ceux de la réforme religieuse. De même qu'avec cette dernière le Christ s'intériorise en l'homme, avec la nouvelle cosmologie, Dieu pénètre au cœur du monde à la fois par l'harmonie dont il l'anime et par le symbole matériel dont, sous les traits de l'astre du jour, il l'éclaire » (Simon, 1979, p. 260).

on ne saurait trouver la raison certaine des apparences célestes »
(Copernic, 1543/1970, p. 72)¹⁰.

Suit un ensemble de démonstrations visant à conclure que la Terre, parfaitement sphérique, participant aux mêmes formes circulaires que les astres, est donc soumise aux mêmes lois que ces derniers et constitue avec eux un seul monde. Il est important de remarquer que la Terre n'est plus la Terre, mais une Terre incarnée, à la fois terrestre et divine, car elle reste pour l'homme une Terre, mais une Terre « céleste » et, sous ce rapport, les expériences terrestres relatives en terme moderne à la force centrifuge ne s'appliquent pas, bien évidemment, au mouvement de la Terre. Les critiques portant sur la dislocation de la Terre en rotation tombent d'elles-mêmes.

« Ptolémée n'a donc pas besoin de craindre que la Terre et toutes les choses terrestres soient détruites par la rotation, produite par l'action de la nature, qui est très différente de celle de l'art ou de celle qui peut résulter de l'industrie humaine » (Copernic, 1543/1970, p. 90).

La notion géométrique de la forme, de la sphéricité parfaite, a transfiguré la Terre en astre. Un nouveau système du monde peut se mettre en place, une nouvelle organisation céleste et divine incorporera dorénavant la Terre dans son mouvement :

« Et bien que toutes ces choses soient difficiles et presque impossibles, et assurément contraires à l'opinion de la multitude, néanmoins, avec l'aide de Dieu, nous le ferons par la suite plus clair que le jour, du moins pour ceux qui n'ignorent pas les mathématiques »
(Copernic, 1543/1970, p. 113).

Dans ce nouveau système, « dans ce temple splendide » rendu possible par le jeu de l'incarnation qui a transformé le concept de Terre de telle sorte qu'ont pu se réaliser les exigences d'un Albert de Brudzewo portant sur la circularité et l'uniformité des mouvements réels autour de leurs propres centres, associés à un cadre néoplatonicien¹¹, donc « dans ce temple splendide », les planètes

10. Thomas S. Kuhn note d'ailleurs : « Copernic suggère que, parce que la Terre est une sphère comme les autres corps célestes, elle doit aussi participer aux mouvements circulaires composés qui, dit-il, sont naturels à une sphère » (Kuhn, 1957/1973). Voir également Alexandre Kojève (1964).

11. Sur l'influence qu'a pu exercer l'astronome de Cracovie, Albert de Brudzewo, sur la pensée de Copernic alors que ce dernier y était étudiant, nous renvoyons le lecteur aux travaux de Michela Malpangotto (2012 ; 2013). Voir également Peter Barker (2013), ainsi que les

sont animées d'un mouvement circulaire autour d'un centre de rotation sans que celui-ci soit au sens strict le Soleil : « Il convient donc de concevoir le mouvement autour du centre (circulaire) d'une façon plus générale, et se contenter de ce que chaque mouvement se rapporte à son propre centre » (Copernic, 1543/1970, p. 99). De même, un peu plus loin : « Ce qui veut dire que le centre de leurs orbes se trouve près du Soleil » (Copernic, 1543/1970, p. 110). Ce faisant, Copernic « rapporte les mouvements des autres astres et de tous les orbes à la mobilité de la Terre » (Copernic, 1543/1970, p. 46).

Le Soleil repose donc au centre du monde, non pas au centre des mouvements circulaires, mais au centre de la sphère des fixes :

« On admettra enfin que le Soleil lui-même occupe le centre du monde. Toutes ces choses, c'est la loi de l'ordre dans lequel elles se suivent les unes les autres, ainsi que l'harmonie du monde, qui nous les enseigne, pourvu seulement que nous regardions les choses elles-mêmes pour ainsi dire des deux yeux » (Copernic, 1543/1970, p. 102)¹².

Le rôle du Soleil n'est donc en aucun cas, comme cela le sera dans la mécanique newtonienne, d'avoir une action dynamique sur le mouvement des planètes. Nous l'avons déjà dit : les planètes ont un mouvement circulaire indépendant, associé à leurs orbes et lié strictement à leur géométrie ou forme sphérique. Quant au Soleil, « dans ce temple splendide », il éclaire et illumine le monde d'une lumière qui ne manque pas de rappeler les lumières incarnées, célestes et terrestres, de l'Abbé Suger et, dans sa suite, celles des philosophes médiévaux de la lumière¹³ :

« Et au milieu de tous [les astres] repose le Soleil. En effet, dans ce temple splendide, qui donc poserait ce luminaire en un lieu autre, ou meilleur, que celui d'où il peut éclairer tout à la fois ? Or, en vérité, ce n'est pas improprement que certains l'ont appelé la prunelle du monde, d'autres Esprit [du monde], d'autres enfin son Recteur. Trismégiste l'appelle Dieu visible. L'Electra de Sophocle l'Omni-voyant. C'est ainsi, en effet, que le Soleil, comme reposant sur le trône royal, gouverne la famille des astres qui l'entourent » (Copernic, 1543/1970, pp. 115-116).

travaux de Zénon Kaluza relatifs à l'enseignement de la philosophie et du néoplatonisme à Cracovie et en Europe centrale au XIV^e siècle.

12. Il s'agit des yeux du sensible et de l'intelligible.

13. Cf. Blay, 2013, pp. 24-30 : « Suger : une lumière incarnée en l'église de Saint-Denis ».

Le Soleil, par sa lumière incarnée, gouverne l'ordre céleste des planètes, non pas bien évidemment dans un sens mécanique, mais dans celui d'une hiérarchie lumineuse des êtres où l'on peut dire que, dans cette hiérarchie, il possède une place plus élevée que celle des planètes puisque ces dernières ne font que réfléchir sa lumière. Les fixes se situent elles aussi à un autre niveau d'être :

« En effet, le scintillement de leurs lumières démontre qu'il y a encore un grand espace entre la plus haute des planètes, Saturne, et la sphère des fixes. C'est par cet indice-ci qu'elles se distinguent profondément des planètes, puis donc qu'il convient qu'entre les mues et les non mues il y ait la plus grande différence. Tellement parfaite, en vérité, est cette fabrique divine du meilleur et suprême Architecte » (Copernic, 1543/1970, p. 118).

En ouvrant le monde céleste à une Terre à la fois terrestre et spirituelle ou divine, Copernic a rendu possible, voire privilégié, l'intervention de la géométrie dans l'intelligence des phénomènes terrestres, sans d'ailleurs, contrairement à Galilée, s'y attarder autrement car son propos, on l'a vu, n'est pas là. En revanche, son système appartient encore de plein droit à l'ordre traditionnel associant aristotélisme et enseignement biblique ; il n'a pas modifié l'essentiel sur le plan théologique, à savoir la création *ex nihilo* par Dieu du monde clos, unique et sphérique.

Ce monde sera profondément remis en cause par le Dieu immanent de la double infinité introduit par Giordano Bruno mais plus encore, car cela touche à l'idée même de nature, par l'introduction galiléenne d'une autre idée de nature. Si Galilée a pu construire un nouveau système du monde, c'est d'abord parce que son idée de la nature n'est plus celle du chanoine de Frombork, baignée de pensée néoplatonicienne et de présence divine.

2. L'atelier des cieux de Galilée

L'idée galiléenne de nature est nourrie par le travail, l'*ethos* des « ingénieurs ». Ce travail centré sur un effort de conceptualisation visant à circonscrire les questions afin d'y trouver des solutions souvent utiles et pratiques est loin, bien évidemment, d'être gouverné par les traditionnelles notions de formes, d'âmes, de substances et d'essences de la pensée scolastique et théologique portant et nourrissant l'existence. L'objet n'est plus considéré comme une réalité inépuisable dont l'approfondissement conduirait à la présence divine. C'est une matière maniable à laquelle s'applique notre action dans une simple compréhension utilitariste.

Déjà, nous l'avons vu, les objets célestes ne sont plus caractérisés par Copernic, comme pour les Anciens ou les scolastiques, par une forme substantielle ou une nature, mais par leur seule forme géométrique sphérique. Sans être négligeable pour Copernic, ce point n'est pas déterminant au regard de la présence divine, quoi qu'il ouvre une perspective, un chemin qui n'aura cependant, au sens plein du terme — comme on le verra — de signification qu'après les travaux de Galilée accordant la philosophie naturelle aux normes du géomètre.

Avec Galilée, la nature se dévoile autre, mécanique. La « mécanisation » du « Dieu visible » copernicien par Galilée marque l'introduction définitive d'une nouvelle idée de nature, une idée à partir de laquelle la nouvelle science pourra se développer et le soleil devenir le cœur mécanique de la grande machinerie céleste.

Copernic avait « divinisé » la Terre en l'intégrant aux mouvements des astres. Elle devenait un astre parmi les astres et le Soleil au centre du monde fixait l'ordre et l'harmonie des êtres dans un monde clos sphérique et unique tout à la gloire du Dieu présent et créateur. Galilée, plein de sa nouvelle idée de nature, sans nier la foi tout en renonçant aux démarches de l'École, perçoit la structure copernicienne, privilégiant la forme géométrique circulaire en lieu et place des natures ou formes substantielles, comme pouvant donner prise à une mécanisation — ce que ne permettait pas l'ancien système assujéti aux hiérarchies ontologiques — une mécanisation susceptible d'être l'objet d'un traitement géométrique ouvrant la voie à une nouvelle théorie. Le dévoilement mécanico-géométrique de la nature est à l'ordre du jour. Il est remarquable, à ce propos, de lire la lettre que Galilée adresse de Rome le 21 mai 1611 à Piero Dini :

« Pour ma part, je ne doute pas de pouvoir énumérer, dans l'ensemble de la nature, autant de choses très petites et très efficaces par leur vertu qu'on en pourrait indiquer parmi les grandes ; et de même que les arts mécaniques ont autant besoin, pour la variété de leurs opérations, d'utiliser de très petits éléments que des grands, de même la nature a-t-elle besoin dans ses divers effets, pour bien en assurer la production, d'instruments eux aussi très divers ; et telles opérations s'effectuent avec des machines très petites, qui ne pourraient l'être aussi bien, ou même pas du tout, avec de plus grandes »¹⁴.

14. Galilée, lettre à Piero Dini, de Rome, en date du 21 mai 1611 (Clavelin, 2004, pp. 155-156).

Il convient donc, en premier lieu, non pas de rendre la Terre au ciel ou de faire appel à l'incarnation de la géométrie céleste comme Copernic, mais de livrer les cieux à la Terre mécanisée et mécanisable, afin qu'ils puissent, la Terre et les cieux, entrer dans le champ de la mécanisation assujettie à la nouvelle idée de nature. Galilée inverse le projet de Copernic. Tout l'enjeu du *Sidereus nuncius* de 1610 peut se résumer à cette tâche.

L'observation du ciel, des planètes et des étoiles se renouvelle et se justifie pour Galilée parce qu'ils sont, le ciel, les planètes et les étoiles, des objets non plus célestes au sens de Copernic, mais des objets mécanisables, c'est-à-dire des objets dont s'occupent mécaniciens et ingénieurs. En ce sens, Galilée est admirable par l'ambition de son projet.

Il est également éclairant pour notre propos, portant entre autres sur l'éthos de l'ingénieur de Galilée associé à sa nouvelle idée de nature, de noter que d'entrée de jeu dans le *Sidereus nuncius*, avant tout son travail d'observation, Galilée se pose en inventeur d'un nouvel instrument. Il n'est ni un artisan, ni un bricoleur combinant empiriquement des verres, mais bien un ingénieur construisant à partir d'un projet, par concepts et calculs, un nouvel instrument :

« Il y a dix mois environ, le bruit parvint à nos oreilles qu'un certain Hollandais avait élaboré une lunette grâce à laquelle des objets même très éloignés de l'œil de l'observateur étaient vus distinctement comme s'ils étaient proches ; de cette propriété assurément admirable on rapportait à la ronde plusieurs expériences auxquelles les uns croyaient, les autres non. Le même fait me fut confirmé quelques jours après par une lettre envoyée de Paris par un gentilhomme français, Jacques Badovere » (Galilei, 1610/1992b, p. 7).

Voilà pour le travail artisanal et le bricolage empirique. Il convient maintenant de construire, suivant les principes et suivant l'ordre des raisons, un véritable instrument. Un instrument d'ingénieur pour une nature mécanique :

« [...] ce qui finalement me poussa à me consacrer entièrement à rechercher une explication, non moins qu'à concevoir les moyens d'arriver à inventer un instrument semblable ; j'y parvins peu après en m'appuyant sur la doctrine des réfractions. Je me procurai d'abord un tube de plomb aux extrémités duquel j'adaptais deux lentilles de verre qui étaient toutes deux planes d'un côté, mais de l'autre l'une était convexe, l'autre concave ; mettant ensuite l'œil du côté concave je vis les objets assez grands et proches, car ils paraissaient trois fois plus voisins et neuf fois plus grands que s'ils étaient regardés avec la seule vision naturelle » (Galilei, 1610/1992b, p. 7).

Ayant dégagé les principes gouvernant la construction de l'appareil, Galilée, immédiatement, peut en améliorer le fonctionnement. En ce sens, la lunette n'est plus le fruit de tâtonnements empiriques, mais apparaît comme une sorte de prototype de ce qui va devenir un instrument technique moderne :

« Peu après, je m'en construisis un autre, plus exact, qui représentait les objets plus de soixante fois agrandis. Enfin n'épargnant nulle peine, nulle dépense, je parvins à me construire un instrument si excellent que ce qu'on observe à travers lui apparaît près de mille fois plus grand et près de trente fois plus voisin que si on le voit seulement grâce à la vision naturelle » (Galilei, 1610/1992b, p. 7).

C'est alors qu'en possession de son bel instrument « mécaniquement » construit Galilée va pouvoir tourner son regard vers les cieux qui ne sont plus célestes et divins comme pour Copernic, mais déjà « mécaniques » ou mécanisables. En effet, le nouvel instrument est tout autant utile dans le domaine maritime, sur la terre, que pour l'exploration des cieux. La Terre comme les cieux sont déjà, avant toute observation, semblables :

« Il serait tout à fait superflu d'exposer en détail le nombre et l'importance des avantages offerts par cet appareil, tant sur terre que sur mer. Mais délaissant les affaires terrestres, je me consacrai à l'étude de celles du ciel » (Galilei, 1610/1992b, pp. 7-8).

Les observations peuvent commencer. Galilée sait ce qu'il doit voir et il le voit !

Quelques mois plus tard, dans les lettres écrites à Marcus Welser en réponse aux travaux du père jésuite Christopher Scheiner (sous le pseudonyme *d'Apelle latens post tabulam*) concernant les taches solaires, Galilée développe avec élégance une brillante argumentation de type géométrico-mécanique. Maurice Clavelin en rend compte avec précision dans *La philosophie naturelle de Galilée* (Clavelin, 1996 ; Clavelin, 2004, pp. 215-341). Du *Sidereus nuncius* à l'étude des taches solaires, la nature s'est dévoilée autre.

La mécanisation géométrisée s'institue progressivement comme un nouveau dévoilement de la nature. L'engagement « mécanico-mathématique » galiléen se confirme dans les réponses qu'il adresse à divers critiques et correspondants après la publication du *Sidereus nuncius*. Il soutient à Christopher Clavius le 30 décembre 1610 :

« Nous voici assurés, mon Révérend père, que Vénus (et Mercure fera de même sans aucun doute) tourne autour du Soleil, centre indubitable des révolutions de toutes les planètes : de plus nous voici certains que ces planètes sont par elles-mêmes obscures, et ne

brillent qu'éclairées par le Soleil (ce qui n'est pas le cas des étoiles fixes, d'après mes observations), et aussi que le système des planètes est sûrement différent de ce que l'on croit être communément : ainsi dans la détermination des grandeurs des étoiles (à l'exception du Soleil et de la Lune) ont été commises, pour la majeure partie des planètes et toutes les fixes, des erreurs de 3, 4 ou 5 mille pour cent, et davantage encore »¹⁵.

Dans la même lettre, un peu plus loin, appliquant les théories de la perspective à la Lune, comme dans le *Sidereus nuncius*, c'est-à-dire en considérant la Lune comme « un corps entièrement semblable à la Terre »¹⁶ et soumis aux mêmes lois, Galilée insiste :

« De ces pics, de ces montagnes et immenses chaînes aux sommets très élevés, répandus sur toute la partie la plus claire de la Lune, vous ne devez aucunement douter, car à tous ceux qui ont bonne vue, comprennent un tant soit peu la perspective et savent raisonner sur les ombres et les lumières, je le ferai aussi clairement toucher du doigt que nous sommes certains des montagnes et des vallées terrestres, et rien de moins »¹⁷.

Dans une lettre à Paolo Sarpi du 12 février 1611, Galilée expose à nouveau sa conviction profonde concernant la nature « terrestre » des corps célestes :

« Tenant d'autre part pour la vérité même que toutes les planètes tournent autour du Soleil comme centre de leurs orbites, et croyant de plus qu'elles sont toutes par elles-mêmes obscures et opaques comme le sont la Terre et la Lune, j'ai entrepris il y a quatre mois d'observer Vénus qui étant étoile du soir se montrait alors parfaitement ronde, mais très petite; et telle elle demeura de nombreux jours, tout en devenant notablement plus grande »¹⁸.

Galilée ne formule aucun doute concernant tant la pertinence des observations réalisées avec la lunette que la « réalité » de ce qui est observé par leur intermédiaire. Ce qui ne va pas de soi si l'on n'est pas convaincu d'entrée de jeu que le monde céleste est identique au monde terrestre et, corrélativement, qu'un instrument terrestre (la lunette) « mécaniquement » construit est en

15. Lettre de Galilée à Christopher Clavius en date du 30 décembre 1610 (Clavelin, 2004, p. 126).

16. Lettre de Galilée à Belisario Vinta en date du 30 janvier 1610 (Clavelin, 2004, p. 103).

17. Lettre de Galilée à Christopher Clavius en date du 30 décembre 1610 (Clavelin, 2004, p. 127).

18. Lettre de Galilée à Paolo Sarpi en date du 12 février 1611 (Clavelin, 2004, p. 140).

droit de révéler la nature des cieux. Du reste, les difficultés observationnelles des contemporains se sont avérées considérables.

Dans une lettre à Matteo Carosi du 24 mai 1610, Galilée précise :

« La lunette est archivéridique, les planètes médicéennes sont des planètes, et le seront à jamais, comme les autres : elles ont leurs mouvements, très rapides, autour de Jupiter, la plus lente décrivant son cercle en quinze jours environ. J'ai continué à les observer, et je continue encore, quoique en raison de la proximité des rayons du Soleil on commence à ne plus pouvoir les distinguer, et ce pour plusieurs mois »¹⁹.

Quelques mois plus tard, dans la deuxième lettre qu'il adresse à Marcus Welser en date du 14 août 1612 et portant sur les taches solaires, Galilée revient avec soin sur son mode de travail :

« [...] mes observations continuées jour après jour, complétées par tous les recoupements possibles et, en l'absence de toute contradiction, me montrent que mon opinion est bien dans le vrai ; ce qu'il m'a paru opportun de vous exposer, alors que je vous fais parvenir quelques diagrammes de ces taches, exécutées avec précision, ainsi que la méthode pour les dessiner, et en y joignant un exemplaire d'un petit traité à propos des choses qui flottent sur l'eau ou y descendent, dont l'impression vient d'être achevée »²⁰.

Il est intéressant de noter qu'en dehors de l'aspect proprement géométrique et graphique, tout empreint de son *ethos* d'ingénieur, accompagnant son traitement du problème, Galilée joint à son envoi un « petit traité à propos des choses qui flottent ». Il s'agit du *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono* publié à Pise en juin 1612 à la suite d'un débat portant sur les raisons pour lesquelles la glace flotte ; or les dernières pages de ce traité offrent déjà une interprétation des taches solaires. La nature se dévoile mécano-géométrique, qu'il s'agisse de l'explication de la flottaison, du mouvement des astres ou bien des phénomènes célestes.

Avec Galilée, l'idée de nature s'est transformée. Elle n'est plus celle de Copernic. La présence de Dieu imprégnant substance et essence a disparu, remplacée par un ordre mécanico-mathématique assujetti à des lois. Le Dieu visible est devenu une machine !

19. Lettre de Galilée à Matteo Carosi en date du 24 mai 1610 (Clavelin, 2004, p. 112).

20. Lettre de Galilée à Marcus Welser de Florence en date du 14 août 1612 (Clavelin, 2004, p. 242).

Bibliographie

- Astronomie (1993). *Astronomie & astrophysique* (choix de textes, introduction, commentaires et notes de J.-P. Verdet). Paris : Larousse.
- Barker, P. (2013). Albert of Brudzewo's little commentary on Georg Peurbach's « Theoricae novae planetarum ». *Journal for an history of astronomy*, 44, 126-148.
- Blay, M. (2013). *Dieu, la nature et l'Homme : l'originalité de l'Occident*. Paris : Armand Colin.
- Blay, M. (2017). *Critique de l'histoire des sciences*. Paris : CNRS édition.
- Clavelin, M. (1996). *La philosophie naturelle de Galilée* (réédition de 1968). Paris : Albin Michel.
- Clavelin, M. (2004). *Galilée copernicien : le premier combat (1610-1616)*. Paris : Albin Michel.
- Copernic, N. (1543). *De revolutionibus orbium coelestium libri VI*. Nuremberg.
- Copernic, N. (1566). *De revolutionibus orbium coelestium libri VI* (2^e édit.). Bâle.
- Copernic, N. (1617). *Astronomia instaurata libri sex comprehensa qui de Revolutionibus orbium coelestium inscribuntur* (publié par N. Mulerius). Amsterdam.
- Copernic, N. (1970). *Des révolutions des orbes célestes* (introduction, traduction et notes d'A. Koyré). Paris : A. Blanchard.
- Copernic, N. (1973). *Œuvres complètes : vol. 1*. Paris-Varsovie-Cracovie.
- Copernic, N. (2016). *De revolutionibus orbium coelestium. Des révolutions des orbes célestes* (vol. 1-3 ; édition critique, traduction et notes par M.-P. Lerner, A.-Ph. Segonds et J.-P. Verdet). Paris : Les Belles Lettres.
- Galilei, G. (1610). *Sidereus nuncius*. Venitiis : apud Thomam Baglionum.
- Galilei, G. (1992a). *Le messenger des étoiles* (traduit du latin, présenté et annoté par F. Halryn). Paris : Éditions du Seuil.
- Galilei, G. (1992b). *Le messenger céleste* (texte, traduction et notes établis par I. Pantin). Paris : Les Belles Lettres.
- Hilaire-Perez, L. (2000). *L'invention technique au siècle des Lumières*. Paris : Albin Michel.
- Husserl, Ed. (1976). *La crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendantale* (traduit de l'allemand et préfacé par G. Granel). Paris : Gallimard.
- Kant, E. (1971). *Critique de la raison pure* (traduction française avec notes par A. Tremesaygues et B. Pacaud ; préface de Ch. Serrus). Paris : Presses universitaires de France.
- Kepler, J. (1984). *Le secret du monde* (introduction, traduction et notes de A. Segonds à partir d'un essai initial de L.-P. Cousin ; avant-propos de P. Costabel). Paris : Les Belles Lettres.
- Kojève, A. (1964). L'origine chrétienne de la science moderne. Dans *L'aventure de l'esprit : mélanges Alexandre Koyré publiés à l'occasion de son soixante-dixième anniversaire* (pp. 295-306). Paris : Hermann.

- Kuhn, Th. S. (1973). *La révolution copernicienne* (traduit de l'anglais par A. Hayli). Paris : Fayard. (édit. orig. : 1957).
- Le Bovier de Fontenelle, B. (1686). *Entretiens sur la pluralité des mondes*. Paris : chez la Veuve C. Blageart, Cour-neuve du Palais.
- Le Bovier de Fontenelle, B. (1997). *Entretiens sur la pluralité des mondes* (édition critique par A. Calame). Paris : Société des Textes Français Modernes.
- Lerner, M. P. (1997). *Le monde des sphères* (vol. 1-2). Paris : Les Belles Lettres.
- Malpangotto, M. (2012). Les premiers manuscrits des « Theoricae novae planetarum » de Georg Peurbach : présentation, description, évolution d'un ouvrage. *Revue d'Histoire des Sciences*, 65(2), 339-380.
- Malpangotto, M. (2013). La critique de l'Univers de Peurbach développée par Albert de Brudzewo a-t-elle influencé Copernic ? Un nouveau regard sur les réflexions astronomiques du XV^e siècle. *Almagest*, 4(1), 4-61.
- Ptolémée, Cl. (1515). *Almagesti Cl. Ptolemaei Pheludiensis Alexandrini [...] opus [...] omnes caelorum motus continens* (traduction arabo-latine de Gérard de Crémone). Venise.
- Ptolémée, Cl. (1813-1816). *Composition mathématique de Claude Ptolémée* (vol. 1-2 ; traduite pour la première fois du grec en français [...] par M. Halma et suivie des notes de M. Delambre). Paris : Henri Grand libraire (vol. 1) ; J.-M. Eberhart (vol. 2).
- Ptolémée, Cl. (1898-1903). *Syntaxis mathematica* (vol. 1-2 ; édit. J. L. Heiberg). Leipzig.
- Ptolémée, Cl. (1984). *Ptolemy's Almagest* (translated and annotated by G. J. Toomer with a foreword by O. Gingerich). London : Duckworth.
- Seidengart, J. (2006). *Dieu, l'univers et la sphère infinie : penser l'infinité cosmique à l'aube de la science classique*. Paris : Albin Michel.
- Seidengart, J. (2013). Mathématiques et métaphysique dans les recherches astronomiques de Kepler. Dans M. Malpangotto, V. Jullien et E. Nicolaïdis (édit.), *L'homme au risque de l'infini : mélanges d'histoire et de philosophie des sciences offerts à Michel Blay* (p. 83-101). Turnhout : Brepols, 2013.
- Simon, G. (1979). *Kepler : astronome, astrologue*. Paris : Gallimard.
- Vérin, H. (1993). *La gloire des ingénieurs : l'intelligence technique du XVI^e au XVIII^e siècle*. Paris : Albin Michel.

