

Les soleils et leurs observateurs au XVII^e siècle

DANIEL ŠPELDA

Department of Comenius Studies and Early Modern Intellectual History

Institute of Philosophy of the Czech Academy of Sciences

spelda@phil.muni.cz

Traduit du tchèque par Claire Madl

RÉSUMÉ. – Dans mon article, je tente de présenter le processus d'identification du Soleil avec les étoiles et ses conséquences pour la cosmologie et l'anthropologie du XVII^e siècle. Dans la première partie, j'imagine comment l'idée selon laquelle les étoiles lointaines représentent des objets semblables à notre Soleil s'est répandue parmi les partisans du géocentrisme et de l'héliocentrisme. Les représentants de la cosmologie de l'époque ont longtemps douté quant à la manière dont ils devaient comprendre la nature du soleil et, surtout, sa fonction dans le système solaire. Ce problème a été définitivement résolu par le concept de force gravitationnelle de Newton. Un problème majeur de la cosmologie du XVII^e siècle était l'estimation de la distance entre le soleil et les étoiles. En cent ans, la distance des étoiles a été multipliée par un million. Dans la deuxième partie de l'article, j'essaie de décrire les conséquences anthropologiques de ces changements. Avant tout, je décris comment l'idée ancienne de *contemplator coeli* a été abandonnée et remplacée par un point de vue scientifique d'apparence moderne qui explore sans crainte l'univers infini. Celui-ci trouve son soutien non pas dans l'anthropocentrisme naïf, mais dans la fierté de la réussite du progrès scientifique.

ABSTRACT. – In the present article, I endeavour to introduce the process of identifying the Sun and the stars, as well as its consequences for 17th century cosmology and anthropology. In the first part of the paper, I explore how the idea that distant stars constitute objects akin to our Sun was disseminated among the proponents of geocentrism and heliocentrism. The advocates of contemporary cosmology had long been unsure of how they should go about understanding the nature of the Sun and, above all, its function within the solar system. This problem was definitively resolved by Newton's theory of gravity. A major issue of 17th century cosmology was estimating the distance between the sun and the stars. Over a period of one hundred years, the distance of the stars was multiplied by one million. In the second part of the article, I aim to illustrate the anthropological consequences of these changes. In particular, I describe how the ancient notion of the *contemplator caeli* was abandoned and

replaced by a more modern scientific point of view that fearlessly explores the infinite universe. One that is spurred on, not by naive anthropocentrism, but by taking pride in the successes of scientific progress.

MOTS CLÉS. – Cosmologie des Temps Modernes — Héliocentrisme — Géocentrisme — Univers infini — Kepler, Johannes — Gassendi, Pierre — Descartes, René — Newton, Isaac

Plan de l'article

1. Pluralisation des soleils

- 1.1. Identification du Soleil avec les étoiles
- 1.2. La nature du Soleil
- 1.3. Taille et éloignement du Soleil et des étoiles

2. Transformation de l'observateur du ciel

- 2.1. Contemplateur du ciel
- 2.2. Refus de l'anthropocentrisme
- 2.3. Facticité du point de vue de l'homme et temporalisation de l'inconnu

Contredisant la philosophie et l'historiographie modernes, les plus récentes recherches ont souligné qu'il est erroné d'attribuer à la pensée antique et médiévale le fait d'avoir lié géocentrisme et anthropocentrisme. Dans l'univers géocentré en effet, le centre ne se voit pas conférer une valeur supérieure : il est au contraire le lieu le plus bas et le plus misérable (Granada, 2006, p. 177 ; Brague, 1994). C'est la périphérie du cosmos qui est sublime, là où la sphère des étoiles fixes avoisine l'empyrée, séjour de Dieu. Les travaux récents ont également montré que c'est l'héliocentrisme et le rejet d'un univers fermé, clos par la sphère des étoiles, qui s'est accompagné de la vénération du centre cosmologique. Il fallut que le Soleil, ce traditionnel objet de culte, fût placé au centre du monde, pour que le centre devienne l'élément le plus important du cosmos, du moins de la partie du cosmos accessible à l'homme (Stoffel, 1998, 2001, 2002, 2012 ; Danielson, 2001). Alors changea la conception du point de vue de l'homme sur le monde. La philosophie antique estimait que l'homme était destiné à observer le cosmos et que le cosmos s'offrait à sa vue dans son entier. La philosophie et l'astronomie des Temps Modernes reconsidérèrent la position du Soleil au sein du cosmos ainsi que la façon dont l'homme voyait le monde. Dès lors que la plus grande partie du cosmos se révélait être invisible à l'homme et que ce dernier ne le voyait plus que dans sa propre perspective particulière, l'idéal grec du *theoros* observant le ciel n'était plus guère convaincant. Le point de vue de l'homme sur le cosmos perdit son objectivité et son caractère absolu pour devenir un fait qu'il s'agissait de prendre en compte lorsqu'on cherchait à connaître la nature. J'aborderai en deux temps le déroulement de cette transformation, en particulier telle qu'on la trouve dans le discours sur la pluralité des mondes. La première partie retrace les modifications de la cosmo-

logie solaire opérées par la philosophie et l'astronomie du XVII^e siècle. Dans la seconde partie, nous verrons l'influence de ces transformations sur la compréhension du sens et de la portée de l'observation du cosmos par l'homme.

1. Pluralisation des soleils

1.1. Identification du Soleil avec les étoiles

L'idée selon laquelle le Soleil est une étoile et que les étoiles sont des soleils semble une évidence naturelle au lecteur d'aujourd'hui. À la Renaissance, il n'en était rien. La question clef était celle de l'origine de la lumière. La tradition scolastique aristotélécienne affirmait que le Soleil était l'unique source de lumière du cosmos. La majorité des scolastiques estimait que les planètes et les étoiles brillaient en renvoyant la lumière du Soleil. Seules des voix isolées soutenaient que les étoiles brillaient de leur propre lumière¹. Giordano Bruno est le premier auteur d'importance à défendre ouvertement cette dernière opinion. Bruno emplissait son univers infini d'un nombre infini de systèmes coperniciens. Pour lui, les étoiles éloignées étaient des soleils semblables au nôtre². Sa conception est très éloignée de celles de ses contemporains défenseurs de la thèse d'un cosmos infini. Comme le note Miguel Granada, Bruno conteste l'opinion de Palingène selon lequel les étoiles reflètent la lumière du Soleil. Par fidélité au principe d'homogénéité de l'univers, Bruno nie qu'il puisse y avoir des différences entre notre Soleil et les autres étoiles, comme le supposait, par exemple, Thomas Digges (Granada, 2010).

Au cours du XVII^e siècle, la « stellarisation » du Soleil et la « solarisation » des étoiles s'imposèrent progressivement, ralliant de plus en plus d'astronomes et de philosophes, en particulier les représentants de l'héliocentrisme, à l'idée que les étoiles brillent de leur propre lumière. Néanmoins, tous n'admettaient pas que le Soleil et les étoiles fussent identiques. Kepler est à ce titre exemplaire : dans sa polémique avec la conception d'un univers infini de Giordano Bruno, il affirme clairement que le corps de notre Soleil est infiniment plus brillant que toutes les étoiles fixes réunies, ce qui prouve que notre monde n'appartient pas à la foule insignifiante des autres mondes³. Kepler refuse catégoriquement

1. Pour une analyse détaillée, voir Grant, 1994, pp. 390-421.

2. Bruno, 1995, p. 114, p. 214. Cf. Bruno, 1879, p. 28 ; cf. p. 389.

3. Kepler, 1938-2009, vol. 4, p. 303 [*Dissertatio cum Nuncio Sidereo*] : « *Corpus huius nostri Solis inaeestimabili mensura esse lucidius, quam universas fixas [...]* ».

d'admettre que les étoiles soient des soleils au centre de leur propre monde, comme le concevait Giordano Bruno. D'après lui, les étoiles sont bien plus petites que le Soleil et brillent, toutes réunies, bien moins que le Soleil⁴. Dans son *Epitome astronomiae copernicanae* (1617-1621), il écrit même que l'épaisseur de la sphère qui renferme les étoiles ne dépasse pas deux miles allemands⁵. En refusant aux étoiles le statut de soleils, Kepler cherchait à sauvegarder le caractère exceptionnel du monde dans lequel Dieu avait placé ses créatures élues et la rationalité géométrique du cosmos que l'infinitude faisait disparaître.

Certains, au contraire, se ralliaient nettement à l'idée de l'identité entre soleils et étoiles, comme Galilée dans sa *Lettre à Ingoli* (1616) :

« Les [étoiles] fixes, Signor Ingoli, je l'ai prouvé ailleurs, brillent de leur propre lumière, de sorte qu'elles ont pleinement titre à être appelées des Soleils et considérées comme tels. » (Galilée, 2004, p. 266)⁶.

Descartes écrit dans ses *Principia philosophiae* (1644) que l'on peut compter le Soleil parmi les étoiles fixes : « *Solem inter Stellas fixas posse numerari* » (Descartes, 1897-1913, vol. 8/1, p. 84 [III, 13])⁷.

Gassendi, à son tour, affirme dans ses *Syntagma philosophicum* (1658) que les étoiles fixes sont des soleils : « *quae sint & ipsae totidem Soles* » (Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 500b)⁸. Guericke écrit, dans les *Experimenta Nova Magdeburgica* (1672), que les étoiles sont des soleils semblables à notre Soleil⁹. Il serait néanmoins faux d'étendre cette opinion à tous les coperniciens. Roberval par exemple, dans le *De mundi systemate* (1644), mentionne la solarisation des étoiles comme une simple opinion que ni la raison ni l'expérience ne peuvent prouver (« *nullaque ratione, aut experientia* »)¹⁰. Pierre Borel, héliocentriste convaincu et défenseur de l'idée d'une pluralité de mondes, estime dans son *Discours nouveau prouvant la pluralité des mondes* (1657) que le Soleil éclaire toutes les étoiles : « [...] une infinité de grands globes lesquels le Soleil qui est

4. Kepler, 1938-2009, vol. 1, pp. 255-257 [*De stella nova*] ; vol. 7, pp. 44-47 [*Epitome*].

5. Kepler, 1938-2009, vol. 7, pp. 288-289 [*Epitome astronomiae copernicanae*]. Cf. Lerner, 2008, p. 129 ; van Helden, 1985, p. 88.

6. Cf. Galilée, 1992, p. 330 : « [...] étoiles qui sont autant de Soleils [...] ». Cf. Galilée, 1890-1909, vol. 18, p. 354 [*Dialogo*] : « *le stelle fisse, che sono tanti Soli* ».

7. Cf. Descartes, 1897-1913, vol. 3, 10, 20, 23.

8. Cf. Gassendi, vol. 1, p. 643a, 666a, 667b.

9. Guericke, 1672/1962, p. 230b : « *stellae Fixae Soles sint, nostro caeteris paribus Soli similes* ».

10. Cité d'après la seconde édition : Roberval, 1647, p. 9 (pagination indépendante).

au milieu esclaie esgalement & les illumine tous comme un grand flambeau mis au milieu d'une chambre en esclaie tous les endroits » (Borel, 1657, p. 12).

Les tenants du géocentrisme considéraient cette identification des étoiles et du Soleil comme le signe distinctif de l'image copernicienne du monde, que l'interdiction par décret pontifical de 1616 rendait *de facto* inacceptable pour les érudits catholiques. Dans son *Prodromus pro sole mobili et terra stabili* (1651), le jésuite Christophe Scheiner exprime ce point de vue d'une façon typique : Apelles (c'est-à-dire lui-même) n'admet qu'un seul Soleil, conformément aux Écritures, tandis qu'Academicus (*i. e.* Galilée), *cum Copernicanis*, identifie les étoiles avec des soleils. Il ajoute que lui-même accorde au Soleil toute sa valeur, tandis que Galilée en fait une étoile de sixième magnitude¹¹. Les paroles de Scheiner montrent que l'on reprochait aux coperniciens non seulement de commettre une hérésie théologique, mais aussi de rabaisser le Soleil, dispensateur de vie, de chaleur et de lumière, au rang d'une étoile insignifiante.

À partir du milieu du XVII^e siècle toutefois, la pluralisation des soleils atteignit les tenants de l'astronomie géocentrique. Le capucin Anton Maria Schyrleus de Rheita nie, dans son *Oculus Enoch* (1645), que les étoiles puissent briller par la réflexion de la lumière du Soleil, étant trop éloignées de lui. Les étoiles, écrit-il, pourraient être comme le Soleil : « *stellas fixas fulgere (proindeque alios esse quasi Soles)* » (Rheita, 1645, vol. 1, p. 197a; vol. 1, p. 177b). Dans son *Almagestum novum* (1651), Giovanni Battista Riccioli rapporte les différentes opinions ayant cours sur la question de la lumière des étoiles et se rallie à celle de Bruno, de Galilée, de Descartes et de Rheita¹². Les étoiles brillent, à la façon du Soleil, bien que certains astronomes l'aient nié, tel Kepler¹³. Athanasius Kircher se montre, quant à lui, très prudent dans son *Itinerarium exstaticum* (1656). S'il n'identifie pas directement les étoiles à des soleils, il utilise des périphrases et des comparaisons telles que : « *solaris naturae globi, solaria*

11. Scheiner, 1651, p. 61 : « *Apelles non agnoscit nisi unicum in Universo Solem, idque convenienter Sacrae paginae & communi eruditorum & Sanctorum Patrorum decreto : Academicus cum Copernicanis tot Soles in Mundo, quot sidera in Firmamento agnoscere tentatur. [...] Apelles Solem quavis stella universi majorem reputat : Academicus autem stellam sextae magnitudinis aequalem Soli facit* ». Voir aussi Scheiner, 1630, p. 600b. Ces deux textes sont mentionnés par Siebert, 2006, p. 202. Scheiner fait sans doute référence à un passage de Galilée (1632/1992, p. 356).

12. Riccioli, 1651, vol. 1, p. 395a : « *mihique quoque longe probabilior horum opinio videtur [...] ut non unicam stellarum a seipsa lucentem, sed plures instar Solis accenderit* ».

13. Riccioli, 1651, vol. 1, p. 396a : « *plurimae ex Fixis aequae ac Sol splenderent, & contra Sol non magis tunc splenderet, quam nunc Fixae* ». Cf. vol. 1, p. 93a.

corpora, similitudo solis », etc¹⁴. Quoique Kircher évite d'identifier les étoiles au Soleil, il ressort de son texte que les étoiles éclairent et remplissent, dans leur portion du cosmos, la fonction même tenue par le Soleil dans notre système (Kircher, 1660, pp. 346-351). Le jésuite d'Olomouc Johannes Zimmerman pensait de même : dans le *Sol – Siderum princeps* (1661), le Soleil est la première des étoiles, comme l'indique le titre et, certes, Zimmerman se garde de l'identifier directement aux étoiles. Il insiste toutefois sur le fait que les étoiles brillent de leur propre lumière et non en reflétant la lumière du Soleil. Elles sont en effet trop éloignées, de sorte que la lumière du Soleil ne saurait les atteindre (Zimmermann, 1661, pars IV, prop. I). On trouve encore des réflexions semblables dans la *Dissertatio astronomica* (1678/1689, vol. 1, p. 67) du jésuite Martin Szent-Ivany, actif dans l'actuelle Slovaquie. Les représentants de la scolastique universitaire et les astronomes ecclésiastiques admettaient certes dans leurs écrits, par exemple dans les commentaires d'Aristote, que les étoiles éclairaient de leur propre lumière, mais d'après E. Grant, ils hésitaient à identifier de façon univoque le Soleil et les étoiles (Grant, 1994, pp. 417-418). Les raisons de cette prudence résident sans doute dans le lien qui existait entre cette identification et l'héliocentrisme qui avait été condamné et, avec lui, Galilée et surtout Giordano Bruno, dont l'idée de systèmes solaires infinis était bien connue et dont nombre d'auteurs jugeaient indispensable de se distancer (Del Prete, 1999, pp. 101-111 ; 2002, pp. 49-82 ; 1995, pp. 145-164). À la fin du XVII^e siècle, Isaac Newton affirme dans son *Scholium Generale*, joint à la deuxième édition des *Principia mathematica philosophiae naturalis* (1687, 1713), que la lumière des étoiles est d'une nature identique à celle du Soleil (« *lux fixarum ejusdem naturae ac lux solis* »). Mais lorsqu'il traite de la structure du système solaire, l'idée que les étoiles soient, elles aussi, le centre de leur propre système est qualifiée de simple conjecture plausible¹⁵.

Toute une littérature sur la pluralité des mondes se fonde sur l'identification des étoiles avec le Soleil et considère comme un fait l'hypothèse de Newton, à savoir que les étoiles sont des soleils autour desquels gravitent des planètes habitées. Dans son petit ouvrage *Les États et empires de la Lune* (1657), Cyrano de Bergerac écrit :

« que les estoilles fixes sont aussy des soleils qui ont des planettes autour d'eux, c'est-à-dire des mondes que nous ne voyons pas d'icy

14. Je cite ici la seconde édition due au jésuite Caspar Schott sous le titre *Iter extaticum coeleste* (1660, pp. 345-347, 358). Cf. Siebert, 2006, p. 202. Voir, par exemple, Kircher, 1660, p. 352.

15. Newton, 1726, p. 527 : « *Et si stellae fixae sint centra similibus systematum [...]* ».

à cause le leur petitesse et parce que leur lumière empruntée ne sauroit venir jusque à nous [...] » (Cyrano de Bergerac, 1921, vol. 1, p. 14).

De même, Bernard de Fontenelle affirme, en ouverture de la cinquième partie de ses *Entretiens sur la pluralité des mondes* (1686), « que les Étoiles fixes sont autant de soleils, dont chacun éclaire un Monde » (Fontenelle, 1991, p. 97). Christiaan Huygens, quant à lui, déclare dans son *Kosmotheoros* (1698) : « N'hésitons pas, nous, à admettre avec les principaux Philosophes de notre temps que la nature des étoiles et celle du Soleil est la même » (Huygens, 1888-1950, vol. 21, pp. 812-813). Leibniz enfin, envisageant l'éventuelle existence d'autres mondes habités, note que « toutes les fixes sont des soleils » (Leibniz, 1978, p. 114).

1.2. La nature du Soleil

La question de l'identification du Soleil avec les étoiles n'est pas la seule qui ait influencé les représentations liées à la nature du Soleil. Le XVII^e siècle a vu également une progressive *physicalisation* du Soleil. Tandis que la cosmologie traditionnelle considérait le Soleil comme un corps noble et immuable issu de l'éther, la nouvelle cosmologie définit le Soleil comme un objet physique changeant et agissant sur les autres corps de l'univers. La cosmologie scolastique, se fondant sur Aristote [I, 3, 314a], considérait que le Soleil n'était pas chaud en lui-même, mais avait la capacité de susciter de la chaleur chez les autres corps grâce à son mouvement. Selon la terminologie universitaire de la philosophie naturelle, le Soleil était chaud *eminenter* et non *actualiter*. Revenant sur cette différenciation scolastique, Gassendi explique que, si nous touchions le Soleil, nous ne sentirions rien de chaud. Cependant, la lumière du Soleil a *virtualiter* la propriété de se mêler à certains types de matière lorsqu'elle les rencontre, par exemple à la surface de la terre ; la chaleur naît alors de l'actualisation de cette propriété¹⁶. Les scolastiques étaient contraints de travailler avec de telles distinctions métaphysiques, car, s'ils avaient admis que le Soleil chauffait, ils auraient été contraints d'admettre aussi que la sphère supra-lunaire abritait les quatre qualités terrestres. Or cela aurait impliqué que cette sphère connaissait des transformations qualitatives et substantielles qu'Aristote refusait au ciel (Grant, 1994, pp. 587-588 ; cf. p. 453).

16. Gassendi explique cette distinction dans ses *Syntagma philosophicum* (1658/1964, vol. 1, p. 512b).

Dans un contexte culturel où l'on affectionnait l'utilisation raffinée de symboles et de métaphores issus de l'Antiquité, les partisans de Copernic, afin de mieux convaincre, s'appuyaient sur l'héliolâtrie de la tradition philosophique européenne¹⁷. Ils firent ainsi du Soleil le centre dynamique de l'univers, lui ôtant de ce fait son prestige métaphysique et le plaçant plus nettement en interaction avec les corps célestes. Pour les coperniciens, ni l'animalité intérieure des corps célestes de Giordano Bruno, ni le *primum mobile* situé à la périphérie ne sont à l'origine du mouvement du cosmos. C'est le Soleil qui devient la source endogène centrale du mouvement du système solaire. L'on commença à expliquer son action par la physique : il s'agissait désormais d'un phénomène naturel, celui de l'interaction de différents corps, et non du résultat de l'intervention de l'intellect des anges, de principes vitaux ou de principes de sympathie. Kepler, en particulier, fut le premier à exposer une cosmologie où le mouvement des planètes était induit et régi par le Soleil. Plus précisément, selon lui, une *species immateriata* émise par le Soleil, tout comme la lumière, met et maintient les planètes en mouvement. Bien que cette force motrice (*virtus motrix*) soit immatérielle, elle n'en est pas moins soumise aux lois de la géométrie et agit, physiquement, par magnétisme (Kepler, 1938-2009, vol. 3, p. 241, p. 245 sq. [*Astronomia nova*]). Cette « désanimation » du Soleil, son désenchantement et son entrée dans le monde des mathématiques et du magnétisme physique, sont à l'origine d'une nouvelle astronomie dynamique qui n'est plus une simple cinématique des phénomènes célestes, mais qui tente d'interpréter les causes de leurs trajectoires.

Le plus important successeur de Kepler, Ismael Boulliau, rejeta l'action physique du Soleil sur les planètes et élaborait sa propre explication de leur mouvement à partir de l'exemple du Soleil (Boulliau, 1655, pp. 21-24). Cependant, certains coperniciens considéraient le Soleil comme source de mouvement. D'après Roberval, le Soleil chauffe la matière céleste fluide qui l'entoure et dans laquelle les planètes flottent. Sous l'action de la chaleur du Soleil, cette matière soit se fluidifie, soit s'épaissit, ce qui crée un mouvement qui entraîne les planètes¹⁸. Galilée, quant à lui, estimait que le mouvement de rotation du Soleil sur son axe, qui venait d'être découvert, se transmettait aux planètes :

« [Le Soleil] communique aux autres corps qui l'entourent non seulement la lumière mais également le mouvement, en accomplissant cette révolution sur soi-même. De sorte que tout se passe comme

17. Voir par exemple l'interprétation de la visualisation des débats coperniciens que l'on trouve sur le frontispice des ouvrages cités dans cet article : Remmert, 2005.

18. Voir Roberval, 1647, pp. 9-18 ; et plus précisément : Auger, 1957.

pour l'animal : si le mouvement de son cœur devait cesser les autres mouvements de ses membres cesseraient également, de la même façon tous les mouvements de révolution des planètes s'arrêteraient si la rotation du Soleil prenait fin. » (Galilée, 2004, p. 195 [*Lettre à Christine de Lorraine*]).

L'astronomie copernicienne de cette époque ne disposait ni d'un concept de force convaincant, ni du jeu des forces dans l'espace. Ainsi l'idée selon laquelle le Soleil transmettait aux planètes son mouvement de rotation grâce à ses rayons était-elle particulièrement bien reçue. Elle offrait l'avantage de concevoir un effet obtenu par un contact physique direct et permettait donc d'éliminer l'action à distance des scolastiques et les liens de sympathie et d'antipathie qu'affectionnait la magie naturelle de la Renaissance. Gassendi, par exemple, explique que le Soleil en rotation peut mettre en mouvement les autres planètes au moyen de ses rayons parce que les planètes ne sont, en elles-mêmes, ni légères ni lourdes. Elles peuvent changer de position sous l'action de la légère impulsion que représente un rayon de Soleil composé d'atomes¹⁹. Cyrano de Bergerac, son continuateur (Darmon, 2002), estimait lui aussi que la Terre tournait sous l'action des « rayons du Soleil » (Cyrano de Bergerac, 1921, p. 13 [*Les Etats et empires de la lune*]). Pour Otto von Guericke, le Soleil est une masse brûlante de métal bouillonnant située au centre du monde ; il tourne à grande vitesse et, par sa rotation, induit le mouvement des autres planètes²⁰. Les idées de Descartes et de ses successeurs sont bien connues : le mouvement des planètes autour du Soleil est dû à des tourbillons qui emportent les planètes, celles-ci n'étant pas elles-mêmes en mouvement²¹. Newton fait aboutir cette tendance à *physicaliser* le Soleil. Pour lui, le Soleil est avant tout une masse lourde au centre du monde, dont la force de gravitation maintient les planètes dans leur trajectoire²².

Tandis que le Soleil devenait le centre dynamique du monde (ou du système solaire), en parallèle, sa nature même faisait l'objet d'une réinterprétation. Abandonnant l'éther d'Aristote, la nouvelle cosmologie fit entrer dans le cosmos les éléments jusque-là propres à la Terre. Il devint ainsi naturel de considérer que le Soleil était un corps de feu. Gassendi présente le Soleil comme une

19. Gassendi, 1658/1964, vol. 4, p. 52a [*Institutio astronomica*]; cf. Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 635a, 639b, 643b [*Syntagma philosophicum*].

20. Guericke, 1672/1962, pp. 20a-21b, 201b, 202a-203b. Sur la cosmologie particulière de Guericke, voir Knobloch, 2003 ; Gabriel, 2010.

21. Descartes, 1897-1913, vol. 8, p. 92 [*Principia philosophiae*, III, 30] ; Huygens, 1888-1950, vol. 21, p. 819 [*Kosmotheoros*]; cf. Régis, 1690, vol. 1, pp. 413-415.

22. Voir, par exemple, Newton, 1726, p. 399.

énorme masse enflammée composée de particules très mobiles, à la surface de laquelle se forment des bulles incandescentes géantes. Par conséquent, la surface du Soleil ne peut être lisse. La circulation sanguine ayant été découverte, il utilise même, d'une façon inédite, la traditionnelle image du Soleil comme cœur du monde : le Soleil connaîtrait selon lui ses systoles et ses diastoles (« *in Sole, ut in corde veluti Systolen, Diastolenque* ») qui imprimeraient leur rythme à l'émission de *corpuscula ignea* (Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 512b et p. 647a-b [*Syntagma philosophicum*]).

Les savants non-coperniciens eux-mêmes, bien qu'ils aient réservé au Soleil un tout autre rôle dans le système du monde, eurent nettement tendance à le considérer comme un corps physique et commencèrent à décrire les étoiles et le Soleil comme des corps composés de feu²³. Après la découverte des tâches sur le Soleil, les astronomes catholiques eux-mêmes admirent que le Soleil tournait sur lui-même et furent donc plus enclins à réévaluer sa nature cosmologique. D'après Rheita (1645, vol. 1, p. 232 et p. 196), le Soleil est un « *flammeus igneusque globus* » qui tourne à grande vitesse. Dans son encyclopédie du savoir astronomique, Riccioli donne tout d'abord l'opinion des partisans d'Aristote, selon lesquels le Soleil « *non actu, sed virtute tantum calidum esset* », puis il présente la conviction de certains philosophes grecs et de certains de ses contemporains tels *noster Scheinerus*, Rheita, Kepler, Bullialdus ou Kircher (dans son *Ars lucis*) : selon eux, le Soleil est fait de feu. Comme pour confirmer cette opinion, Riccioli signale que les grands télescopes ont montré que le Soleil était de feu : « *tanquam ignitum Oceanum flammaram* » (Riccioli, 1651, vol. 1, p. 92b). Les jésuites d'Europe centrale Zimmermann (1661, pars II, prop. 1) et Szent-Ivany (1689, vol. 1, p. 41, 46 sq. [*Dissertatio Astronomica*]) se rallièrent, eux aussi, à l'idée selon laquelle un océan de feu liquide recouvrait la surface du Soleil.

Athanasius Kircher donne une des plus impressionnantes descriptions du Soleil dans son récit de voyage à travers le cosmos. Dans un des épisodes de celui-ci, son héros Theodidactus rêve qu'il vogue en compagnie de l'ange Cosmiel dans un bateau d'amiante à la surface d'un océan de feu liquide au milieu des tourbillons, des explosions et des exhalations de feu (Kircher, 1660, pp. 192-196). Dans un passage théorique, Kircher conteste la cosmologie et la métaphysique aristotéliennes. Il affirme à propos du Soleil : « *igneam eius esse substantiam, & formaliter calidum* ». Lui aussi se réfère à l'autorité d'auteurs tels que Josephus Blancanus ou Nicolaus Cabeus, outre des astronomes

23. Voir, par exemple, Boulliau, 1655, pp. 13-15.

jésuites, et mentionne même les Pères de l'Église et les Écritures²⁴. Les jésuites n'ont évidemment jamais pu admettre ni la nature physique de la rotation du Soleil, ni son action sur les autres planètes, contraints qu'ils étaient de soutenir qu'une intelligence mouvait le Soleil et les planètes, comme le leur enseignait leur *ratio studiorum*²⁵. Quelques jésuites feront plus tard exception, par exemple Szent-Ivany qui parvint à formuler plusieurs arguments contredisant l'idée selon laquelle des anges régissaient le mouvement des astres²⁶.

La tradition cosmologique disposait, pour qualifier le Soleil, d'attributs et de métaphores généralement usités, dont les plus fréquents étaient *rex mundi* et *cor mundi*²⁷. Au XVII^e siècle, cet ensemble d'attributs tomba en désuétude. Les qualités attribuées au Soleil changèrent et, comme l'a bien décrit Jean-François Stoffel (2005), l'héliolâtrie fut désacralisée. Plus que l'héliocentrisme, c'est la nature physique du Soleil qu'il était nécessaire d'admettre pour que cesse l'héliolâtrie. Or pour ce faire, il fallait abandonner la distinction établie par Aristote entre sphère sublunaire et sphère supra-lunaire — abandon qui n'allait pas forcément de pair avec l'acceptation de l'héliocentrisme.

1.3. Taille et éloignement du Soleil et des étoiles

Pour que les représentations liées à la signification cosmologique et à la fonction du Soleil évoluent, il fallait que se transforment aussi les idées liées à la taille du cosmos et à la taille et à l'éloignement des corps célestes²⁸. D'après Ptolémée, l'éloignement du Soleil était au maximum de 1260 rayons terrestres (en réalité, il est de 23 455 r. t.). Son diamètre valait cinq fois celui de la Terre (en réalité il est 109 fois plus grand). Dans le système ptoléméen de sphères concentriques emboîtées, l'éloignement maximal de Saturne (19 865 r. t.) cor-

24. Kircher, 1660, p. 171. Cf. p. 175 : « [...] *igneus est Sol, & ignis proprietates habet, formaliter calidum esse, & non virtualiter tantum, seu eminenter, ut Peripatetici asserunt* ».

25. Riccioli, 1651, vol. 1, p. 93b : « *Motiva vis, qua Sol motu aut vertiginis circa suum centrum, aut translationis circa Terram circumagitur [...] valde probabile est ab Intelligentia aliqua* » ; Kircher, 1660, p. 356 ; Zimmerman, 1661, *Corollarium* IX. Cf. Siebert, 2006, p. 107, n. 7.

26. Szent-Ivany, 1689, vol. 1, p. 73 [*Dissertatio astronomica*] : « *Quia vix capi potest, quomodo possit unus Angelus corpus tam stupendae magnitudinis tanta velocitate, tanto tempore, & tanta aequabilitate movere etc* ».

27. Cf. les différentes métaphores et attributs dans Riccioli, 1651, vol. 1, p. 92 *sq.* ; Kircher, 1660, p. 169.

28. Nous ne donnons pas ici d'explication synthétique scientifique et technique des mesures des distances dans le cosmos, se reporter pour cela à l'excellente étude de A. van Helden (1985).

respond à l'éloignement minimal de la sphère des étoiles fixes. Ptolémée avait conscience que la taille du cosmos ne pouvait être établie avec précision. C'est pourquoi il utilisait 20 000 r. t. comme valeur approximative, ce qui signifiait aussi que les étoiles étaient incluses dans une couche sphérique relativement mince²⁹. Depuis l'Antiquité tardive et jusqu'au XVI^e siècle, les astronomes s'en étaient souvent tenus à ces valeurs-là, à quelques variations près. Les estimations de la taille et de l'éloignement des corps célestes se précisèrent au cours du XVII^e siècle pour croître considérablement. Le Soleil se révélait être plus grand et plus éloigné et les étoiles, ces autres soleils, étaient désormais extrêmement éloignées de la Terre. Pour les partisans du géocentrisme, cette grande distance semblait prouver que les étoiles ne reflétaient pas la lumière du Soleil, mais brillaient de leur lumière propre et que, si elles n'étaient pas d'autres soleils, du moins elles étaient semblables à notre Soleil.

Dans son encyclopédie astronomique *Almagestum novum*, Riccioli donne un bon aperçu des opinions de son époque concernant la distance de la Terre au Soleil, sous la forme d'un tableau où sont rassemblées les estimations de cette distance selon différents astronomes. Pour l'Antiquité et le Moyen Âge, il donne les valeurs de Ptolémée, c'est-à-dire 1200 r. t. environ pour l'éloignement du Soleil, avec une parallaxe de 3'. Il donne ensuite pour Kepler (dans les *Tabulae Rudolphinae*) la valeur maximale de 3438 r. t. ; pour Lansbergen (1663, p. 33 [*Uranometria*]), 1550 r. t. ; pour Boulliau (1655, p. 196), 1486 r. t. et pour Rheita, 2073 r. t.³⁰. La valeur la plus élevée est donnée par l'astronome flamand Govaert Wendelen (en latin Godefridus Wendelinus) qui fit l'estimation d'une parallaxe solaire de 14'' et parvint donc à la valeur la plus juste avec 14 656 r. t. Elle était si élevée qu'elle parut néanmoins suspecte à ses contemporains (Wendelen, 1644, p. 29). Riccioli lui-même n'était pas d'accord avec le calcul de la parallaxe de Wendelen, ni avec les valeurs données à son époque et situées entre 2' 30'' et 3'. Il estimait la valeur de la parallaxe à 28'', ce qui l'amenait à un éloignement du Soleil de 7600 r. t.³¹. Otto von Guericke donne 2644 r. t. (2 274 000 miles allemands) pour l'éloignement du Soleil et estime que sa taille est 1521 fois celle de la Terre (Guericke, 1672/1962, p. 207 sq.). Sur la base de cette valeur, Guericke, un copernicien, calcula que le Soleil devait

29. Voir Ptolemaios, « Hypotheses Planetarum », dans Goldstein, 1967, p. 7. Cf. Evans, pp. 68-74 et pp. 387-389.

30. Rheita lui-même donne cette valeur dans un tableau dont il est l'auteur (1645, vol. 1, p. 194).

31. Riccioli, 1651, vol. 1, p. 110b ; cf. le tableau donnant la valeur de la parallaxe 113b. Et une autre synthèse dans Gassendi, 1658/1964, vol. 1, pp. 561b-563b [*Syntagma philosophicum*].

atteindre la vitesse de 166 miles par seconde dans sa course autour de la terre alors que dans le système de Copernic lui-même, le mouvement du Soleil est une illusion produite par le mouvement de la Terre qui parcourt à peine un demi mile par seconde (Guericke, 1672/1962, p. 209). Dans l'esprit propre aux coperniciens et en reprenant l'argument dit l'Achille³², Guericke souligne la grande économie de l'ordre copernicien. Le problème de l'Achille tourmentait Riccioli et il n'est guère surprenant de trouver, dans le Livre III de l'*Almagestum novum* consacré au Soleil, un tableau sur la *Velocitas Solis* où sont livrées les différentes valeurs de la vitesse du Soleil en fonction de son éloignement de la Terre — Riccioli estimait que le Soleil franchissait 547 miles par seconde. Un tableau supplémentaire indique que si la Terre tourne, elle le fait à la vitesse de 0,3 miles par seconde (Riccioli, 1651, vol. 1, p. 127a). Riccioli livre un autre tableau concernant la taille du Soleil. Les astronomes pré-coperniciens s'y voient attribuer la valeur que Ptolémée donnait à la taille du Soleil : 5 fois le diamètre de la Terre ; pour Kepler, 15 fois et 7 fois pour les astronomes Lansbergen et Boulliau. Riccioli (1651, vol. 1, p. 121a) donne, pour sa part, une valeur bien supérieure avec 36 fois ce diamètre, à savoir 350 068 miles romains³³. En règle générale, la plupart des astronomes de la première moitié du XVII^e siècle reconnaissaient la validité des mesures traditionnelles du Soleil. Seuls Kepler, Wendelen, Riccioli et Guericke les dépassaient sensiblement. Cependant, même les astronomes jésuites se sentirent obligés de corriger les dimensions du cosmos au vu des nouvelles découvertes.

Les astronomes tentèrent de calculer aussi l'éloignement des étoiles grâce aux fonctions trigonométriques et sur la base d'estimations des parallaxes des étoiles³⁴. Mesurer les parallaxes stellaires est encore plus difficile que mesurer la parallaxe solaire et les astronomes du XVII^e siècle n'y parvenaient pas. En l'absence de parallaxes observables, les coperniciens durent faire l'hypothèse de l'existence d'un immense espace vide entre les étoiles et Saturne. Leur cosmos en devint bien plus grand que celui de leurs collègues géocentristes³⁵. Tycho Brahé estimait que, dans un univers copernicien, les étoiles devraient être à une distance de 7 850 000 r. t. Une telle distance lui sembla absurde et il s'en tint à une valeur inférieure même à celle de Ptolémée, à savoir 14 000 r. t. (Van Helden, 1985, p. 50 *sq.*). Dans son *De stella nova* (1606), Kepler estime

32. Voir, par exemple, Lerner, 2008, pp. 86-135.

33. À comparer avec les données différentes de Gassendi, 1658/1964, vol. 1, pp. 576a-b [*Syntagma philosophicum*].

34. Siebert, 2005 ; comparer l'exposé détaillé donné par Siebert, 2006, pp. 155-293.

35. Voir par exemple le clair exposé donné par Gassendi, 1658/1964, vol. 1, pp. 150b-151a ; pp. 565a-565b [*Syntagma philosophicum*].

que la distance du Soleil à Saturne est de 3 200 000 r. t. (Kepler, 1938-2009, vol. 1, p. 232), celle du Soleil à la sphère des étoiles fixes est de 34 077 066 r. t. (Kepler, 1938-2009, vol. 1, p. 235). Dans l'*Epitome astronomiae copernicanae* (1617-1621), elle passe à 60 millions de r. t.³⁶ En 1630, l'astronome hollandais Philippe Lansbergen (1663, p. 3 [*Commentationes in motum terrae diurnum et annuum*]) évalua la distance des étoiles à 10 302 927 r. t., sur la base d'une estimation de la parallaxe à 3'', provoquant d'amples discussions dans les années qui suivirent. Un an plus tard, il publiait l'*Uranometriae libri tres* (1631) où ces valeurs augmentaient encore alors qu'il avait choisi une parallaxe bien inférieure : 7'22'' (Lansbergen, 1663, p. 69 sq.). Comme l'a montré Michel-Pierre Lerner, il aurait dû obtenir un résultat de 41 958 000 r. t. tandis qu'il parvint par erreur à 280 000 000 r. t.³⁷

Pour les astronomes catholiques, qui ne pouvaient rallier l'héliocentrisme, la situation était plus complexe. Dans les années 1670 encore, le jésuite slovaque Szent-Ivany reprit les dimensions de l'univers données par Tycho Brahé avec 13 000 r. t. comme éloignement des étoiles (Szent-Ivany, 1689, vol. 1, p. 67 [*Dissertatio astronomica*]). Le capucin Rheita (1645, pp. 194b-195a) supposait, en 1645, que l'éloignement des étoiles ne pouvait être inférieur à 20 millions de r. t. Dans le sixième livre de son *Almagestum novum*, intitulé *De stellis fixis*, Riccioli livre bien sûr un tableau des distances minimales des étoiles³⁸. Pour les auteurs non-coperniciens, il mentionne le plus souvent la valeur donnée par Ptolémée : 20 000 r. t. environ. Lui-même parvient à une valeur dix fois supérieure avec 210 000 r. t. Les astronomes coperniciens étaient en général très prudents dans leurs estimations chiffrées de l'éloignement des étoiles. C'est pourquoi Riccioli fit lui-même les calculs sur la base des paramètres qu'ils indiquent dans leurs livres et obtint des valeurs situées entre 13 millions de r. t. pour Galilée et 60 millions pour Kepler (avec de 3'' à 9'' de parallaxe). Cette première comparaison montre que l'univers des coperniciens était mille fois plus grand. Riccioli établit, sur la même page, un autre tableau dans lequel il reprend les calculs avec une valeur maximale de parallaxe (10'') et parvient à des chiffres encore plus élevés : 143 millions de r. t. pour Kepler, 61 millions pour Lansbergen et 605 millions pour Wendelen. Vers le milieu du XVII^e siècle, une si faible valeur de parallaxe semblait absolument inconcevable et les résultats étaient stupéfiants : la théorie héliocentriste en parut d'autant plus invraisem-

36. Voir, pour plus de détails, Lerner, 2008, pp. 128-129.

37. Cf. Lerner, 2008, p. 131 sq. Gassendi donne la valeur correcte dans ses *Institutiones astronomiae* (1658/1964, vol. 4, p. 60) et Riccioli dans son tableau (1651, vol. 1, p. 419a).

38. Riccioli, 1651, vol. 1, p. 419ab, cf. l'explication détaillée de Riccioli (1651, vol. 1, pp. 680-683).

blable. Les estimations de Riccioli étaient pourtant bien au-dessus de la réalité, puisque la plus proche des étoiles, *Proxima Centauri*, a une parallaxe de 0,77233'' et se trouve à une distance de 6,3 milliards de r. t.

Les astronomes tentèrent de calculer la taille des étoiles à partir des diamètres observables des étoiles fixes. Tandis que Kepler estimait que les étoiles étaient de petits corps enchâssés dans la sphère des fixes, Lansbergen, sur la base de son calcul erroné de leur éloignement et de leur diamètre observable, leur attribua des tailles qui parurent énormes à son époque. Selon lui, dans un premier groupe se trouvaient des étoiles d'un rayon de 40 712 r. t., — plus que le rayon de la trajectoire de la Terre (Lansbergen, 1663, p. 73 [*Uranometria*]). Un tel chiffre semblait excessif à Gassendi qui estimait que les étoiles étaient de la taille du Soleil et ne pouvaient en aucun cas dépasser 20 fois sa taille (Gassendi, 1658/1964, vol. 1, pp. 578b-579a [*Syntagma philosophicum*]). Dans le même tableau de Riccioli de, les valeurs données par Lansbergen comme diamètres visibles et diamètres éloignés des étoiles sont sensiblement plus élevées que les autres : la plupart des astronomes cités par Riccioli attribuent aux étoiles de la première catégorie des diamètres situés entre 4 et 7 r. t. Riccioli donne lui-même 17 r. t. pour un éloignement de 210 000 r. t. (Riccioli, 1651, vol. 1, p. 414).

Ces résultats qui concernant les distances de rayonnements des soleils doivent être replacés dans leur contexte : aussi bien Gassendi que Riccioli et Guericke soulignent explicitement qu'en l'absence de mesures, il s'agit de simples conjectures et d'estimations à la limite de l'extravagance³⁹.

Avec la croissance des distances cosmiques⁴⁰ et l'abandon de l'idée des sphères solides, il sembla plus probable que les étoiles étaient non plus serrées les unes contre les autres dans la sphère des étoiles fixes, mais séparées par des distances considérables. Gassendi écrit même que les étoiles sont séparées par des distances équivalentes à celle qui sépare la Terre de la plus proche des étoiles (Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 151a [*Syntagma philosophicum*]). Kircher approfondit cette idée avec habileté dans son récit de voyage cosmique. Il reprend le tableau de Riccioli sur la taille du Soleil et admet la valeur donnée par Rheita.

39. Riccioli, 1665, p. VIII : « *ex mera tantum coniectura probabilis* » ; Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 150b [*Syntagma philosophicum*], cf. I, 580a : « *Ad sphaeram Fixarum quod spectat, nihil heinc subsidij ; sed integrum cuique somnia amanti est tantam semidiametrum, distantiamve, quantam voluerit fingere [...]* » ; Guericke, 1672/1962, p. 224 : « *haec intervalla [...] non mensura, sed tantum aestimatione vel conjectura constare* ».

40. Pour une analyse de l'idée d'infinitude du cosmos, je renvoie à l'ouvrage classique d'Alexandre Koyré (1957). Cf. Seidengart (2006).

Selon lui, le Soleil est donc dix fois plus grand que la Terre (Kircher, 1660, 194 *sq.*). Les voyageurs de Kircher se rapprochent progressivement de la limite du système solaire à environ 100 000 r. t. de la Terre — valeur inférieure à celle de Riccioli (Kircher, 1660, p. 327). Néanmoins, au-delà de l'orbite de Saturne, la partie la plus spectaculaire du livre commence puisque s'ouvre le monde gigantesque des étoiles séparées les unes des autres par d'immenses distances. Les valeurs données par Kircher sont quelque peu confuses, mais Harald Siebert les a laborieusement reconstituées et estime que le cosmos imaginaire de Kircher mesurait 715 fois la distance de la Terre aux étoiles, qui est chez lui de 100 000 r. t.⁴¹.

Contrairement aux spéculations fantastiques de Kircher, les astronomes de la seconde moitié du XVII^e siècle essayèrent de fonder leurs données sur des mesures précises effectuées à l'aide des nouveaux instruments, en particulier le micromètre. En 1659, Huygens publia le *Systema Saturnium* où il présentait non seulement la découverte de l'anneau de Saturne, mais aussi de nouvelles valeurs de distances et de tailles des planètes, déjà plus proches de celles que nous connaissons aujourd'hui. Grâce à ces nouvelles observations, Huygens calcula à nouveau, et avec une assez grande précision, la distance du Soleil à la Terre : 25 086 r. t. L'éloignement minimal de Saturne est, selon lui, forcément au moins huit fois plus grand que la distance médiane entre la Terre et le Soleil ; il est donc d'environ 200 000 r. t. (Huygens, 1888-1950, vol. 15, pp. 347-349). Récapitulant les mesures du cosmos effectuées dans les Temps Modernes, Albert van Helden indique que dans les années 1670, aussi bien G. D. Cassini, Flamsteed que Newton se rallièrent à ces valeurs et donnèrent généralement comme distance de la Terre au Soleil 21 à 22 000 r. t. Selon Helden, on peut donc dire que, vers 1700, la plupart des astronomes estimaient que la parallaxe solaire horizontale était de 10'', la distance de la Terre au Soleil de 20 000 r. t. environ, et la taille du Soleil 1000 fois supérieure à celle de la Terre⁴².

Les astronomes de la fin du XVII^e siècle tentèrent ensuite d'évaluer l'éloignement des étoiles. Huygens, dans son *Kosmotheoros*, estime que l'éloignement de Sirius équivaut à 27 664 fois la distance de la Terre au Soleil, c'est-à-dire 660 000 r. t.⁴³. Or c'était trop peu encore. Newton était plus radical. Il pensait que la plus proche des étoiles devait être 100 000 fois plus éloignée que ne l'est Saturne du Soleil avec ses 200 000 r. t.⁴⁴.

41. Siebert, 2006, pp. 69-82, p. 82, note 29. Cf. Kircher, 1660, p. 363, p. 412.

42. Huygens, 1888-1950, vol. 21, pp. 815-817 [*Kosmotheoros*]. Cf. Van Helden, 1985, p. 158.

43. Huygens, 1888-1950, vol. 21, pp. 815-817 [*Kosmotheoros*]. Cf. Van Helden, 1985, p. 158.

44. Newton, 1731, p. 91. Cf. Van Helden, 1985, p. 158 *sq.*

Cette nouvelle façon de compter les dimensions cosmiques nécessitait un nouveau système de représentation, adapté à des valeurs très élevées. Les astronomes se rendaient compte que personne n'était capable de se représenter de tels nombres. Ils transposèrent ainsi les distances en unités de temps de chute, considérant dans leur analogie la chute de corps lourds. En effet, dans l'esprit de la physique aristotélicienne, une enclume ou une meule de moulin étaient réputées tomber plus vite qu'une plume⁴⁵. Zimmerman utilisa la distance du Soleil à son apogée donnée par Tycho Brahé, 1182 r. t., pour indiquer qu'un messenger parcourant 8 miles allemands par jour mettrait 347 ans à rejoindre le Soleil. Une meule (*lapis molaris*) tombant du Soleil mettrait plus de 30 jours à arriver sur la Terre (Zimmermann, 1661, pars I, prop. VI). Kircher se réfère à Mersenne et à Scheiner et indique qu'une meule tombant de la sphère des étoiles fixes mettrait 6 heures à rejoindre la Terre (Kircher, 1660, p. 357)⁴⁶. Dans un nouveau tableau (1651, vol. 1, p. 697)⁴⁷, Riccioli calcule, pour chaque astronome selon ses paramètres, combien mettrait une boule de métal pesant une livre pour tomber sur la Terre. Tombant du Soleil, elle mettrait selon Lansbergen 14 heures, selon Wendelen un jour et 20 heures, selon Riccioli un jour et 7 heures. Tombant des étoiles, la boule mettrait selon Kepler 87 jours pour rejoindre la Terre, 1766 jours d'après Lansbergen et 102 jours et 18 heures selon Riccioli. Ces comparaisons parvinrent jusque dans les cercles de la cour puisque La Bruyère indique, dans ses *Caractères* (1687), que si une meule de moulin tombait du Soleil, elle mettrait 114 années pour atteindre la Terre. Saturne est si éloignée que la même meule mettrait 1140 ans pour atterrir. La trajectoire de Saturne autour du Soleil est si longue qu'un cheval anglais mettrait 20 548 ans pour la parcourir (La Bruyère, 1985, pp. 449-450 [*Des esprits forts*, n°43]). Huygens prend lui une autre image : un boulet tiré d'un canon depuis la Terre mettrait 25 ans pour atteindre le Soleil ; tiré depuis Saturne, il mettrait 250 ans (Huygens, 1888-1950, vol. 21, p. 807 [*Kosmotheoros*]) ; pour rejoindre les étoiles les plus proches le même boulet mettrait 700 000 ans (Huygens, 1888-1950, vol. 21, pp. 815-817 [*Kosmotheoros*]) !

45. Cette analogie trouve sans doute son inspiration dans la littérature grecque : Hésiode déjà tentait d'expliquer la taille du cosmos en imaginant la chute d'une enclume qui aurait duré neuf jours et neuf nuits : Hésiode, 1977, pp. 57-58 [vv. 722-725].

46. Kircher se réfère à Scheiner et à Mersenne sans les citer précisément. Mersenne envisage la chute d'une meule de moulin dans son commentaire de la Genèse mais en estimant sa durée à 90 ans : Mersenne, 1623, p. 878 : « [...] *contempleris amplissimum illud firmamentum, cuius semidiameter tanta est, ut lapis molaris necessario anno 90 impensurus sit, donec ad nos usque decidat, licet horis singulis 200 miliaria conficiat [...]* ».

47. Pour l'interprétation physique de l'accélération de la boule dans le cosmos, voir Riccioli, 1651, vol. 1, p. 696 sq.

Pour résumer, tandis que Tycho Brahé pensait, à la fin du XVI^e siècle, qu'il existait une couche sphérique d'étoiles fixes à 14 000 r. t. de la Terre, à peine cent ans plus tard, Newton estimait que les plus proches étoiles se trouvaient à 20 milliards de r. t. En 100 ans, l'éloignement des étoiles avait été multiplié par plus d'un million. Une telle transformation des dimensions dans les représentations ne manqua pas de faire évoluer la façon dont les hommes concevaient leur position au sein du cosmos. Nous connaissons la réaction de Pascal, telle qu'il l'a rédigée dans ses *Pensées*, dans le fragment intitulé *Disproportion de l'homme* (Pascal, 1998, vol. 2, pp. 608-610). Il n'est pas certain que ses contemporains aient partagé ses sombres idées. Il semble en effet que les savants trouvèrent assez rapidement le moyen de compenser cette insignifiance de l'homme dans le cosmos.

2. Transformation de l'observateur du ciel

Si nous savons aujourd'hui que dans le copernicanisme, on ne peut pas considérer que géocentrisme et anthropocentrisme allaient de pair, il existe bien un concept fondé sur la connexion entre ces deux représentations. Toutefois, ce n'est pas à la description du cosmos qu'il se rapporte, mais plutôt au sens, à l'accessibilité et à l'extension de la connaissance que l'homme peut en avoir. Il s'agit du concept de *contemplator coeli* (« *spectator coeli*⁴⁸ ») que l'on trouve dans la philosophie grecque et romaine, en particulier chez les stoïciens.

2.1. Contemplateur du ciel

Que signifie le concept de *contemplator coeli*? Il s'agit d'une définition anthropologique, éthique, épistémologique et cosmologique de l'homme, fondée sur la relation téléologique ternaire existant entre l'homme, Dieu et le monde⁴⁹. Le concept de contemplateur du ciel exprime la conviction que l'observation du ciel étoilé, qui incarne l'ordre du cosmos, amène l'homme à connaître le monde, Dieu et soi-même. Cette idée est propre à l'école stoïcienne tout d'abord, mais on en trouve des variantes chez les présocratiques, chez Platon et ses élèves, et chez Aristote. L'idéal du *contemplator coeli* englobe de fait une série de traits qui varient selon différents contextes.

48. L'auteur du mot grec *kosmotheoros* est Christiaan Huygens, qui l'utilisa dans le titre de son ouvrage publié en 1698.

49. Je renvoie ici principalement à Probst (1995); Blumenberg (1966); Pfeiffer (2001, pp. 27-69); Boll (1950).

La philosophie grecque et romaine considérait qu'observer le ciel était l'activité humaine la plus élevée, celle qui avait le plus de valeur (Cicéron, trad. 1960, pp. 110-111 [*Tusculanes*, V, 3, 9]). L'homme dispose des facultés requises pour la pratiquer : il se tient droit et sa tête, son visage, est tourné vers le haut, au contraire des animaux qui regardent le sol⁵⁰. Cette disposition somatique témoigne de ce que l'homme est destiné à quelque chose de plus haut que la vie terrestre. Il tend vers le ciel d'où son âme est issue. L'homme a en outre été placé au centre d'un monde clos, puisque c'est du centre que l'on embrasse le mieux ce cosmos sphérique et fermé :

« Ce qui prouve que la nature veut qu'on la contemple et qu'il ne lui suffit pas d'un coup d'œil, c'est le lieu où elle nous a placés : elle nous a établis dans son centre, en disposant autour de nous le panorama du monde ; et elle ne s'est par bornée à mettre l'homme debout, mais, comme elle tenait à lui rendre la contemplation facile, pour qu'il pût suivre le mouvement des astres de leur lever à leur coucher et tourner son visage à mesure que tourne l'Univers, elle a dressé sa tête vers le ciel et l'a posée sur un cou flexible. » (Sénèque, trad. 2003, p. 117 [*De otio*, V, 4])⁵¹.

Cette disposition serait inutile sans le désir de l'exploiter. Ainsi la nature a-t-elle doté l'homme d'un esprit curieux qui lui permet de s'élever au-dessus de la condition animale de simple subsistance⁵², en comprenant l'ordre du monde qui a été créé pour lui et pour les dieux⁵³.

La théologie naturelle a toujours été une composante de l'idéal de *contemplator coeli*. L'homme est destiné à contempler le ciel afin de prendre conscience de l'existence des dieux et de leur providence. Le cosmos se manifeste à la vue de l'homme et sa beauté et son ordre le conduisent à reconnaître l'existence des dieux et de leur providence. Comprendre l'ordre divin du cosmos engage l'homme à la piété dont procèdent la justice et les autres vertus qui le conduisent à leur tour à une vie bienheureuse, à l'image de celle des dieux⁵⁴.

50. Ovide, trad. 1980, p. 10 [*Métamorphoses*, I, 84-86] : « *Pronaque cum spectent animalia cetera terram, / os homini sublime dedit caelumque videre / iussit et erectos ad sidera tollere vultus* ».

51. Cf. Brague, 1999, pp. 146-149.

52. Sénèque, trad. 2003, p. 117 [*De otio*, V, 3] : « *Curiosum nobis natura ingenium dedit et, artis sibi ac pulchritudinis suae conscia, spectatores [...]* ».

53. Cicéron, trad. 1978, p. 185 [*De natura deorum* II, 53, 133] : « *Ita fit credibile deorum et hominum causa factum esse mundum [...]* ». Cf. Cicéron, trad. 1978, pp. 211-212 [*De natura deorum*. I, 2, 4; II, 62, 154].

54. Cicéron, trad. 1978, pp. 210-211 [*De natura deorum*, II, 61, 153].

Par « contemplation » du ciel, il ne faut pas entendre une simple activité d'observation empirique. Il s'agit d'une métaphore qui renvoie à une philosophie, un art de vivre. La *vita contemplativa* est un programme de perfectionnement individuel, une thérapie individuelle de l'âme qui, par l'observation du ciel, se détache du monde terrestre pour se rapprocher du ciel dont elle est issue. L'homme n'est pas un habitant de ce monde, il tend vers le haut, vers son foyer⁵⁵. L'observation empirique des cieux n'est qu'un moyen, une impulsion donnée à l'effort philosophique et à la compréhension de l'ordre du monde. Qui comprend le monde, comprend sa place dans le monde et devient vertueux, et par là-même heureux. Pour la philosophie gréco-romaine, connaissance du monde, connaissance de dieu et perfectionnement moral ne font qu'un.

Une réciprocité existe entre l'observant et l'observé : l'homme est prédisposé à l'observation et le monde a été conçu pour être observé. Le monde a besoin de son témoin, sans quoi toute la beauté de l'œuvre divine resterait vaine⁵⁶. Pour être accompli, le monde a besoin d'un observateur. Le monde demeure incomplet sans la pensée qui se saisit de l'œuvre et l'admire. C'est justement pour cela qu'il a été donné à l'homme de se tenir droit, de disposer de sa raison et d'être placé au centre du cosmos. Cette idée peut être nommée principe du témoignage.

Les Pères de l'Église restaient circonspects envers l'idéal de l'observateur du ciel dont l'intérêt était mêlé de *curiositas* et de dévotion envers les corps célestes. À observer le ciel, à contempler l'ordre de la nature, le chrétien se détournait de ce qui était réellement important : trouver Dieu en son for intérieur⁵⁷. En dépit de ces réserves théologiques, le concept de l'observateur du ciel perdura sous différentes formes dans la littérature du Moyen Âge et de la Renaissance. Sa plus célèbre mention est sans doute la description de la création de l'homme que livre Jean Pic de La Mirandole au début de l'*Oratio de hominis dignitate*. On le trouve aussi chez les auteurs d'histoire naturelle de la Renaissance⁵⁸ et il

55. Cicéron, trad. 1978, p. 193 [*De natura deorum*, II, 56, 140] : « *Sunt enim ex terra homines non ut incolae atque habitatores, sed quasi spectatores superarum rerum atque caelestium, quarum spectaculum ad nullum aliud genus animantium pertinet* ».

56. Sénèque, trad. 2003, p. 117 [*De l'oisiveté*, 4, 2] : « *Haec qui contemplatur quid deo praestat ? Ne tanta eius opera sine teste sit* ». Cf. Blumenberg, 1976/1996a, p. 26.

57. Voir Pfeiffer, 2001, pp. 70-103 ; Groh, 2003, pp. 24-420 ; Brague, 1999, pp. 89-102, pp. 118-121 ; Špelda, 2014 ; Blumenberg, 1976/1996a, pp. 309-376.

58. Cardano, 1580, f. 3 r^o : « *Nonne omnium foelicissimi sunt spectatores ab omni cura & solitudine vacui ? [...]* Itaque vester hoc totum mundi spectaculum, haec pompa, quasi omnium sapientium solum causa facta esse ». Bodin, 1596, p. 633 : « [Deus] hominem non in abdito

fait partie des motifs favoris des astronomes (Tycho Brahé, 1913-1929, vol. 1, p. 152 [*De disciplinis mathematicis*]).

La science moderne abandonna, à bien des égards, l'idéal de connaissance contemplative de l'Antiquité. L'examen collectif et méthodique de la nature, mené sans objectif de perfectionnement intérieur et de bonheur, mais bien plutôt en vue de l'utilité, remplaça la contemplation du théoricien grec isolé, thérapie de l'âme et pratique de vie, dénuée de toute ambition pratique d'utilité (Hadot, 2004 & 2002). Ce processus complexe, qui transforma la *theoria* antique en sciences au sens moderne du terme, passa par l'abandon de l'idéal traditionnel de l'observateur du ciel, remplacé par un type moderne d'observateur. Nous allons voir maintenant les manifestations particulières de ces transformations en ce qui concerne l'appréhension du Soleil et des étoiles.

2.2. Refus de l'anthropocentrisme

Dans l'esprit des traditions stoïcienne et platonicienne, Kepler considérait que l'homme était contemplateur du ciel. Il lui fallut simplement ajuster cette définition à l'ordre héliocentré du cosmos dans lequel le centre du monde, ce lieu privilégié d'observation, était déjà occupé. Aussi Kepler corrigea-t-il le concept de contemplateur :

« afin de contempler [l'univers], ce pour quoi il a été créé et a reçu des yeux comme ornements et comme instruments [*contemplationis causa, ad quam homo factus, oculisque ornatus et instructus est*], l'homme ne pouvait rester immobile au centre du monde, mais [...] il fallait qu'il voyage grâce au mouvement annuel sur ce navire terrestre pour réaliser une inspection circulaire, tout comme les arpenteurs qui mesurent des objets inaccessibles vont de place en place de façon à se ménager, avec les intervalles de leurs stations, une base appropriée pour la triangulation [...]. C'est donc avec la plus grande sagesse que notre globe apparaît avoir été attribué à l'homme afin qu'il puisse observer toutes les planètes. » (Kepler, 1993, p. 31 (= 1938-2009, vol. 4, p. 309)⁵⁹.

En transportant l'homme sur un poste d'observation mobile, Kepler distingue deux centres : le centre cosmologique de l'univers occupé par le Soleil et le centre d'observation que devient la Terre mobile. Dans l'épistémologie de

angulo, sed in mundi medio collocavit, ut multo facilius ac melius quam in coelo rerum omnium universitatem contempleretur, & eius opificia omnia [...] ».

59. Cf. Kepler, 1938-2009, vol. 2, p. 227 [*Paralipomena ad Vitellionem*]. Ces passages sont bien connus, Isabelle Pantin y fait référence avec pertinence (2008, p. 18).

l'homme selon Kepler, il n'est plus indispensable d'être placé au centre ; l'observation du cosmos demeure néanmoins attachée à une position privilégiée. La complète délocalisation de l'épistémologie ne s'accomplira que plus tard. Dans l'astronomie de Kepler, l'homme reste étroitement lié au cosmos. Le monde a été créé selon des normes géométriques quantitatives et l'esprit humain a reçu l'aptitude d'examiner cette structure géométrique⁶⁰. L'homme est *imago Dei*, semblable à Dieu, par sa capacité à saisir les vérités fondamentales (mathématiques) de la création. Dieu a accordé à son image les dispositions nécessaires pour qu'elle comprenne les lois et les relations numériques et géométriques qui composent le divin plan mathématique du monde⁶¹.

La philosophie naturelle mécaniste rejetait les représentations anthropocentrées de l'ordre du monde. Le mécanisme séparait strictement un Dieu transcendantal de la nature, en soulignant tout d'abord la vulnérabilité ontologique du monde, qui dépend à chaque instant de la volonté de Dieu, volonté impénétrable et inaccessible à l'homme (principe que l'on nomme volontarisme)⁶². L'anthropocentrisme devient dès lors un préjugé irrationnel qui manifeste l'admiration acritique de l'homme envers lui-même. D'après Gassendi, c'est du narcissisme que de penser que le monde a été créé à cause de nous. Si une chose n'a aucun lien avec nous, si elle ne nous sert pas et ne nous est pas destinée, nous ne pouvons pas considérer pour autant que cette chose est vaine ou qu'elle n'existe pas dans la nature. Dieu a tout fait pour lui-même (*propter semetipsum*) et non pour nous⁶³. Ces mots témoignent de la rupture radicale de la nouvelle cosmologie avec la tradition de la Renaissance. Copernic supposait que Dieu avait créé le monde *propter nos*⁶⁴. Pour Kepler aussi, le monde avait

60. Kepler, 1938-2009, vol. 13, p. 113 [lettre à Mästlin, 19 avril 1597, n° 64] : « *Cum Deus omnia ad quantitatis normas condiderit in toto mundo : mentem etiam homini datam, quae talia comprehendat [...] mens hominis non ad quaevis, sed ad quanta intelligenda condita est, remque quamlibet tanto rectius percipit, quanto illa propior est nudis quantitibus, ceu suae origini* ».

61. Kepler, 1938-2009, vol. 13, p. 309 [lettre à Herwart, 9 avr. 1599, n° 117] : « *Haec sunt intra captum iudicii humani, haec nos scire deus voluit, dum ad suam nos imaginem condidit, ut in consortium earundem secum ratiocinationum veniremus* ». Cf. Barker, 1997.

62. Voir Blumenberg, 1996b, pp. 205-252 ; Ashworth, 2003 ; Funkenstein, 1986, pp. 317-322 ; Osler, 1994. Pour une synthèse de la recherche anglo-américaine, cf. Harrison, 2002 ; Henry, 2009 ; Harrison, 2009.

63. Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 529 [Syntagma philosophicum] : « [...] nobis tantum tribuimus, ut Deus, nisi nostri causa nihil fecerit ; ac, si aliquid cogitetur, quod è re nos, usûque nos sit, id aut frustrâ, aut etiam non esse autememus. Nam legimus quidem Deum propter semetipsum operatum omnia [...] ». Cf. *ibid.*, vol. 1, p. 151a.

64. Copernic, 1543/2015, vol. 2, p. 8 : « [...] quod nulla certior ratio motuum machinae mundi, qui propter nos ab optimo et regularissimo omnium opifice conditus esset [...] ».

été créé *propter hominem*⁶⁵. Pour Descartes, comme pour Gassendi, une telle conviction devient inadmissible : l'éthique peut certes affirmer que le monde a été créé *propter nos* ; l'éthique oui. Mais pour la physique, une telle hypothèse est ridicule et inepte (*ridiculum & ineptum*⁶⁶). Les nécessités et les préjugés de la raison humaine ne sauraient poser de limites à l'infinitude de la volonté de Dieu et à l'impénétrabilité de sa volonté :

« si nous nous persuasions que ce n'est que pour nostre usage que Dieu a créé toutes les choses, ou bien seulement si nous prétendions de pouvoir connoître par la force de nostre esprit quelles sont les fins pour lesquelles il les a créées. » (Descartes, 1897-1913, vol. 9/2, p. 104 [*Les Principes de la philosophie*, III, 2]).

La philosophie naturelle mécaniste ne garantissait pas à l'homme l'accès à la nature de la création. Gassendi souligne que l'homme ignore le caractère des phénomènes célestes, puisque le créateur *haec omnia pro arbitrio suo constituerit*. L'intellect qui crée est distinct de l'intellect qui découvre ; la transcendance les sépare. Nous ne savons pas pourquoi les planètes se meuvent comme nous l'observons ; nous savons seulement que Dieu l'a voulu ainsi⁶⁷. Il y a là une différence fondamentale avec Kepler qui savait pourquoi les planètes étaient agencées comme nous l'observons. Les philosophes du XVII^e siècle rejettent la foi platonicienne de Kepler dans une rationalité inhérente au monde, accessible à la compréhension de l'homme puisque ce dernier partage les pensées mathématiques de Dieu⁶⁸. Gassendi explique même à propos de Kepler que nous n'avons aucune part aux décisions divines concernant l'emplacement des étoiles dans l'espace⁶⁹. Le mécanicisme conçoit le monde comme un fait de la

65. Kepler, 1938-2009, vol. 1, p. 78 [*Mysterium cosmographicum*] ; cf. p. 30 : « *Finis enim et mundi omnis creationis Homo est* ». Sur les fondements théologiques de l'anthropocentrisme de Kepler, voir Methuen, 1998.

66. Descartes, 1897-1913, vol. 8, p. 81 [*Principia philosophiae*, III, 3].

67. Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 640b [*Syntagma philosophicum*] : « [...] *ac nostra ignorantia agnoscenda denique sit, fatendumque nobi nihil esse perspectum ; praestabilius longe videtur primo illico gradu profiteri haec sic se habere, quia Opifex summus, sapientissimusque sic se habere voluerit [...]* ».

68. Riccioli écrit par exemple à propos de l'hypothèse de Kepler concernant les corps platoniciens : « *Nos autem existimus Deum O. M. non respexisse ad illas proportionem, quae nobis pulchrae videtur, sed ad eas, quae ad finem ab ipso volitum in Mundi huius inferioris regimine erant idoneae* ». Voir Riccioli, 1665, p. VIII-b. Cf. Gassendi, 1658/1964, vol. 1, pp. 570a-571b [*Syntagma philosophicum*].

69. Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 571b [*Syntagma philosophicum*] : « [...] *divinorum consiliorum in constituendis Siderum interapedinibus, & distantis non fuerimus participes [...]* ».

toute-puissance réifiée de Dieu dont les causes finales échappent à l'homme. L'impénétrabilité des raisons de l'ordre du cosmos ne peut que susciter l'admiration envers la sagesse divine.

Pour exprimer cette opinion, certains ont utilisé le Soleil. Dans une lettre à Bentley du 10 décembre 1692, Isaac Newton explique ainsi la position du Soleil au centre de notre système : « *Why there is one body in our Systeme qualified to give light & heat to all ye rest I know no reason but because the author of ye Systeme thought it convenient [...]* » (Newton, 1961, vol. 3, pp. 234-235). Pour Newton, l'homme n'est plus le *contemplator coeli* qui s'élève grâce à sa compréhension de l'ordre et de la beauté du cosmos. L'homme ne peut que reconnaître la complète domination du souverain absolu qui sait ce qu'il fait et qui n'est tenu de fournir aucune explication à l'homme.

Le refus du caractère anthropocentrique de la création est manifeste dans la réflexion menée sur le Soleil et les étoiles. Descartes écrit, dans sa lettre à l'Hyperaspistes, que l'orgueil de l'homme est infantile lorsqu'il estime que Dieu « n'aurait créé le Soleil, qui est plusieurs fois grand comme la Terre, à autre fin (« *alio fine creatum esse* ») que d'éclairer l'homme, qui n'en occupe qu'une très petite partie »⁷⁰. De même Cyrano de Bergerac, partisan de Gassendi, écrit que les gens, dans leur insupportable arrogance, sont persuadés que le monde a été créé pour eux, « comme s'il estoit vraysemblable que le Soleil, un grand corps quatre cens trente quatre fois plus vaste que la Terre, n'eut esté allumé que pour meurir ses neffles, et pommer ses choux » (Cyrano de Bergerac, 1921, p. 13 [*Les Etats de la Lune*])⁷¹.

Vers le milieu du XVII^e siècle au plus tard, il devint inadmissible que les étoiles ne brillent, elles aussi, que pour l'homme. Mais quel est donc le sens de ces énormes soleils rayonnants qui sont si éloignés de l'homme que leur lumière, vue depuis la terre, apparaît comme un simple point vacillant dans le ciel ? John Wilkins explique, dans son *Discourse Concerning a New Planet* (1640), que l'on ne peut pas juger de la finalité des étoiles d'après leur accessibilité à l'observation des hommes⁷². Athanasius Kircher supposait que les étoiles étaient disposées selon le dessein de Dieu. Au commencement, lorsque Dieu sépara la lumière des ténèbres, il remit une partie de la lumière aux grands

70. Descartes, 1897-1913, vol. 3, p. 431 n. [Descartes à l'Hyperaspistes, août 1641], cité d'après Descartes, 1967, vol. 2, p. 370. Cf. Mehl, 2013.

71. Voir de même Huygens, 1888-1950, vol. 21, p. 795 [*Cosmotheoros*].

72. Wilkins, 1802, vol. 1, p. 202 [*That the Earth may be a Planet*] : « [...] *our disability to comprehend all those ends which might be aimed at in the works of nature, can be no sufficient argument to prove their superfluity* ».

astres, afin qu'ils éclairent le cosmos et participent à sa conservation. Sans la lumière en effet, une grande partie du monde serait noyée dans les ténèbres qui sont le plus grand mal de la nature (« *quod summum naturae malum est* » [Kircher, 1660, p. 351]). Gassendi voyait, lui aussi, dans le positionnement des étoiles un plan divin. Dieu a placé les étoiles dans les parties lointaines du cosmos afin qu'elles l'éclairent, le réchauffent et l'animent de leurs rayons⁷³.

La question de la finalité des soleils dans le cosmos en induisait une autre : pourquoi y aurait-il de la lumière et de la chaleur dans des parties de l'univers qui sont éloignées et invisibles à l'homme si personne n'en avait l'usage ? La foi en une téléologie et une économie de la nature conduisait naturellement à répondre que les étoiles brillent dans le cosmos afin d'assurer les conditions nécessaires à la vie d'autres créatures. Et ces dernières sont dans le cosmos afin de témoigner de la sagesse du Créateur. Kepler déjà était persuadé que le mouvement des lunes de Jupiter est un spectacle si admirable qu'il a nécessairement des témoins et que Jupiter est sûrement habitée (Kepler, 1938-2009, vol. 4, p. 306 [*Dissertatio*]).

Rheita se réfère à Nicolas de Cues qui écrit, dans *De docta ignorantia*, que Dieu a rempli toutes les parties de l'univers afin qu'elles ne soient pas vides et que la Terre ne soit pas seule à être habitée⁷⁴. Guericke mentionne la citation de Cues par Rheita et ajoute, parmi les raisons qui plaident pour une pluralité des mondes habités, qu'il est impossible que notre petite Terre soit habitée et que les autres planètes, qui sont bien plus grandes, ne le soient pas (« *esse vacua animalibus* » [Guericke, 1672/1962, p. 216a]). Les étoiles brillent justement pour éclairer leurs planètes, de sorte que leur lumière ne demeure pas inutilisée (« *ne lux earum sit frustranea* » [Guericke, 1672/1962, p. 231a]).

Lorsque Chanut décrit à Descartes ses conversations avec la reine Christine à propos de la position de l'homme dans l'immense cosmos cartésien, il révèle que, pour les penseurs de son temps, l'hypothèse selon laquelle il existe une vie extraterrestre est une question de mesure géométrique et de proportion entre

73. Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 667b [*Syntagma philosophicum*] : « [...] *credibile sit nihil esse Fixas aliud, quam totidem veluti Soleis, quos Deus in illa regione extrema collocaverit, & tot, tantosque fecerit, ut possent hucusque, aut sensibilibus, aut aliquos saltem diffundere radios* ».

74. Rheita, 1645, p. 179b : « [...] *ne tot loca coelorum & stellarum sint vacua, & non solum ista terra fortassis de minoribus habitata* [...] ». Il s'agit d'une citation issue de : *De docta ignorantia* II, 12 ; voir Nicolas de Cuse, 2002, vol. 1, p. 100.

le grand et le petit⁷⁵. Entre l'univers immense et la petite Terre habitée, il règne une démesure que seule la multiplication de ce qui est petit peut effacer. Dès lors on supposera l'existence de nombreuses planètes habitées. On trouve ici le principe d'un anthropocentrisme renversé particulièrement en faveur dans la cosmologie du XVII^e siècle : nous ne pouvons refuser aux autres mondes ce que nous avons ici sur la Terre et nous leurrer avec complaisance sur notre exceptionnalité.

Se référant à Campanella, Pierre Borel affirme que Dieu et la nature ne font « rien en vain » et qu'il est donc raisonnable de penser que sur les autres corps célestes comme sur la Terre, existent non seulement les quatre éléments, « mais aussi les hommes, bestes, & plantes, & tout ce qui se void parmy nous » (Borel, 1657, p. 20). Pour Fontenelle déjà, il est évident que les planètes sont habitées, car on ne peut se figurer « aucun autre usage pour lequel elles eussent été faites » (Fontenelle, 1991, p. 118 [*Entretiens sur la pluralité des mondes*]). Dans un monde que la nature à rempli de vie, s'imaginer que notre planète habitée est une exception est un préjugé : « tout est vivant, tout est animé » (Fontenelle, 1991, p. 70 [*Entretiens sur la pluralité des mondes*]). Huygens ensuite construit toute sa cosmologie et son exobiologie autour du principe de témoignage et du rejet de l'anthropocentrisme :

« On peut au contraire soutenir, précisément parce qu'une grande partie des œuvres de Dieu est placée en dehors de la vue des hommes et semble n'avoir aucun rapport avec eux, qu'il doit vraisemblablement y avoir des êtres qui contemplent et admirent ces œuvres de près [« *illa propius aspiciant & admirentur* »]. » (Huygens, 1888-1950, vol. 21, pp. 686-687 [*Kosmotheoros*]).

Des *spectatores aliqui* existent forcément sur les autres planètes : « non certes des hommes semblables à nous, mais cependant des êtres vivants usant de raison ». Une planète qui tourne autour d'une étoile aurait été créée « en vain, sans aucun but ou propos, s'il n'y avait pas eu ce dessein qu'elle serait contemplée par quelqu'un qui pourrait faire état de son élégance, en retirer les

75. Descartes, 1897-1913, vol. 10, p. 621 [Chanut, lettre à Descartes, le 11 mai 1647] : « Et il est certain que si nous concevons le monde en cette vaste étendue que vous lui donnez, il est impossible que l'homme s'y conserve ce rang honorable : au contraire, il se considérera comme un petit recoin avec toute la terre qu'il habite, sans mesure et sans proportion avec la grandeur démesurée du reste. Il jugera bien probablement que toutes ces étoiles ont des habitants, ou plutôt encore des terres autour d'elles, toutes remplies de créatures plus intelligentes et meilleures que lui ; certes au moins perdra-t-il l'opinion que cette grandeur infinie du monde soit faite pour lui, ou lui puisse servir à quoi que ce soit ». Cf. *Principia philosophiae*, III, 40.

fruits, et admirer la sagesse du souverain architecte » (Huygens, 1888-1950, vol. 21, pp. 712-713 [*Kosmotheoros*]).

La physico-théologie anglaise défendait aussi cette idée. On la trouve dans les *Boyle Lectures* de Richard Bentley (1838, vol. 3, p. 174 *sq.* [*A Confutation of Atheism*]) de 1692 et dans l'*Astrotheology* (1714) de William Derham (1714, p. XLVII)⁷⁶. À la fin du XVII^e siècle, la téléologie du cosmos et l'économie de la nature avaient donc toujours cours (Brooke, 2000). Cependant, on ne les utilisait plus pour expliquer la configuration du cosmos, mais, comme le demandait Descartes, pour renforcer la piété. Mettre l'accent sur la finalité du cosmos devait permettre à l'homme de prendre conscience de la diligence du créateur et non d'expliquer les phénomènes naturels. Le mécanicisme avait ôté à l'homme l'assurance que le cosmos avait été créé par égard pour la pensée humaine. Pour connaître les raisons de la création du cosmos, il ne disposait que de la réponse d'Augustin : « *quia voluit*⁷⁷ ». Cependant, la foi en une téléologie de la nature donnait toujours à l'homme l'assurance que le monde possédait un ordre inhérent, même si son sens et ses raisons ne lui étaient pas nécessairement connus. L'univers et le monde étaient organisés selon un plan et un projet au sein duquel le Soleil jouait à nouveau un rôle important.

Le Soleil était le facteur qui induisait une stratification et une hiérarchie, et dont l'impact était direct sur le mouvement des planètes et sur la distribution et l'aspect de la vie dans le cosmos. Gassendi affirme que Mercure et Vénus étant les plus près de cette source de vie qu'est le Soleil, leur substance est plus noble (« *tanto substantia sint nobiliore* ») et plus sensible à l'action de la lumière et de la chaleur que ne l'est la substance de la Terre. Cette gradation s'applique en direction des planètes situées vers l'extérieur du système : Mars, Jupiter et Saturne sont plus éloignées et donc moins nobles et moins sensibles à la chaleur et à la lumière. De la variété des substances des planètes dépend ensuite celle des choses qui s'y trouvent. Ainsi pour Gassendi, l'équivalent extra-terrestre de ce que l'on nomme « animaux » sur la Terre, sera plus petit, mais plus perfectionné (« *minora quidem sed perfectiorem* ») sur Mercure que sur Vénus où ils seront à leur tour plus petits et plus parfaits que les animaux de la Terre, et ainsi de suite. Si des animaux (*animalia*) vivent sur le Soleil, alors ils sont certainement les plus grands et les plus nobles, parce que le Soleil surpasse

76. Cf. Harrison, 2008, pp. 264-265. Pour une étude sur la physicothéologie et son importance, voir : Harrison, 2005 ; Groh, & Groh, 1991, pp. 105-120 ; Mandelbrote, 2007 ; Gaukroger, 2006, pp. 149-151 ; Armogathe, 2007, pp. 251-263.

77. Augustin, 1865, p. 175 [*De genesi contra manichaeos libri duo*, I, 2, 4] : « *Qui ergo dicit : Quare fecit Deus coelum et terram ? respondendum est ei, Quia voluit* ».

tous les autres corps célestes par sa noblesse⁷⁸. Chez Gassendi, l'éloignement des différentes planètes par rapport au Soleil détermine le caractère et la diversité de la vie qui les anime. Cela signifie que la Terre n'est pas un cas exceptionnel, mais un simple élément au sein d'une gradation dégressive de la nature qui est renversée par rapport à celle d'Aristote, chez qui la perfection des corps décroissait en fonction de leur éloignement à partir de l'extérieur du système. La Terre devient un type de corps dont la diversité naturelle correspond à son éloignement du Soleil.

Ces considérations sur la distribution de la vie dans le cosmos supposaient l'existence d'un principe d'adaptabilité des formes de vie aux climats. Cette dernière idée semble être issue de la théorie des climats qui avait vu le jour dans l'Antiquité, dans le corpus hippocratique, et que les historiens de la Renaissance, le plus connu étant Jean Bodin, utilisaient souvent lorsqu'ils essayaient d'expliquer les différences qui affectent l'histoire des différentes sociétés, des États ou des nations (Del Prete, 2000). La théorie des climats enseigne que la race humaine est divisée en plusieurs groupes dont les caractères diffèrent selon le climat auquel ils sont soumis. Ce principe ancien était ici appliqué à des mondes différents. Kepler est le premier à le faire dans son *Somnium*, lorsqu'il décrit la vie des habitants de la Lune, en présupposant leur adaptabilité au climat. Les habitants des mondes sont adaptés à leur milieu ; chaque être vit en accord avec les conditions auxquelles il est soumis et meurt si ces dernières changent (Kepler, 1938-2009, vol. 11/2, p. 363)⁷⁹. Le principe de Kepler de l'adaptabilité fut régulièrement utilisé par la littérature lorsqu'elle colonisa l'espace, parce qu'il permettait de déduire *a priori* le caractère des extra-terrestres à partir des résultats de l'observation des planètes. Gassendi admit la validité de ce principe. Il supposait même que des êtres vivants pouvaient vivre sur le Soleil et sur les étoiles qui sont des soleils. Ces êtres devaient être adaptés à l'ardente masse bouillonnante incandescente du Soleil et, placés dans un autre milieu, ils seraient morts (Gassendi, 1658/1964, vol. 1, pp. 528a-b [*Syntagma philosophicum*]).

Fontenelle écrit, dans ses *Entretiens*, que la diversité naturelle des différentes planètes augmente à mesure que ces dernières sont plus éloignées du Soleil, de sorte que c'est donc en allant vers la périphérie que la noblesse des corps croît : « Apparemment les différences augmentent à mesure que l'on s'éloigne »

78. Gassendi, 1658/1964, vol. 1, pp. 527b-528a [*Syntagma philosophicum*] : « [...] si aliqua etiam Animalia in illo [scil. Sole] supponas, congruum sit ea esse longe maxima, nobilissimaque ; prout Sol substantiae ut mole, sic nobilitate globis caeteris maxime praeceat ».

79. Cf. Bezzola Lambert, 2002, pp. 95-98.

(Fontenelle, 1686/1991, p. 71). Fontenelle apporte pour preuve le fait que, selon les observations, il y a plus de lunes à la périphérie du système solaire : Saturne en a cinq, outre son anneau. La question du caractère des habitants des planètes est plus complexe. Fontenelle applique, lui aussi, le principe de l'adaptabilité climatique. D'après lui, rien ne peut vivre sur le Soleil. Plus on s'éloigne du Soleil inhabité, plus la vivacité, la joie et l'enthousiasme des habitants décroissent. Vénus est habitée par « un petit Peuple noir, brûlé du Soleil, plein d'esprit et de feu, toujours amoureux, faisant des Vers, aimant la Musique, inventant tous les jours des Fêtes, des Danses et des Tournois » (Fontenelle, 1686/1991, p. 78). Sur Saturne, des Saturniens pâles et flegmatiques vivent dans un froid perpétuel (Fontenelle, 1686/1991, p. 93 *sq.*).

Les idées de Fontenelle sur la stratification du système solaire contiennent déjà les idéaux des Lumières. Tandis que la philosophie du XVII^e siècle tentait de se libérer de l'héritage de l'anthropocentrisme et de l'anthropomorphisme, les Lumières, à leurs débuts, cherchent à asseoir leur exclusivité. Dans la cosmologie de Fontenelle en effet, la Terre est placée au centre, entre les planètes de l'intérieur et celles de l'extérieur, entre le monde de la chaleur et des métaux liquides et celui du froid où l'eau est pétrifiée en glace. Aussi trouve-t-on sur la Terre des représentants de tous les types dans une variante adoucie : des colériques mercuriens et des saturniens flegmatiques, car « nous sommes un mélange de toutes les espèces qui se trouvent dans les autres Planètes ». Placée au centre, la Terre est un lieu en or et la marquise de ses *Entretiens* se réjouit de se trouver à l'endroit le plus agréable du cosmos : « moi je veux lui rendre grâce d'être sur la Planète la plus tempérée de l'Univers, et dans un des lieux les plus tempérés de cette Planète » (Fontenelle, 1686/1991, p. 95). Il ne s'agit plus d'un anthropocentrisme naïf, mais de la réaffirmation que nous, notre Terre et notre culture sommes la mesure de toute chose. Les Lumières, chez Fontenelle, se proclament l'étalon auquel tout est confronté.

Huygens, comme Fontenelle⁸⁰, utilise l'idée selon laquelle la nature tend à atteindre la plus grande diversité possible et que celle-ci dépend de l'éloignement du Soleil :

« Il est au contraire croyable que la principale différence entre les êtres engendrés à la surface de ces globes distants et les nôtres n'est que celle qui provient de leur distance du Soleil, supérieure ou inférieure à la nôtre, le Soleil étant pour chacun d'eux la source de la

80. Pour une comparaison de Fontenelle et Huygens, voir Aït-Touati, 2011, pp. 110-114 ; Bezzola Lambert, 2002, p. 129.

chaleur et de la vie. » (Huygens, 1888-1950, vol. 21, pp. 702-703 [*Kosmotheoros*]).

Huygens ne juge pas utile d'exalter la position cosmologique du Soleil, mais tente plutôt, à tous les niveaux de son traité, de respecter le principe d'un anthropocentrisme renversé. C'est pourquoi il hésite à acquiescer à la noblesse des habitants du système solaire. En effet, en homme des Lumières, la noblesse de l'esprit est pour lui synonyme d'exercice de la raison, d'abandon des préjugés et de maturité en matière de civilisation. Huygens cherche à savoir si les habitants de Mercure, qui est plus proche du Soleil, ne seraient pas plus intelligents que nous (« *illi nobis ingenio praestare putandi sint* »). Sa réponse n'est pas univoque. Il adopte le principe de l'adaptation au climat lorsqu'il affirme que sur Terre, les habitants des régions chaudes sont primitifs. Les habitants de Mercure devraient donc être des sots. Cependant, il écrit plus loin qu'il ne veut pas faire des habitants de Jupiter ou de Saturne des idiots, ce qui serait le cas s'il considérait que l'intelligence est proportionnelle à l'éloignement du Soleil (Huygens, 1888-1950, vol. 21, p. 771 [*Kosmotheoros*])⁸¹. Huygens ne parvient pas à répondre de façon satisfaisante à la question de la noblesse des extra-terrestres, car il ne réussit pas à accommoder deux exigences. D'une part, il admet que la diversité de la vie varie selon le principe de l'adaptabilité et il semble naturellement chercher une hiérarchie dans cette diversité. D'autre part, il souhaite remplir le cosmos de créatures rationnelles. Tandis que Fontenelle cherchait à souligner l'exclusivité des Lumières, Huygens met l'accent sur leur universalisme. Il finit donc par minimiser le motif de la diversité biologique sur les planètes et par considérer les extra-terrestres comme des êtres doués de raison appartenant à la famille des *kosmotheoros*. Tous observent le ciel, comme le leur permet la disposition de leur corps. Ils élaborent des techniques, une science et des sociétés organisées (Huygens, 1888-1950, vol. 21, pp. 717-761 [*Kosmotheoros*]). Malgré des différences biologiques, tous ces êtres raisonnables développent un même type de civilisation que celui que connaît Huygens. L'anthropocentrisme de l'observateur du ciel propre à la Renaissance a fait place à l'eurocentrisme moderne.

81. Les réflexions de Huygens servirent de point de départ à d'autres conceptions de la stratification et de la hiérarchisation de la vie extraterrestre, telles celles de l'époque des Lumières, chez Wright, Kant et autres. Voir à ce propos : Guthke, 1983, pp. 226-247 ; Dick, 1982, pp. 157-175.

2.3. Facticité du point de vue de l'homme et temporalisation de l'inconnu

En affirmant que le Soleil et les étoiles ne brillent pas pour l'homme, les philosophes du XVII^e siècle manifestaient leur doute envers une téléologie anthropocentrique de la nature et envers l'idée selon laquelle le monde physique aurait été disposé exclusivement pour la vie des hommes. Cependant, l'abandon d'une téléologie anthropocentrique avait une autre implication : les philosophes et les astronomes apercevaient toute la facticité du point de vue de l'homme. Celui-ci n'est ni universel, ni absolu, mais au contraire relatif, limité et donc déformant et incomplet. Cette découverte apparaît assez tôt dans le discours sur la pluralité des mondes et ce, justement, à propos du Soleil. Giordano Bruno répète dans ses écrits que notre Soleil, vu depuis les autres étoiles, se présente comme une étoile parmi les autres, sans rien d'exceptionnel⁸². Antonella del Prete a repéré, dans ses écrits, les nombreuses mentions de ce type et résume ainsi leur teneur :

« [...] ceux qui voyageraient de la Terre vers d'autres astres découvriraient que notre planète apparaît lumineuse tout comme les autres, ou encore que le Soleil, vu d'une autre étoile, a exactement le même aspect que les autres astres. Ils éprouveraient, enfin, que l'univers nous apparaît partout semblable : les habitants d'autres planètes et d'autres systèmes solaires verraient les astres tourner autour d'eux, tout comme il arrive aux habitants de la Terre, et ils auraient les mêmes droits de se croire au centre du monde. » (Del Prete, 2008, p. 34)⁸³.

Bruno savait très certainement que sur la Terre, la vue de l'homme est noyée par la lumière du Soleil qui est dominant du fait de sa proximité. Les hommes font trop confiance à leurs sens et sont le jeu de leurs préjugés lorsqu'ils se croient au centre du monde et pensent disposer d'un point de vue privilégié. En réalité, leur point de vue sur le cosmos est limité, incomplet, subjectif et partial. La philosophie et l'astronomie du XVII^e siècle vinrent confirmer cette affirmation.

82. Bruno, 1879, vol. 1/2, p. 21 [*De immenso*] : « *Hinc patet quod si essemus in uno de astris illis primae magnitudinis, sol iste pariter primae magnitudinis astrum videretur; si in iis tandem quae minima scintillare videntur mole, non maior sol iste videretur, ulteriusque elongatos lateret omnino* ». Cf. 1879, vol. 1/1, p. 215 f.

83. Ailleurs Del Prete note aussi que, d'après Bruno, tous les habitants des astres s'imaginent en regardant le ciel être au centre du monde et que les étoiles tournent autour d'eux : « l'anthropocentrisme serait donc une maladie engendrée par un usage naïf des sens. » (Del Prete, 1999, p. 57).

Les récits fantastiques de voyages dans le cosmos s'emparèrent de l'image de la Terre et du système solaire vus de l'extérieur. On la trouve dans le *Somnium* de Kepler, *The Man in the Moone* (1638) de Francis Godwin, l'*Iter extaticum* de Kircher et les deux romans de Cyrano de Bergerac. Les astronomes et les philosophes eux-mêmes firent usage de leur imagination pour déplacer leur point de vue. Ayant échoué à fixer les parallaxes stellaires, ils conclurent que non seulement la Terre, mais aussi son orbite autour du Soleil (*orbis magnus*), vu des étoiles, apparaissent comme un simple point. C'est ce que les textes latins désignent par « *instar puncti* », comme l'a observé Harald Siebert⁸⁴. Les astronomes estimaient donc que, vu des étoiles, le système solaire n'est rien d'autre qu'un petit Soleil brillant à l'image d'une étoile. On supposait une réciprocité des points de vue : la Terre (ou le Soleil) apparaît, vu des étoiles, comme une étoile vue de la Terre (ou du Soleil). Bernier livre une simplification stylisée des idées de Gassendi à ce propos :

« [...] le Soleil veu des Etoiles fixes, ou reculé aux Etoiles fixes, ne paroïtroit pas plus grand que la plus petite des Etoiles ; comme au contraire une des Etoiles, par exemple la Canicule, rapprochée jusques à l'endroit où est le Soleil, paroïtroit aussi grande, & aussi éclatante que le Soleil mesme. » (Bernier, 1684, vol. 4, p. 326)⁸⁵.

Concernant la taille et l'éloignement du Soleil, les philosophes et les astronomes s'en tenaient souvent aux estimations de Galilée : vu des étoiles, le Soleil aurait la taille d'une étoile de la sixième magnitude (Galilée, 1632/1992, pp. 356-357). C'est ce qu'indiquent Gassendi (1658/1964, vol. 1, p. 666b [*Syntagma philosophicum*]) et Guericke (1672/1962, p. 225b), ce dernier ajoutant que les étoiles sont si éloignées que si l'on observait le Soleil en s'éloignant jusqu'à les rejoindre, il diminuerait jusqu'à disparaître complètement (Guericke, 1672/1962, p. 43). Il exprime ainsi brièvement l'idée que Kircher représente dans ses dramatiques récits de voyages. Cosmiel et Theodidactus s'éloignent progressivement de la Terre et Theodidactus observe comment le Soleil et son système rapetissent. Depuis Saturne, la Terre est encore visible, mais semblable à un petit astre entouré de sa Lune et de ses planètes. 100 000

84. Voir les preuves apportées par Siebert, 2006, p. 77. Voir aussi, par exemple, Riccioli, 1665, p. VIII : « *Demonstrata autem per nos Telluris immobilitate, non est cur laboremus cum Copernicanis, qui tantam Fixarum distantiam requirunt, ut orbis Annuus ad illam evanescat, & sit puncti instar* ».

85. Il s'agit d'une reproduction du passage suivant : Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 512b [*Syntagma philosophicum*]; cf. vol. 1, p. 667b. Cf. Fontenelle, 1991, p. 101 : « les Gens d'un autre grand Tourbillon ne le [le Soleil] voyent que comme une petite Étoile fixe, qui se montre à eux seulement pendant leurs nuits ».

r. t. plus loin, à la lisière du monde astral, le Soleil, aux yeux des voyageurs, n'a plus que la taille d'une étoile de deuxième magnitude et se confond avec les autres étoiles. Quant aux planètes, Theodidactus ne voit plus que Jupiter et Saturne briller près du Soleil comme des étoiles de quatrième magnitude. Lorsqu'ils parviennent au niveau de Sirius, le système solaire dans son entier n'est plus qu'un simple point. Au plus profond du monde astral enfin, loin de Sirius comme l'est Sirius du Soleil, le Soleil et son système disparaissent complètement⁸⁶.

Bien qu'imprécis, le récit de Kircher reproduit les connaissances des astronomes de son temps, en particulier leur découverte que non seulement la Terre, mais aussi le Soleil et tout son système de planètes sont insignifiants au sein du cosmos. Pour les érudits de cette époque, cette idée ne pouvait qu'être surprenante, voire inquiétante. C'est seulement aux yeux des hommes que le Soleil semble être un astre admirable et considérable, le cœur qui régit le monde. Pour les anges tel Cosmiel, ou les extraterrestres des planètes éloignées, il n'est qu'une étoile parmi d'autres. Cela signifiait aussi que l'homme, depuis son point de vue, ne pouvait saisir la réalité, ni dans ses traits essentiels, ni dans ses véritables proportions. L'homme ne voit le monde que partiellement, son point de vue est particulier et situé ; il est conditionné et limité. Comme le souligne Kircher, lorsqu'on change de perspective, les objets qui étaient proches disparaissent et se présentent dans un ordre différent de celui observé depuis la Terre⁸⁷. Gassendi souligne lui aussi l'homogénéité visuelle du cosmos. Qu'on l'observe depuis la Terre, depuis le Soleil ou depuis les étoiles, l'univers a toujours le même aspect : nous voyons autour de nous l'espace parsemé d'étoiles ; toujours, certaines sont plus proches et d'autres plus éloignées. Il n'existe aucun lieu privilégié qui nous permettrait de distinguer visuellement où est le centre du monde et où est sa lisière (Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 152b [*Syntagma philosophicum*])⁸⁸. L'homme est situé dans une partie de l'univers homogène qui n'est en rien remarquable du point de vue cosmologique, pas plus que n'est remarquable le point de vue depuis lequel l'homme regarde l'univers.

Admettre la pluralité des mondes, c'est-à-dire qu'il y a d'autres étoiles dotées de leur propre système de planètes, faisait non seulement disparaître le

86. Voir Kircher, 1660, respectivement p. 325, 342, 348, 363 : « *Hoc loco non amplius Solem vestrum quaeras ; nihil eorum, quos hucusque vidisti, globorum ; omnes enim ob incredibilem distantiam in nihilum abierunt* » (p. 363).

87. Kircher, 1660, p. 342 : « *Ita est, oculus enim tuus jam intra firmamenti constitutus omnia dissipata, omnia dissoluta, omnia in alium redacta ordinem contuetur* ».

88. Cf. Del Prete, 2000, pp. 61-62.

centre cosmologique de l'univers, mais avait aussi des conséquences épistémologiques puisque la perspective, qui avait jusqu'alors semblé absolue, perdait de sa crédibilité. Contrairement au *contemplator coeli* de la tradition, les capacités cognitives de l'homme n'étaient pas adaptées à la mesure et au caractère de l'univers. Les philosophies grecque et romaine estimaient que les yeux des hommes étaient destinés à observer le ciel et qu'ils voyaient la totalité du monde visible. D'après Hans Blumenberg, l'appréhension de la nature était liée chez les Grecs au postulat de la visibilité (*Sichtbarkeitspostulat*) pensable dans un monde fini, à la finalité anthropocentrique. Selon Blumenberg toujours, pour l'Antiquité (et le Moyen Âge), il est impensable qu'il puisse exister quelque chose au monde qui demeure inaccessible à l'œil de l'homme. Si l'homme est conçu comme *contemplator coeli*, témoin de l'œuvre des dieux, cela signifie qu'il n'existe rien dans la nature qui échappe totalement aux sens dont l'homme a été pourvu. À chaque instant, la nature invariable se présente pleinement à la sensibilité de l'homme⁸⁹.

Outre le changement de perspective opéré grâce à l'imagination, des données empiriques irréfutables vinrent ébranler les fondements sur lesquels reposait l'idéal du contemplateur du ciel. La technique entra au service de l'observation empirique de la nature sous la forme des télescopes et des microscopes. Le télescope révéla aux hommes d'innombrables étoiles dont ils ignoraient jusqu'alors l'existence : Galilée en compta 500 nouvelles dans Orion (Galilée, 1632/1992, p. 172). Rheita écrit trente ans plus tard, alors qu'il dispose d'un télescope bien plus performant, qu'il a compté dans Orion deux fois plus d'étoiles que les Anciens n'en avaient compté dans tout le ciel, à savoir 2000⁹⁰. Différents auteurs se référèrent par la suite à cette constatation de Rheita pour rendre compte de l'agrandissement de l'univers visible induit par le télescope⁹¹. Riccioli estimait que, dans Orion seul, il devait y avoir approximativement

89. Blumenberg, 2002, p. 15; cf. Blumenberg, 1986, pp. 113-114. Cf. Blumenberg, 1976/1996a, p. 731 : « *Das Sichtbarkeitspostulat ist eine Konsequenz aus dem symmetrischen Bau des geozentrischen Universums und der zentralen Position des Menschen in diesem. Wenn alle Punkte des Fixsternhimmels von der Erde gleich weit entfernt sind, muss der Verdacht ausgeschlossen werden, es könne Sterne geben, die wegen ihrer Entfernung für den Menschen unsichtbar bleiben : wenn überhaupt ein Fixstern wahrgenommen werden kann, können es alle. Kein Bedürfnis nach einem Hilfsmittel ist denkbar, welches hier mehr zu leisten hätte versprechen können, als das menschliche Auge zu leisten vermag* ».

90. Rheita, 1645, p. 197 : « *novo telescopio astronomico, uno obtutu, plusquam 50. stellas oculo exhibente, in sola Orionis constellatione duplo quasi plures stellas saepius numervimus, quam veteres in universo numerant Firmamento, scilicet quasi 2000* ».

91. Voir, par exemple, Borel, 1655, p. 17; Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 505a [*Syntagma philosophicum*].

60 000 étoiles et donc qu'il devait y en avoir, en tout, environ 2 millions⁹². Philippe Hamou souligne que l'utilisation des instruments optiques fit disparaître l'affinité qui liait jusque-là les sens et l'intellect avec le monde :

« Le monde est devenu étranger à nous-mêmes : ce qui semblait en constituer la trame réelle : les qualités sensibles, les éléments homogènes où elles s'expriment, comme la terre, l'air, l'eau et le feu ; la voûte du ciel étoilé, la perfection des sphères célestes, ne se révèle être qu'une sorte de décor grossier déposé devant nous par nos sens eux-mêmes, et qui nous masque la profondeur authentique du monde. Il y a sans doute une victoire intellectuelle dans cette traversée critique des apparences : les nébuleuses masquent des étoiles, la matière morte est grouillante de vivants inaperçus, l'homogène se révèle être du discret, le qualitatif du quantitatif... mais cette victoire est amère parce qu'on ne peut la laisser reposer sur rien : il n'y a pas d'arrêt dans la résolution optique du monde. » (Hamou, 2002, p. 44)⁹³.

Pour la philosophie mécaniste, tout ce qui est visible n'est en fin de compte qu'un phénomène, la manifestation, la découverte faite par hasard de l'existence d'une structure intérieure inaccessible. Seule la surface des choses s'offre à la perception sensorielle, leur véritable constitution se manifeste par des signes abstraits d'une nature radicalement différente de ce que nos sens peuvent saisir. Le monde qui se présente fortuitement à nos sens n'est qu'une infime partie d'une réalité infinie possédant plusieurs niveaux⁹⁴.

Dès lors que les philosophes et les astronomes eurent reconnu que le point de vue de l'homme était factice, ils durent admettre aussi que le micromonde et le macromonde contenaient une quantité d'objets de connaissance qui échappaient à la vue de l'homme, totalement ou par intermittence. En découvrant de nouveaux systèmes autour de nouveaux soleils très éloignés qui échappaient à l'entendement humain, on en vint à douter des capacités de l'homme à

92. Riccioli, 1651, vol. 1, p. 413a : « *Itaque si quis stellas esse ultra vicies [sic] centena millia putet, mihi quidem nihil inopinabile finxerit* ».

93. Dans un contexte semblable, Catherine Wilson parle de la perte du privilège de la surface (Wilson, 1995, p. 255).

94. Blumenberg, 1976/1996a, p. 746 : « *Die sichtbare Welt ist nicht nur ein winziger Ausschnitt der physischen Realität, sondern sie ist auch qualitativ der blosse Vordergrund dieser Realität, ihre belanglose Oberfläche, an der sich nur symptomatisch das Resultat von Prozessen und Kräften darstellt. Sichtbarkeit ist eine exzentrische Konfiguration, die zufällige Konvergenz heterogener physischer Ereignisreihen. [...] Die Optik ist zum gleichgültigen Aspekt der Gegenstände geworden, zur Erscheinung der Erscheinungen. Was derart überhaupt zugänglich ist, hat sich als ein beliebiger Schnitt durch die Realität erwiesen, arm an Signifikanz für das, was dadurch nur mittelbar erschlossen werden kann* ».

connaître. Les astronomes catholiques soulignaient souvent que l'on ne peut pas compter les étoiles. Ce qui les incitait à répéter avec humilité que l'homme est limité face à la majesté d'un Dieu qui ne souhaite pas qu'un être créé et fini puisse tout connaître. Seul Dieu connaît le nombre exact des étoiles⁹⁵. Les représentants de la nouvelle philosophie naturelle et de l'astronomie héliocentrique admettaient, eux aussi, la suprématie quantitative de la nature sur la connaissance humaine. De même que la Terre et son orbite ne représentent qu'un point face à l'immensité du cosmos, les connaissances de l'homme sont infimes au vu de la grandeur de la nature. Ce *topos* revient fréquemment dans les œuvres philosophiques du XVII^e siècle⁹⁶. La philosophie naturelle ne se contenta pas d'admettre la petitesse de l'homme face à la grandeur de Dieu et de sa création, mais elle tenta de compenser cette médiocrité, ouvrant la voie à un nouvel âge fondé sur une nouvelle conception de la connaissance théorique. Pour neutraliser la suprématie quantitative de la nature empirique, on lui attribua des caractéristiques temporelles (Hamou, 2008, p. 176 *sq.*). Les insuffisances de la connaissance cessèrent d'être perçues comme une fatalité épistémologique pour devenir l'attente d'une extension et d'un développement. L'insignifiance de la connaissance humaine fut conçue comme la circonstance qui permettait de construire et d'étendre cette connaissance. Temporaliser l'inconnu, cela signifie par exemple qu'on se donna pour objet d'étude la quantité innombrable des étoiles, cela devint le point de départ d'un long processus de calcul.

Comme le télescope l'avait montré, l'ampleur des connaissances accessibles à l'homme dépendait des moyens techniques dont il dispose et du temps passé à l'observation. Cela nécessitait avant tout de passer outre l'autorité de la philosophie et de l'astronomie antiques. Grâce au télescope, en bref, les « modernes » en savent plus que les « anciens ». Pascal explique, par exemple, que les philosophes de l'Antiquité, à la différence des modernes, ne pouvaient pas comprendre la nature de la Voie lactée parce qu'ils n'avaient pas de télescope (Pascal, 1998, vol. 1, p. 457 [*Préface sur le Traité du Vide*]). La temporalisation de l'inconnu, toutefois, ne procédait pas tant de la découverte de l'accroissement

95. Riccioli, 1651, vol. 1, p. viii et p. 413a; 1665, p. viii; Rheita, 1645, pp. 182-183; Kircher, 1660, p. 360.

96. Huygens, 1888-1950, vol. 21, p. 368 [*Pensées meslées*] : « Car la plus grande partie n'est point apperçue ni scüe de nous » ; Locke, 1689/1700, pp. 705-708 [IV, 3, 24, et IV, 3, 25] ; Westfall, 1981/2010, p. 863 ; Fontenelle, 1994, p. 47 [*Préface sur l'utilité des Mathématiques et de la Physique*] ; van Leeuwenhoek, 1939-1999, vol. 3, p. 66 [lettre à Huygens, 20 mai 1679] ; Pascal, 1998, vol. 2, pp. 608-610 [*Pensées*] ; Wilkins, 1802, p. 101 [*World in the Moone*].

cumulatif de la connaissance, c'est-à-dire du fait que la vérité est fille du temps et que les successeurs en savent plus que leurs prédécesseurs. Plus fondamentalement, l'expérience de l'invention des télescopes et des microscopes révéla que l'inconnu était relatif. Chaque nouvelle avancée effectuée grâce au télescope montrait que le visible était en deçà de la réalité qui demeurerait hors de portée, au-delà de la compréhension humaine : « *every considerable improvement of Telescopes and Microscopes producing new Worlds and Terra-Incognita's to our view* » (Hooke, 1665, f. d 2 r^o). Dans son *The Usefulness of Natural Philosophy* (1663), Boyle affirme plus généralement que chaque nouvelle découverte porte en elle une certaine *terra incognita*⁹⁷. Après avoir cru que le télescope produisait de plus en plus de connaissance, les astronomes et les philosophes réalisèrent que ce processus de production cumulative de connaissance s'accompagnait d'un processus de production de l'inconnu.

Il fut rapidement clair que plus les télescopes se perfectionneraient, plus l'on découvrirait de choses dans l'univers. Gassendi se demande à plusieurs reprises comment connaître le nombre exact des étoiles si, les télescopes se perfectionnant, on en découvre toujours de nouvelles (Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 151a, p. 465, p. 505b [*Syntagma philosophicum*]). Rheita écrit encore que les découvertes récentes du voisinage de Saturne et de Jupiter laissent penser qu'il y a, dans le ciel, beaucoup de choses qui demeurent cachées à nos yeux (Rheita, 1645, p. 181b). De même, Guericke présume qu'avec de meilleurs télescopes, nous pourrions voir de nouvelles étoiles que même les meilleurs télescopes ne permettent pas de voir, car elles sont extrêmement éloignées de nous⁹⁸. Un représentant de la Royal Society, Robert Hooke, se vante encore, dans sa *Micrographia* (1665), d'avoir découvert dans les Pléiades, grâce à son long télescope, beaucoup plus d'étoiles que Galilée. Selon lui, il est probable « *that the meliorating of Telescopes will afford as great variety of new Discoveries in the Heavens, as better Microscopes would among small terrestrial Bodies* » (Hooke, 1665, p. 242). Robert Boyle ne doute pas que les prochains perfectionnements

97. Boyle, 2000-2001, vol. 3, p. 230 [*The Usefulness of Natural Philosophy*] : « *For almost every day either discloses new Creatures, or makes new Discoveries of the usefulness of things ; almost each of which hath yet a kinde of Terra incognita, or undetected part in it* ».

98. Guericke, 1672/1962, p. 43b : « *Stellarum itaque multitudo innumerabilis & incredibilis est, sicut enim semper melioribus tubis plures ac plures ubique locorum inveniuntur Stella ; nec dubitandum, quin meliora perspicilla confici possint. Ita quoque non dubitandum, quin melioribus adhuc tubis, major semper ac major numerus Stellarum investigari possit. Illud enim, quod à nobis etiam optimis tubis, Stellae in infinitum non possint observari, non arguit eas non esse, sed illa ob inaestimabilem enormemque semper majorem ac majorem à Terra distantiam non videri [...]* ».

des télescopes permettront de satisfaire la curiosité des générations futures qui verront de nouvelles étoiles⁹⁹.

L'astronome et philosophe Gassendi tira, avec un talent remarquable, toutes les conséquences épistémologiques des découvertes astronomiques. Il comprit très tôt que la technique optique relativisait la frontière entre le connu et l'inconnu en modifiant les limites de la sensibilité humaine grâce à des constructions toujours perfectibles. Parmi les objets de connaissance, Gassendi distinguait les choses manifestes (*res manifestae*) des choses cachées (*occultae*), qu'il divisait encore en objets inaccessibles soit tout à fait (*penitus*), soit temporairement (*ad tempus occultae*), soit par nature (*natura*) (Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 69a [*Syntagma philosophicum*])¹⁰⁰. À partir justement de l'exemple du télescope et du microscope, Gassendi montre que ces objets de connaissance ne sont pas distincts de par leur essence. La limite entre sensible et inaccessible n'est pas donnée une fois pour toutes, mais varie selon l'ingéniosité de la raison humaine qui parvient, par la technique, à rendre l'imperceptible perceptible¹⁰¹. Gassendi rejette l'agnosticisme dogmatique des sceptiques et conçoit l'inconnu comme étant relatif au temps et au niveau de développement technique des hommes. D'après lui, l'ignorance est relative et change selon le temps. Dans son excellente analyse, Olivier Bloch décrit ainsi le relativisme épistémologique de Gassendi :

« Un tel relativisme, qui fait des limites de notre connaissance une question de degré, et non plus de nature, qui trace entre le connu et l'inconnu une limite non plus fixe et essentielle, mais une limite mouvante et temporelle, excluant que l'inconnu soit de l'inconnais-sable [...]. » (Bloch, 1971, p. 102).

L'inconnu était devenu une grandeur temporelle non définitive ; demeurerait définitif seulement le fait que l'inconnu échappait toujours à la connaissance humaine, empêchant l'aboutissement du progrès. Cela signifiait aussi que la génération présente ne pouvait parachever le progrès.

Les représentants de la nouvelle philosophie et de l'astronomie commencèrent à saisir la relativité historique des connaissances. Si l'état actuel des connaissances est plus avancé que celui de l'Antiquité, il est possible — du fait de l'accroissement cumulatif et de la relativité de la connaissance — que cet

99. Boyle, vol. 10, p. 193 [*Of the High Veneration Man's Intellect Owes to God*] ; semblablement, vol. 8, p. 35 [*The Excellency of Theology*].

100. Cf. Detel, 1978, p. 53-64 ; cf. Hamou, 1999, vol. 1, pp. 149-150.

101. Gassendi, 1658/1964, vol. 2, p. 560a [*Syntagma philosophicum*] : « *utcumque nihil sit desperandum de humani ingenii sagacitate, solertia, industria [...]* ».

état actuel ne comprenne qu'une faible part de ce que les générations futures connaîtront. Dans son traité d'astronomie *Mercurius in sole visus*, dès 1631, Gassendi cite Sénèque qui affirme que nos descendants s'étonneront que nous n'ayons pas connu des choses pourtant évidentes¹⁰². Il ajoute que nos descendants en sauront plus, de même que nous-mêmes connaissons plus de choses que nos prédécesseurs (Gassendi, 1658/1964, vol. 4, p. 504a)¹⁰³. Le microscope nous permet aujourd'hui d'observer la configuration d'une mite, écrit Gassendi. Le télescope a permis de découvrir que la Voie lactée est composée d'un grand nombre d'étoiles. Selon Gassendi, beaucoup de choses inconnues des philosophes d'autrefois sont aujourd'hui manifestes. Or cela signifie que nos descendants seront capables de saisir beaucoup de choses qui restent aujourd'hui cachées (Gassendi, 1658/1964, vol. 1, p. 82a [*Syntagma philosophicum*]). De nombreux philosophes et astronomes attribuent ainsi des connaissances aux générations futures : Wilkins¹⁰⁴, Pascal¹⁰⁵, Huygens¹⁰⁶, Fontenelle (1991, pp. 425-429 [*Digression sur les anciens et les modernes*]), Hevelius¹⁰⁷, Boyle (2000-2001, vol. 2, p. 35 [*The Usefulness of Natural Philosophy*]), Glanvill (1668, p. 55, p. 64). Mais seul Gassendi termine ses réflexions avec amertume : gardons-nous d'envier le bonheur de nos descendants¹⁰⁸.

Ces affirmations sont en rupture avec le concept de contemplateur du ciel. La philosophie antique n'associait jamais la contemplation et le progrès de la connaissance. Le philosophe grec s'efforçait d'atteindre un perfectionnement

102. Sénèque, 1961 [*Naturales quaestiones*, VII, 25, 3-5] : « [...] *veniet tempus illud quo posterit nostri tam aperta nos nescisse mirentur* ».

103. Cf. Gassendi, 1658/1964, vol. 6, p. 209 [*Epistolae*].

104. Wilkins, 1802, p. 110 [*World in the Moone*] : « *Time, who hath always been the father of new truths, hath revealed unto us many things which our ancestors were ignorant of, will also manifest to our posterity that which we now desire, but cannot know [...]. Time will come, when the endeavours of after-ages shall bring such things to light, as now lie hid in obscurity* ».

105. Pascal, 1998, vol. 1, p. 453 [Préface sur le *Traité du Vide*] : « [...] nous les [*i.e.* les sciences] laisserons à ceux qui viendront après nous en un état plus accompli que nous ne les avons reçues. Comme leur perfection dépend du temps et de la peine ».

106. Huygens, 1888-1950, vol. 19, p. 455 [*Traité de la lumière*] : « J'espère aussi qu'il y en aura, qui en suivant ces commencements, pénétreront plus avant toute cette matière que je n'ay su faire, puisqu'il s'en faut beaucoup qu'elle ne soit épuisée ».

107. Cf. Hevelius, 1673, vol. 1, p. 26 : « *Multa quidem detecta, sed quamplurima posteris sint relict*a ».

108. Gassendi, 1658/1964, vol. 2, p. 560a [*Syntagma philosophicum*] : « *Nos quidem tantam foelicitatem posteritati non invidemus [...]* ». Cf. vol. 4, p. 504a [*Mercurio in Sole viso*] : « *Multa habemus supra Maiores, quid invideamus Minoribus, si sint supra nos multa habituri?* ».

individuel de l'âme et non le progrès des connaissances du genre humain ou, comme on commençait à le dire à la fin du XVII^e siècle, le progrès de l'esprit humain. La collaboration entre les membres des académies, au sein de la République des savants, remplaça la solitude du théoricien grec. Réglés pour dépasser les limites de la perception humaine, des instruments scientifiques remplaçaient les yeux et les autres organes des sens. L'idée d'un progrès sans fin de la connaissance remplaça la foi dans l'avènement d'un parachèvement de la connaissance. Et la rhétorique du sacrifice pour les générations futures remplaça la foi en une connaissance finie source de bonheur et de sagesse : il nous est interdit de connaître ce que devront connaître ceux qui viendront après nous. Il faut nous garder d'en être jaloux et accomplir notre tâche sur la voie du progrès de l'esprit humain.

Les nouveaux soleils exigeaient un nouveau type d'observateur. Un espace immense composé de nombreux soleils et de nombreuses planètes exigeait une nouvelle conception du savoir des hommes. L'histoire de la philosophie et l'histoire des sciences expliquent généralement que les découvertes du XVII^e siècle étaient le résultat de la mise en œuvre d'une nouvelle méthodologie. En réalité, il s'agissait d'un processus à double sens. Les nouvelles théories et les découvertes de phénomènes naturels partiels exigèrent de transformer la méthodologie, l'éthique et l'organisation du travail scientifique. Si la stellarisation du Soleil et la pluralisation des mondes plongeaient leurs racines jusque dans l'Antiquité, il n'était plus possible de les saisir au moyen de la conception antique de la théorie, parce que le nouvel univers était en contradiction avec les fondements sur lesquels reposait cette antique *theoria*. Dans un espace immense aux nombreux soleils et aux nombreux systèmes, les ressources cognitives naturelles de l'homme, auxquelles la tradition grecque contemplative faisait confiance, se révélèrent insuffisantes. Une nouvelle idée de la science et de la philosophie naturelle naquit pour compenser la singularité de l'appréhension de la nature par l'homme. L'idée de progrès collectif vint se substituer à la téléologie anthropocentrique.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Centre d'excellence « Entre Renaissance et baroque : philosophie et savoir dans les pays tchèques et dans leur contexte européen élargi » financé par l'Agence pour la recherche de la République tchèque (14-37038G).

Bibliographie

- Aït-Touati, Fr. (2011). *Fictions of the Cosmos : Science and Literature in the Seventeenth Century* (translated by Susan Emanuel). Chicago ; London : The University of Chicago Press.
- Armogathe, J.-R. (2007) *La Nature du monde : science nouvelle et exégèse au XVII^e siècle*. Paris, Presses universitaires de France.
- Ashworth, W. B. (2003). Christianity and the Mechanistic Universe. Dans D. Lindberg, & R. L. Numbers (edit.), *When Science & Christianity Meet* (pp. 61-84). Chicago : University of Chicago Press.
- Auger, L. (1957). Les idées de Roberval sur le système du monde. *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, 10, 226-234.
- Augustin (1865). De genesi contra manichaeos libri duo. Dans *Patrologia Latina* (edit. Jacques-Paul Migne), Paris : apud Garnier frères.
- Barker, P. (1997). Kepler's Epistemology. Dans D. A. DiLiscia, E. Kessler, & Ch. Methuen (edit.), *Method and Order in Renaissance Philosophy* (pp. 355-368). Aldershot : Ashgate.
- Bentley, R. (1838). *The Works of Richard Bentley : tome 3* (collected and edited by A. Ryce). London : Robson.
- Bernier, Fr. (1684). *Abrégé de la philosophie de Gassendi* (2^e édit.) (vol. 1-6). Lyon : Anisson, Pousel & Rigaud.
- Bezzola Lambert, L. (2002). *Imagining the Unimaginable : The Poetics of Early Modern Astronomy*. Amsterdam ; New York : Rodopi.
- Bloch, O. R. (1971). *Philosophie de Gassendi : nominalisme, matérialisme et métaphysique*. La Haye : Nijhoff.
- Blumenberg, H. (1966). Contemplator coeli. Dans D. Gerhardt (edit.), *Orbis scriptus : Dmitrij Tschizewskij zum 70. Geburtstag* (pp. 113-124). Munich : Fink.
- Blumenberg, H. (1986). *Lebenszeit und Weltzeit*. Frankfurt am Main : Suhrkamp.
- Blumenberg, H. (1996a) *Die Genesis der kopernikanischen Welt*. Frankfurt am Main : Suhrkamp. (édit. orig. : 1976).
- Blumenberg, H. (1996b). *Die Legitimität der Neuzeit* (Erneuerte Ausgabe). Frankfurt am Main : Suhrkamp.
- Blumenberg, H. (2002). Das Fernrohr und die Ohnmacht der Wahrheit. Dans G. Galilei, *Sidereus Nuncius : Nachricht von neuen Sternen* (Herausgegeben und eingeleitet von H. Blumenberg ; 2^e édit.) (pp. 7-75). Frankfurt am Main : Suhrkamp.
- Bodin, J. (1596). *Universae naturae theatrum*. Lugduni : Roussin.
- Boll, H. (1950). Vita contemplativa. Dans H. Boll, *Kleine Schriften zur Sternkunde des Altertums* (pp. 303-331). Leipzig : Koehler & Amelang.
- Borel, P. (1655). *De vero telescopii inventore*. Hagae : Vlacq.
- Borel, P. (1657). *Discours nouveau prouvant la pluralité des mondes*. Genève : HH.
- Boyle, R. (2000-2001). *The Works of Robert Boyle* (edited by M. Hunter, & Ed. B. Davis). London : Pickering & Chatto.

- Brague, R. (1994). Geozentrismus als Demütigung des Menschen. *Internationale Zeitschrift für Philosophie*, 1, 1-25.
- Brague, R. (1999). *La sagesse du monde : l'histoire de l'expérience humaine de l'univers*. Paris : Fayard.
- Brooke, J. H. (2000). "Wise Men Nowadays Think Otherwise" : John Ray, Natural Theology and the Meaning of Anthropocentrism. *Notes and Records of the Royal Society of London*, 54, 199-213.
- Bruno, G. (1879). *Opera latine conscripta publicis sumptibus edita : vol. 1, pars 1* (re-censebat Fr. Fiorentino et al.). Florence ; Naples : Morano.
- Bruno, G. (1995). *De l'infini, de l'univers et des mondes* (édition de G. Aquilecchia ; traduction de J.-P. Cavaillé ; préface de M. A. Granada). Paris : Les Belles Lettres.
- Boulliau, I. (1655), *Astronomia philolaica*. Parisiis : Piget.
- Cardano, G. (1580). *De rerum varietate*. Lugduni : Honoratus.
- Cicéron (1960). *Tusculanes*. Tome 2 : *Livres III-V* (texte établi par Georges Fohlen et traduit par Jules Humbert). Paris : Société d'édition «Les Belles lettres».
- Cicéron (1978). *De natura deorum : livre II* ([édité et traduit par] Martin van den Bruwaene). Bruxelles : Latomus.
- Copernic, N. (2015). *De revolutionibus orbium cælestium. Des révolutions des orbes célestes* (vol. 1-3) (édition critique, traduction et notes par M.-P. Lerner, A. P. Segonds et J.-P. Verdet). Paris : Les Belles Lettres.
- Cyrano de Bergerac, S. de (1921). *Les œuvres libertines de Cyrano de Bergerac, parisien (1619-1655)* (vol. 1-2) (précédées d'une notice biographique par Fr. Lachèvre). Paris : Champion.
- Danielson, D. R. (2002). The great Copernican Cliché. *American Journal of Physics*, 69, 1029-1035.
- Darmon, J.-Ch. (2002). L'imagination de l'espace entre argumentation philosophique et fiction. *Études littéraires*, 34, 217-239.
- Del Prete, A. (1995). L'univers infini : les interventions de Marin Mersenne et de Charles Sorel. *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 85, 145-164.
- Del Prete, A. (1999). *Bruno, l'infini et les mondes*. Paris : Presses universitaires de France.
- Del Prete, A. (2000). Pierre Gassendi et l'univers infini. Dans A. McKenna & P.-Fr. Moreau (édit.), *Libertinage et philosophie au XVII^e siècle. Tome 4 : Gassendi et les gassendistes. Les passions libertines* (pp. 57-69). Saint-Étienne : Publications de l'Université de Saint-Étienne.
- Del Prete, A. (2002). Réfuter et traduire : Marin Mersenne et la cosmologie de Giordano Bruno. Dans A. Mothu (édit.), *Révolution scientifique et libertinage* (pp. 49-82). Bruxelles : Brepols.
- Del Prete, A. (2008). "Une sphère infinie dont le centre est partout et la circonférence nulle part" : l'omnicentrisme chez Giordano Bruno. Dans Fr. Tinguely (édit.), *La Renaissance décentrée : actes du Colloque de Genève* (pp. 33-39). Genève : Droz.

- Derham, A. (1738), *Astro-theology: Or, A Demonstration of the Being and Attributes of God, from a Survey of the Heavens* (7th ed.). London : Innys – Manby. (édit. orig. : 1714).
- Descartes, R. (1897-1913) *Œuvres de Descartes* (vol. 1-13) (publiées par Ch. Adam & P. Tannery). Paris : Éditions du Cerf.
- Descartes, R. (1967). *Œuvres philosophiques. Vol. 2 : 1638-1642* (textes établis, présentés et annotés par F. Alquié). Paris, Garnier, 1967.
- Detel, W. (1978). *Scientia rerum natura occultarum : Methodologische Studien zur Physik Pierre Gassendis*. Berlin : De Gruyter.
- Dick, St. J. (1982). *Plurality of Worlds : Origins of the Extraterrestrial Life Debate from Democritus to Kant*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Fontenelle, B. Le Bovier de (1991). *Œuvres complètes. Tome 2 : 1686-1688* (édit. A. Niderst). Paris : Fayard.
- Fontenelle, B. Le Bovier de (1994). *Œuvres complètes. Tome 6 : Histoire de l'Académie des sciences* (édit. A. Niderst). Paris : Fayard.
- Funkenstein, A. (1986). *Theology and the Scientific Imagination from the Middle Ages to the Seventeenth Century*. Princeton : Princeton University Press.
- Gabriel, P. (2010). Alles umfassendes, das Nichts – Naturphilosophie und Naturwissenschaft im Existenzbeweis des leeren und unendlichen Weltraums bei Otto von Guericke. *Acta Historica Astronomiae*, 40, 208-224.
- Galilée, G. (1890-1909). *Le Opere di Galileo Galilei* (direttore A. Favaro). Firenze : Giunti Barbèra.
- Galilée, G. (1992a). *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* (traduction de R. Fréreau et Fr. de Gandt). Paris : Éditions du Seuil.
- Galilée (1992b), *Le messenger des étoiles* (traduit du latin, présenté et annoté par F. Hallyn). Paris : Éditions du Seuil.
- Galilée, G. (2004). *Lettre à Christine de Lorraine et autres écrits coperniciens* (édition et traduction de Ph. Hamou et M. Spranzi). Paris : Librairie Générale Française.
- Gassendi, P. (1964). *Opera omnia* (reprint). Stuttgart ; Bad : Cannstatt, Frommann. (édit. orig. : 1658).
- Gaukroger, St. (2006). *The Emergence of a Scientific Culture : Science and the Shaping of Modernity. 1210-1685*. Oxford : Oxford University Press.
- Glanvill, J. (1668). *Plus ultra, or the Progress and Advancement of Knowledge since the Days of Aristotle*. London : Collins.
- Goldstein, R. (1967). The Arabic Version of Ptolemy's Planetary Hypotheses. *Transactions of the American Philosophical Society*, 57, 3-55.
- Granada, M. A. (2006). Aristotle, Copernicus, Rheticus and Kepler on Centrality and the Principle of Movement. Dans M. Folkerts, & A. Kühne (edit.), *Astronomy as a Model for the Sciences in Early Modern Times* (pp. 175-194). Augsburg : Rauner.
- Granada, M. A. (2010). L'héliocentrisme de Giordano Bruno entre 1584 et 1591 : la disposition des planètes inférieures et les mouvements de la terre. *Bruniana et campanelliana*, 16, 31-50 + 249-251.

- Grant, Ed. (1994). *Planets, Stars and Orbs : The Medieval Cosmos (1200-1687)*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Groh, D. (2003). *Schöpfung im Widerspruch : Deutungen von der Natur des Menschen von der Genesis bis zur Reformation*. Frankfurt am Main : Suhrkamp.
- Groh, R., & Groh, D. (1991). *Weltbild und Naturaneignung. Zur Kulturgeschichte der Natur*. Frankfurt am Main : Suhrkamp.
- Guthke, K. S. (1983). *Der Mythos der Neuzeit : Das Thema der Mehrheit der Welten in der Literatur – und Geistesgeschichte von der kopernikanischen Wende bis zur Science Fiction*. Bern-München : Francke.
- Hadot, P. (2002). *Exercices spirituels et philosophie antique*. Paris : Albin Michel.
- Hadot, P. (2004). *Le voile d'Isis : essai sur l'histoire de l'idée de nature*. Paris : Gallimard.
- Hamou, Ph. (1999). *La mutation du visible : essai sur la portée épistémologique des instruments d'optique au XVII^e siècle* (vol. 1-2). Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion.
- Hamou, Ph. (2002). *Voir et connaître à l'âge classique*. Paris : Presses universitaires de France.
- Hamou, Ph. (2008). La nature est inexorable : pour une reconsidération de la contribution de Galilée au problème de la connaissance. *Galilaeana*, 5, 149-177.
- Harrison, P. (2002). Voluntarism in Early Modern Science. *History of Science*, 40, 63-89.
- Harrison, P. (2005). Physico-Theology and the Mixed Sciences. Dans P. R. Anstey, & J. A. Schuster (edit.), *The Science of Nature in the Seventeenth Century* (pp. 165-183). Dordrecht : Springer.
- Harrison, P. (2008). Religion, the Royal Society, and the Rise of Science. *Theology and Science*, 6, 255-271.
- Harrison, P. (2009). Voluntarism and the Origins of Modern Science : A Reply to John Henry. *History of Science*, 47, 223-231.
- Henry, J. (2009). Voluntarist Theology at the Origins of Modern Science : A Response to Peter Harrison. *History of Science*, 47, 79-113.
- Hésiode (trad. 1977). *Théogonie : Les travaux et les jours : Le bouclier* (texte établi et traduit par Paul Mazon) (9^e tirage). Paris : Société d'édition « Les Belles Lettres ».
- Hevelius, J. (1673). *Machina coelestis*. Gedani : Reiniger.
- Hooke, H. (1665). *Micrographia : Or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies made by Magnifying Glasses*. London : Martin & Allestry.
- Huygens, Chr. (1944). *Œuvres complètes de Christiaan Huygens. Vol. 21 : Cosmologie*. La Haye : Nijhoff.
- Kepler, J. (1938-2009). *Gesammelte Werke* (Herausgegeben von M. Caspar, V. Bialas et al.). München : C. H. Beck.
- Kepler, J. (1993). *Dissertatio cum Nuncio Sidereo : Discussion avec le messager céleste* (texte, traduction et notes par I. Pantin). Paris : Les Belles Lettres.
- Knobloch, E. (2003). Otto von Guericke und die Kosmologie im 17. Jahrhundert. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 26, 237-250.

- Koyré, A. (1957). *From the Closed World to the Infinite Universe*. Baltimore : Johns Hopkins University Press.
- La Bruyère, J. de (1985). *Les Caractères* (édit. P. Ronzeaud). Paris : Le Livre de Poche.
- Lansbergen, Ph. (1663). *Opera omnia*. Middelburgi : Zacharias.
- Leibniz, G. W. (1978). *Essais de Théodicée*. Dans G. W. Leibniz, *Philosophische Schriften : tome 6* (édit. C. J. Gerhard). Hildesheim : Olms.
- Lerner, M.-P. (2008). *Le monde des sphères. Tome 2 : La fin du cosmos classique*. Paris : Les Belles Lettres.
- Locke, J. (1700). *Essai philosophique concernant l'entendement humain, ou l'on montre quelle est l'étendue de nos connoissances certaines, et la maniere dont nous y parvenons* (traduit de l'Anglois par Pierre Coste, sur la Quatrième Edition, revûe, corrigée, & augmentée par l'Auteur). Amsterdam : Henri Schelte.
- Mandelbrote, S. (2007). The Uses of Natural Theology in Seventeenth-Century England. *Science in Context*, 20, 451-480.
- Mehl, Ed. (2013). La physique cartésienne et l'interprétation de la Genèse. Dans A.-L. Zwilling (édit.), *Lire et interpréter : les religions et leurs rapports aux textes fondateurs* (pp. 135-149). Genève : Labor et Fides.
- Mersenne, M. (1623). *Observationes celeberrimae in Genesim*. Lutetiae Parisiorum : Cramoisy.
- Methuen, Ch. (1998). *Kepler's Tübingen : Stimulus to a Theological Mathematics*. Aldershot : Ashgate.
- Newton, I. (1726). *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Londini : Innys.
- Newton, I. (1731). *A Treatise of the The System of the World*. London : Fayram.
- Newton, I. (1961). *The Correspondence. Tome 3 : 1688-1694* (edited by H. W. Turnbull). Cambridge : Cambridge University Press.
- Nicolas de Cuse (2002), *Philosophisch-theologische Werke in 4 Bände* (édit. H. G. Senger). Hamburg : Felix Meiner Verlag.
- Osler, M. J. (1994). *Divine Will and the Mechanical Philosophy : Gassendi and Descartes on Contingence and Necessity in the Created World*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Ovide (1980). *Les Métamorphoses. Tome 1 : Livres I-V* (texte établi et traduit par Georges Lafaye ; 6^e tirage). Paris : Société d'édition « Les Belles Lettres ».
- Pantin, I. (2008). Faux centres, vrais centres, centres multiples : la résistance au décentrement dans les débats des astronomes de la Renaissance. Dans Fr. Tinguely (édit.), *La Renaissance décentrée : Actes du colloque de Genève* (pp. 15-32). Genève : Droz.
- Pascal, Bl. (1998). *Œuvres complètes* (édit. M. Le Guern). Paris : Gallimard.
- Pfeiffer, J. (2001). *Contemplatio Caeli : Untersuchungen zum Motiv der Himmelsbeachtung in lateinischen Texten der Antike und des Mittelalters*. Hildesheim : Weidmann.
- Probst, P. (1995). Spectator coeli. Dans J. Ritter, K. Gründer, et al. (édit.), *Historisches Wörterbuch der Philosophie. Vol. 9 : Se-Sp* (pp. 1350-1355). Basel-Stuttgart : Schwabe.

- Régis, P.-S. (1690). *Système de la philosophie*. Paris : Anisson, Posuel & Rigaud.
- Remmert, V. R. (2005). *Welterklärung und Wissenschaftslegitimisierung : Titelbilder und ihre Funktionen in der Wissenschaftlichen Revolution*. Wiesbaden : Harrassowitz.
- Riccioli, G. B. (1651). *Almagestum novum*. Bononiae : Benatius.
- Riccioli, G. B. (1665). *Astronomia reformata*. Typ. Haeredis Victorius Benatius.
- Roberval, G. Personne de (1647). *Aristarchus de Mundi Systemate*. Dans M. Mersenne, *Novarum Observationum Physico-mathematicarum tomus III. quibus accessit Aristarchus Samius De mundi Systemate*. Paris : Bertier.
- Scheiner, Chr. (1630). *Rosa ursina sive Sol mobilis [...] ostensus*. Bracciani : Phaeus.
- Scheiner, Chr. (1651). *Prodromus pro sole mobili et terra stabili*. Pragae.
- Schott, C. (1660). *Iter extaticum coeleste*. Herbipoli : Endterorus.
- Schyrllaes de Rheita, A. M. (1645). *Oculus Enoch et Eliae sive Radius sidereomysticus*. Antverpiae : Verdyssius.
- Seidengart, J. (2006). *Dieu, l'univers et la sphère infinie : penser l'infinité cosmique à l'aube de la science classique*. Paris : Albin Michel.
- Sénèque (1961). *Questions naturelles. Tome II : Livres IV-VII* (texte établi et traduit par Paul Oltramare) (2^e édition). Paris : Les Belles Lettres.
- Sénèque (2003). *Dialogues. Tome 4 : De la Providence. De la Constance du sage. De la Tranquillité de l'âme. De l'Oisiveté* (texte établi et traduit par René Waltz ; 7^e tirage). Paris : Société d'édition « Les Belles Lettres ».
- Siebert, H. (2005). The Early Search for Stellar Parallax : Galileo, Castelli, and Ramponi. *Journal for the History of Astronomy*, 36, 251-271.
- Siebert, H. (2006). *Die grosse kosmologische Kontroverse : Rekonstruktionversuche anhand des Itinerarium extaticum von Athanasius Kircher S. J. (1602-1680)*. Stuttgart : Franz Steiner.
- Špelda, D. (2014). The Importance of the Church Fathers for Early Modern Astronomy. *Science & Christian Belief*, 26, 25-51.
- Stoffel, J.F. (1998). La révolution copernicienne et la place de l'homme dans l'Univers : étude programmatique. *Revue philosophique de Louvain*, 96, 7-50.
- Stoffel, J.F. (2001). Géocentrisme, héliocentrisme, anthropocentrisme : quelles interactions ? *Scientiarum Historia*, 27, 77-92.
- Stoffel, J.F. (2002). La révolution copernicienne responsable du « désenchantement du monde » ? L'exemple des analogies solaires. *Revue belge de philologie et d'histoire*, 80, 1189-1224.
- Stoffel, J.F. (2005). Cosmologie versus idolâtrie : l'exemple de la désacralisation du Soleil. Dans R. Dekoninck, & M. Watthée-Delmotte (édit.), *L'idole dans l'imaginaire occidental* (pp. 195-216). Paris : L'Harmattan.
- Stoffel, J.F. (2012). Origine et constitution d'un mythe historiographique : l'interprétation traditionnelle de la révolution copernicienne. Sa phase de structuration (1835-1925). *Philosophica (Valparaiso) : Revista del Instituto de filosofía de la Pontificia Universidad católica de Valparaiso*, 41-42, 95-132.

- Szent-Ivany, M. (1689). *Curiosiora et Selectiora Variarum Scientiarum Miscelanea*. Tyrnavie : Academia.
- Tycho Brahé (1913-1929). *Tychonis Brahe Dani opera omnia* (édit. J. L. Dreyer). Copenhagen : Gyldendal.
- van Helden, A. (1985). *Measuring the Universe : Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley*. Chicago-London : University of Chicago Press.
- van Leeuwenhoek, A. (1939-1999). *Alle de brieven*. Amsterdam : Swets & Zeitlinger.
- von Guericke, O. (1962). *Experimenta Nova Magdeburgica de Vacuo Spatio* (reprint). Aalen : Zeller. (édit. orig. : 1672).
- Wendelen, G. (1644). *Eclipses lunares ab anno 1573 ad 1643 observatae*. Antverpiae : Verdussius.
- Westfall, R. (2010). *Never at Rest : A Biography of Isaac Newton*. Cambridge : Cambridge University Press. (édit. orig. : 1981).
- Wilkins, J. (1802). *The Mathematical and Philosophical Works*. London : Whittingham.
- Wilson, C. (1995). *The Invisible World : Early Modern Philosophy and the Invention of the Microscope*. Princeton : Princeton University Press.
- Zimmermann, J. (1661). *Sol – Siderum Princeps*. Olomucii : Ettelius.

