

6824
MOREAU, M.J.
1976

Persee

M JOSEPH MOREAU

L'essor de l'astronomie scientifique chez les Grecs

In: Revue d'histoire des sciences. 1976, Tome 29 n°3, pp. 193-212.

Résumé

RÉSUMÉ. — Introduction. — I. Les origines de l'astronomie scientifique : A. Le problème des planètes ; B. Les conditions d'une représentation mathématique de l'Univers ; C. La construction astronomique. II. Le développement de l'astronomie scientifique : A. Les systèmes géocentriques ; B. Le système « pythagorique » ; C. L'hypothèse héliocentrique. Conclusion. La physique céleste et Phéiocentrisme.

Abstract

SUMMARY. — Introduction. — I. The origins of scientific astronomy : A. The problem of the planets ; B. The requirements for a mathematical representation of the Universe ; C. Astronomical constructions. II. The development of scientific astronomy : A. Geocentric systems ; B. The system of the Pythagoreans ; C. The heliocentric hypothesis. Conclusion : celestial physics and heliocentrism.

Citer ce document / Cite this document :

MOREAU JOSEPH. L'essor de l'astronomie scientifique chez les Grecs. In: Revue d'histoire des sciences. 1976, Tome 29 n°3, pp. 193-212.

doi : 10.3406/rhs.1976.1407

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rhs_0151-4105_1976_num_29_3_1407



L'essor de l'astronomie scientifique chez les Grecs

In: Revue d'histoire des sciences. 1976, Tome 29 n°3. pp. 193-212.

Résumé

RÉSUMÉ. — Introduction. — I. Les origines de l'astronomie scientifique : A. Le problème des planètes ; B. Les conditions d'une représentation mathématique de l'Univers ; C La construction astronomique. II. Le développement de l'astronomie scientifique : A. Les systèmes géocentriques ; B. Le système « pythagorique » ; C L'hypothèse héliocentrique. Conclusion. La physique céleste et Phéiocentrisme.

Abstract

SUMMARY. — Introduction. — I. The origins of scientific astronomy : A. The problem of the planets ; B. The requirements for a mathematical representation of the Universe ; C. Astronomical constructions. II. The development of scientific astronomy : A. Geocentric systems ; B. The system of the Pythagoreans ; C The heliocentric hypothesis. Conclusion : celestial physics and heliocentrism.

Citer ce document / Cite this document :

MOREAU JOSEPH. L'essor de l'astronomie scientifique chez les Grecs. In: Revue d'histoire des sciences. 1976, Tome 29 n°3. pp. 193-212.

doi : 10.3406/rhs.1976.1407

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rhs_0151-4105_1976_num_29_3_1407

L'essor de l'astronomie scientifique chez les Grecs

RÉSUMÉ. — Introduction. — I. Les origines de l'astronomie scientifique : A. Le problème des planètes ; B. Les conditions d'une représentation mathématique de l'Univers ; C. La construction astronomique.

II. Le développement de l'astronomie scientifique : A. Les systèmes géocentriques ; B. Le système « pythagorique » ; C. L'hypothèse héliocentrique. Conclusion. La physique céleste et l'héliocentrisme.

SUMMARY. — Introduction. — I. The origins of scientific astronomy : A. The problem of the planets ; B. The requirements for a mathematical representation of the Universe ; C. Astronomical constructions.

II. The development of scientific astronomy : A. Geocentric systems ; B. The system of the Pythagoreans ; C. The heliocentric hypothesis. Conclusion : celestial physics and heliocentrism.

Dans le *Timée* de Platon nous est transmise une image du monde, la plus ancienne qui ait été élaborée par l'astronomie grecque. Platon n'était pas un astronome ; mais il a suivi avec enthousiasme l'essor de la science astronomique de son temps ; il a fait allusion, dans ses écrits, à ses plus récentes découvertes, de sorte que ces écrits sont devenus notre source primordiale sur l'histoire de cette science. Les Grecs se sont occupés d'astronomie avant l'époque de Platon ; mais ce que l'on sait sur leurs premiers travaux en ce domaine, si l'on excepte quelques fragments apocryphes (1), ne nous est connu que par des documents postérieurs à Platon. Platon a été le témoin d'une initiative intellectuelle qui a fait passer l'étude des phénomènes célestes à l'état scientifique. Ce serait, en effet, un préjugé de croire que l'astronomie n'est devenue scientifique qu'avec Copernic, Kepler et Galilée, par l'abandon du système géocentrique. Sans compter que l'idée héliocentrique a été aperçue par un astronome de l'Antiquité, on ne

(1) Tel le fragment cosmologique de Philolaos sur l'âme du monde (DIELS-KRANZ, *Vorsokratiker*, 44 [32] B 21).

saurait nier que le système géocentrique, auquel reste attaché le nom de Ptolémée, l'astronome alexandrin du II^e siècle de notre ère qui le transmet, dans son *Almageste*, aux Arabes et aux astronomes du Moyen Âge, est une théorie scientifique, périmée sans doute, mais scientifique tout de même, en ce sens qu'elle répond à un effort pour rendre compte des mouvements célestes à partir d'hypothèses développées par le calcul et vérifiables par l'observation. Or, c'est cette idée même de l'astronomie, entendue comme théorie explicative des mouvements observables dans le ciel, qui a pris naissance à l'époque de Platon.

I

A. — Dès les temps les plus reculés, les hommes ont remarqué les mouvements du Soleil et de la Lune, regardé les étoiles, découpé dans le ciel les figures des constellations ; ils ont en outre observé les phases de la Lune, l'alternance des solstices, le passage du Soleil parmi les demeures du zodiaque ; ils ont ainsi reconnu la succession régulière des mois, des saisons, des années, et établi le calendrier, dressé le tableau des levers et couchers du Soleil, de la Lune, des constellations, dont l'utilité est manifeste pour l'agriculture et la navigation. Mais à cette astronomie d'observation et d'usage pratique, qui ne dépasse pas le niveau de l'almanach, Platon oppose l'astronomie mathématique, qui s'est constituée de son temps (2). L'astronomie d'observation s'était développée d'abord chez les peuples de l'Orient, en Egypte et en Chaldée, à la faveur d'un ciel particulièrement transparent (3) ; et les astronomes grecs ont dû mettre à profit ces observations pour élaborer leurs théories. L'un des plus célèbres astronomes grecs du IV^e siècle avant notre ère, Eudoxe de Cnide, l'un des maîtres de l'Académie de Platon, avait fait un séjour parmi les prêtres égyptiens qui avaient recueilli des observations sur le mouvement des planètes (4). De telles observations, parvenues dès le siècle précédent à la connaissance des savants grecs, leur posaient un problème dont ne s'étaient pas souciés les Orientaux ; c'est à partir de ce problème qu'a pris naissance chez les Grecs l'astronomie scientifique.

(2) PLATON, *République*, VII 527 d sq.

(3) [ID.], *Epinomis*, 987 a.

(4) DIOGÈNE-LAËRCE, VIII 87, et SÉNÈQUE, *Quaest. nat.*, VII 3, 2 : Eudoxus primus ab Aegypto hos motus in Graeciam transtulit.

On se rappelle une page célèbre d'Henri Poincaré, exaltant le rôle de l'astronomie dans la formation de l'esprit scientifique : c'est l'observation du ciel, dit-il, « qui nous a appris qu'il y a des lois », un ordre régulier dans la succession des choses ; et sans l'exemple éclatant fourni par l'astronomie, nous n'aurions jamais songé à chercher des relations constantes sous la confusion apparente des phénomènes (5). Cependant, il y a loin d'une régularité s'imposant à l'observation au concept de loi scientifique ; le spectacle de l'ordre céleste a conduit les Chaldéens à l'idée seulement de la fatalité astrologique, qui n'équivaut pas au déterminisme des lois naturelles. L'idée de loi astronomique ne s'est pas imposée à la passivité de l'observation ; elle ne s'est dégagée de la croyance fataliste qu'à l'occasion d'un problème où la régularité des phénomènes célestes semblait en défaut, celui du mouvement des planètes (6). Ce problème, les penseurs grecs seuls l'ont posé. Les observateurs orientaux avaient découvert qu'il y a des astres errants, c'est-à-dire qui n'ont pas une position fixe parmi les constellations. De tels déplacements étaient évidents en ce qui regarde la Lune et le Soleil ; ils se découvraient assez aisément dans le cas de l'astre du soir et de l'astre du matin, dont les Grecs étaient parvenus à découvrir l'identité, celle de la planète Vénus (7) ; mais pour ce qui est des autres planètes, ils n'ont appris à les connaître qu'au contact de l'Orient. A la fin du ^v^e siècle avant notre ère, un savant aussi averti que Démocrite n'ignore sans doute pas l'existence des astres errants ; mais, nous rapporte Sénèque, il n'en précise pas le nombre, pas plus qu'il n'indique leurs noms ; les trajectoires des planètes, des cinq étoiles non fixes, n'étaient pas encore établies (8). C'est seulement dans l'*Epinomis*, dialogue publié après la mort de Platon, que nous voyons attribués aux « cinq étoiles » les noms de divinités grecques (9) ; mais dans le VII^e livre des *Lois*, écrit aux environs de 350 avant J.-C., c'est Platon lui-même qui célèbre comme une découverte récente, réalisée

(5) H. POINCARÉ, *La valeur de la science*, p. 159-160.

(6) Cf. notre étude critique du livre de René BERTHELOT, *La pensée de l'Asie et l'astrobiologie*, *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1941, p. 64-66.

(7) PLATON, *Lois*, VII 821 *bc*. L'identité de la planète Vénus aurait été une découverte de Parménide (DIOG.-LAERT., IX 23 = *Vorsokratiker*, 28 [18] A 1).

(8) SÉNÈQUE, *Quaest. nat.*, VII 3, 2 (*Vorsokr.*, 68 [55] A 92) : *plures stellas esse quae currant, sed nec numerum illarum posuit nec nomina, nondum comprehensis quinque siderum cursibus*.

(9) [PLATON], *Epinomis*, 987 *bc*.

dans la première moitié du iv^e siècle, celle du mouvement régulier des planètes, et il souhaite qu'elle soit enseignée à tous, car l'idée d'un mouvement aberrant des astres est à ses yeux un préjugé et un sacrilège : « Il n'est pas vrai, dit-il, que le Soleil, la Lune et les cinq étoiles soient des astres errants ; chacun d'eux suit une route unique, circulaire, malgré les apparences opposées, et ceux qui semblent retarder davantage sont au contraire les plus rapides » (10). L'irrégularité la plus frappante, en effet, dans les mouvements célestes, est celle de la Lune, qui chaque jour retarde d'environ trois quarts d'heure sur le Soleil, qui suit à peu de distance près le mouvement diurne des étoiles. Or, en vérité, cette apparence résulte du fait que la Lune accomplit une révolution propre, en sens inverse du mouvement diurne, en une période d'un mois ; le Soleil accomplit une révolution analogue et de même sens, mais en une période d'un an ; les planètes supérieures, Mars, Jupiter, Saturne, accomplissent aussi une révolution rétrograde, mais dont la période est de plusieurs années, respectivement 2, 12 et 30 ans approximativement ; il s'ensuit que ces dernières, dont le retard sur le mouvement diurne passerait inaperçu à une observation sommaire, sont réputées les plus rapides, alors que leur mouvement propre est le plus lent. Quelle confusion serait la nôtre, demande Platon, si, dans le stade où courent des hommes ou des chevaux, nous commettions la même méprise, regardant les plus lents comme les plus rapides, et inversement ? Or, c'est d'une pareille erreur que nous nous rendons coupables à l'égard des astres, qui sont des dieux (11).

En attribuant à chacune des planètes un mouvement propre, une révolution rétrograde, on rend compte de leurs retards respectifs relativement au mouvement diurne des étoiles, ainsi que des changements dans leurs positions réciproques, de leurs dépassements alternés ; mais il faut aussi rendre compte d'une autre irrégularité dans leur mouvement, de leur inclinaison variable suivant les saisons, ayant pour effet que chacune paraît ne pas suivre une trajectoire unique, chaque jour à la même hauteur, mais une superposition de trajectoires reliées en spirale (12). Cet

(10) *Ib.*, *Lois*, 822 *a*. La nouveauté de cette découverte est impliquée en 821 *e* : « Ce n'est pas en mon jeune âge, dit l'Athénien, ni de longue date (οὔτε νέος οὔτε πάλαι) que j'en ai été informé. »

(11) *Ibid.*, 822 *bc*.

(12) Cf. *Timée*, 39 *ab*.

effet, aisément observable dans le cas du Soleil, avait conduit un astronome de la fin du ^v^e siècle, (Enopide de Chio, à reconnaître que la révolution annuelle du Soleil s'accomplit autour d'un axe différent de celui du mouvement diurne (13) ; le plan médian perpendiculaire à cet axe est incliné d'environ 23° par rapport à l'équateur céleste ; son intersection avec la sphère céleste est un cercle désigné sous le nom d'*écliptique* ; la zone délimitée de part et d'autre de l'équateur par la latitude extrême de l'écliptique est ce qu'on appelle le zodiaque. Pour rendre compte de l'inclinaison variable des planètes, de leur ascension et de leur déclinaison, il suffisait donc d'admettre que les planètes, dans leur révolution rétrograde, décrivent des trajectoires circulaires sur le plan de l'écliptique. La régularité du mouvement des planètes, la détermination de leurs orbites, effectuée sans doute vers le début du ^{iv}^e siècle dans les milieux scientifiques présidés par Archytas de Tarente, résultait donc d'une généralisation de la découverte d'Enopide ; elle consistait en une extension aux « cinq étoiles », à l'ensemble des sept planètes, du système qu'il avait élaboré en considérant seulement les mouvements du Soleil, de la Lune et des étoiles. C'est sur ces bases qu'il avait défini la Grande Année, la période au terme de laquelle se reproduit la conjonction du Soleil et de la Lune avec une même étoile ; il l'avait fixée à 59 années solaires (14) ; avec l'extension du système aux sept planètes, le cycle de la Grande Année devait s'accroître dans d'énormes proportions, jusqu'à embrasser des milliers d'années.

B. — Cette représentation de l'Univers comme une série d'orbes concentriques, disposés autour de la Terre, parcourus par les planètes et enveloppés dans la sphère céleste, où sont fixées les étoiles, est celle à laquelle Platon se réfère dans ses différents écrits ; elle est décrite notamment dans le *Timée* (15) et a servi de base à la cosmologie antique, qui devait aboutir au système de Ptolémée ; mais elle n'avait pu se constituer que grâce aux progrès de la pensée mathématique réalisés par les Grecs dans la seconde moitié du ^v^e siècle avant notre ère. Elle suppose d'abord l'abandon de la perspective naïve où le ciel est regardé comme une voûte

(13) DIELS-KRANZ, *Vorsokratiker*, 41 [29] A 7.

(14) *Ibid.*, 41 [29] A 9.

(15) *Timée*, 38 c-39 d ; cf. *République*, X 616 c-617 b, et aussi *Epinomis*, 986 ab-987 c.

reposant sur l'horizon, sur le cercle qui limite la Terre, imaginée comme un disque plat. Cette vue avait dû être abandonnée à la suite des informations attestant qu'une éclipse n'est pas observée en tous lieux au même moment de la journée, dénotant ainsi que le Soleil ne se lève pas en même temps en tous les points de la Terre ; les parties de la surface terrestre étant atteintes l'une après l'autre par les rayons du Soleil à mesure qu'il s'élève au-dessus de l'horizon, on était amené à considérer la surface terrestre comme sphérique, ce qui devait conduire à se représenter la Terre comme un globe situé au centre de la sphère céleste (16). Ainsi s'ouvrait entre la Terre et le ciel un espace où pouvaient circuler des corps inégalement distants de la Terre. Dans cette nouvelle perspective céleste, il devenait d'abord possible de rendre compte des éclipses de Lune et de Soleil par l'ombre portée de la Terre ou de la Lune ; c'est ce qu'expliqua le premier Anaxagore (17), reçu à Athènes, dans l'entourage de Périclès, vers le milieu du ^{ve} siècle. Cette considération de l'éloignement relatif des corps célestes devait servir de base au système élémentaire d'Œnopide, caractérisé en outre par la découverte de l'écliptique ; mais il n'avait été rendu possible que par le renouvellement spectaculaire de la perspective céleste, issu lui-même des progrès de la géométrie, de son application à l'optique. Un architecte romain du siècle d'Auguste, Vitruve, nous apprend qu'Anaxagore et après lui Démocrite s'étaient appliqués à l'étude de la perspective en vue de résoudre un problème technique, celui de la suggestion du relief dans les décors de théâtre, un art qui avait reçu le nom de *scénographie* (18). Mais, pour rendre compte des mouvements apparents des planètes par leurs révolutions rétrogrades sur le plan de l'écliptique tandis que tout le système des orbes célestes est entraîné dans le mouvement diurne, il fallait que, outre le problème géométrique de la perspec-

(16) Cf. *Vorsokratiker*, 60 [47] A 14 (II, p. 46, 15-16). La même conclusion s'imposait en observant que la hauteur de l'étoile polaire varie, et que de nouvelles constellations apparaissent tandis que d'autres cessent d'être toujours visibles, à mesure qu'on se déplace vers le Nord ou le Sud, du pays des Scythes à celui des Ethiopiens (ARISTOTE, *De Caelo*, II 14, 297 b 31-298 a 9). Voir E. FRANK, *Plato und die sogenannten Pythagoreer*, p. 23 sq., et Beilage V : Die Entdeckung der Kugelgestalt der Erde. — Le lecteur philologue mesurera notre dette envers cet ouvrage, insuffisamment apprécié.

(17) DIELS-KRANZ, *Vorsokratiker*, 59 [46] A 42 (10), A 77 (p. 24, l. 37-39); PLUTARQUE, *Nicias*, 23.

(18) VITRUVÉ, *De architectura*, VII, préface, § 11 (*Vorsokr.*, 59 [46] A 39).

tive, soit résolu aussi le problème cinématique de la composition des mouvements. Ce problème s'était posé d'abord en vue de la construction de certaines courbes, requises pour la solution de difficultés géométriques, telles que la trisection de l'angle ou la duplication du cube. C'est ainsi que, vers la fin du ^{ve} siècle, Hippias d'Elis avait découvert la *quadratrice*, lieu des points d'intersection de deux droites en mouvement, l'une de rotation, l'autre de translation (19). De telles études devaient se développer dans l'école d'Archytas de Tarente, contemporain de Platon (20) ; et c'est à ses liens avec cette école qu'il doit sans doute la connaissance du système astronomique qu'il décrit dans ses ouvrages comme une nouveauté scientifique.

C. — Cette astronomie mathématique, il la caractérise par opposition avec l'astronomie d'observation, la seule ordinairement connue de son temps. Dans la *République*, où il trace le programme des études scientifiques nécessaires aux gouvernants, après avoir indiqué le rôle de l'arithmétique, de la géométrie, il en vient à l'astronomie, où l'opinion courante se plaît à reconnaître une science qui élève l'âme, parce qu'elle nous oblige à regarder en haut (21). Mais Platon ne l'entend pas ainsi : si l'astronomie contribue à la formation de l'esprit scientifique, c'est parce qu'elle nous oblige à dépasser l'observation et à reconstruire les mouvements apparents, les phénomènes offerts à la vue par les astres errants, au moyen d'une combinaison de mouvements idéaux, définis mathématiquement. Le ciel visible, le spectacle d'en haut, n'est pas pour l'astronome un *modèle* à décrire, mais un *problème* à résoudre (22) ; la tâche de l'astronome se concrétise dans la construction d'un *modèle mécanique* du ciel, d'un système de cercles dont les mouvements uniformes se combinent de manière à reproduire la complexité des mouvements observables (23). Selon un

(19) PROCLUS, in *Euclid.*, p. 272, 3 Friedlein (*Vorsokr.*, 85 [79] B 21), cf. T. L. HEATH, *A manual of Greek mathematics*, p. 142-144.

(20) DIOGÈNE-LAËRCE, VIII 83 = *Vorsokr.*, 47 [35] A 1) et, à titre d'exemple, *ibid.*, A 14. Cf. E. FRANK, *op. laud.*, p. 173, 205, 236.

(21) PLATON, *République*, VII 529 a-c.

(22) *Ibid.*, 529 d, où nous lisons : οὐχ οὐκ (négatif)... παραδείγμασι, et 530 a : προβλήματα ἄρα. Cf. notre ouvrage : *Le sens du platonisme*, p. 121-124.

(23) L'utilité d'un tel appareil est proclamée dans le *Timée*, 40 d ; on en trouve la description dans la *République*, X 616 c. Cf. P.-M. SCHUHL, *Autour du fuseau d'Ananké*, in *La fabulation platonicienne*, p. 82 sq. (2^e éd., p. 71 sq., et les études suivantes.

commentateur ancien, le problème de l'astronome était posé par Platon en ces termes : « Quels mouvements uniformes, circulaires, ordonnés, faut-il supposer pour sauver les phénomènes, c'est-à-dire rendre compte des apparences présentées à la vue par les astres errants ? » (24). La science astronomique ne peut se contenter des données sensibles, empiriques ; connaître scientifiquement le monde sidéral et ses mouvements, c'est être capable de les reconstruire idéalement, par la déduction et le calcul, à partir de notions bien définies, de concepts mathématiques, comme ceux de mouvement uniforme, de trajectoire circulaire, de distance et de vitesse mesurables. Cette construction mathématique, si elle est concrétisable dans un *modèle mécanique*, est avant tout un objet idéal pour l'intelligence, et qui dépasse en beauté le ciel visible : « Ces broderies qu'on voit dans le ciel, du moment qu'elles sont brodées dans du visible, encore qu'il les faille considérer comme les plus belles et les plus exactes en ce genre, sont bien en défaut à l'égard des véritables, à l'égard des mouvements que définissent la vitesse réelle et la grandeur réelle dans les nombres véritables et les figures véritables, des rapports réciproques qui s'expriment dans le visible, mais qui ne sont saisis que par le discours et l'entendement, non par la vue » (25).

Ces considérations nous permettent de rectifier les vues de Poincaré sur le rôle de l'astronomie dans la formation de l'esprit scientifique : « C'est elle, disait-il, qui nous a fait une âme capable de comprendre la nature » (26) ; en nous montrant que l'ordre règne dans le ciel, elle nous a appris qu'il y a des lois qui régissent les phénomènes. Mais il est prouvé, par le préjugé des astres errants, que la régularité astronomique n'est pas donnée à l'observation ; pour la découvrir, il faut vouloir la trouver. L'idée de loi répond à une exigence rationnelle, imposée à l'observation empirique, loin d'être dérivée d'elle ; il n'y a pas de science sans une tentative de reconstruction à partir d'hypothèses, sans recours à des notions *a priori*. C'est ce que Platon veut mettre en lumière par l'exemple de l'astronomie, science rationnelle qui ne peut se contenter de l'observation ; il faut, dit-il hardiment, « prendre congé des phénomènes » (27), se détourner momentanément de

(24) SIMPLICIUS, in *Arist. de Caelo*, II 12, p. 488, 23 et 493, 2 Heiberg.

(25) PLATON, *République*, VII 529 *cd*.

(26) H. POINCARÉ, *op. cit.*, p. 157.

(27) *République*, VII 530 *b* : τὰ δ' ἐν τῷ οὐρανῷ ἔχσομεν.

l'observation, si l'on veut définir dans leur vérité les mouvements célestes. Après quoi, sans doute, il faudra revenir à l'observation, confronter avec les apparences visibles les conséquences déduites des hypothèses, les résultats du calcul ; c'est par l'accord des observations avec les prévisions théoriques que se vérifient les hypothèses, les principes d'un système astronomique ; ceux-ci doivent être capables de « sauver les phénomènes », c'est-à-dire d'en rendre compte exactement.

II

A. — Or, le plus souvent, ils n'en rendent compte qu'approximativement ; entre les prévisions théoriques et les observations, il y a un écart. L'astronome veut ramener à des lois régulières les mouvements des astres errants ; mais ceux-ci ne suivent jamais exactement la loi ; ils présentent toujours des aberrations. De ces aberrations, Platon, en philosophe, prenait aisément son parti ; il estimait que le monde sensible ne peut être parfaitement conforme aux exigences intelligibles ; il ne peut être totalement affranchi du désordre et de l'imperfection (28). Au regard de l'astronome, les aberrations ont une autre signification ; elles dénotent une imperfection non de l'Univers sensible, mais de la théorie, qui doit être complétée, perfectionnée. Parmi les aberrations qui inquiétaient les astronomes de l'Antiquité, les plus remarquables étaient les avances et retards de Vénus et de Mercure. Ces deux planètes ne s'éloignent jamais beaucoup du Soleil ; leur révolution zodiacale est d'environ un an, comme celle du Soleil ; mais, tour à tour, elles le devancent ou elles sont devancées par lui, de sorte que par moments elles semblent s'arrêter dans leur révolution ; elles présentent des stations et des rétrogradations. Dans la cosmologie encore rudimentaire du *Timée*, ces phénomènes sont attribués à une « influence antagoniste » (29) ; mais, pour en rendre compte

(28) *Ibid.*, 529 d, 530 b : Il est aberrant (ἄτοπον) de penser que des objets corporels et visibles (σῶμά τε ἔχοντα καὶ ὁρώμενα) puissent se comporter toujours identiquement et ne jamais présenter de déviation (γίγνεσθαι τε ταῦτα αἰὶ ὡσάύτως καὶ οὐδαμῇ οὐδὲν παραλλάττειν).

(29) *Timée*, 38 d : ἰσόδρομον ἡλίῳ κύκλον ἰόντας, τὴν δὲ ἐναντίαν εἰληχότας ἀντὶ δυνάμιν. On remarquera que ces planètes que nous disons inférieures, en ce sens qu'elles circulent selon nous entre la Terre et le Soleil, et que les Anciens appelaient les *lanciers* (δορυφόροι) ou *satellites* du Soleil, en ce sens qu'elles ne s'éloignent jamais de lui, montent la garde auprès de lui, circulaient, à leurs yeux, au-delà du Soleil. Suivant le *Timée*, 38 d et l'*Epinomis*, 986 b-987 c, les orbites des planètes se rangent autour de

rationnellement, les astronomes ont dû compliquer le système sidéral décrit dans le *Timée*, qui comptait en tout huit révolutions s'effectuant autour de la Terre, celles des sept planètes et de la sphère des fixes ; elles formaient ainsi une octave, et les distances des planètes étaient définies suivant des rapports correspondant aux intervalles de la gamme ; c'est cette conception qui a été désignée sous le nom d'harmonie des sphères (30). Or, pour rendre compte des anomalies apparentes du mouvement des planètes en général, Eudoxe, se conformant à la règle formulée par Platon, ne voulut supposer que des révolutions autour d'un même centre ; il fut amené de la sorte à multiplier le nombre des sphères concentriques. De même que les mouvements apparents du Soleil s'expliquent par la combinaison de la révolution diurne, équatoriale, avec sa révolution propre sur le plan de l'écliptique, de même les anomalies de la révolution zodiacale d'une planète pouvaient s'expliquer par la combinaison de son mouvement selon le cercle de l'écliptique avec la révolution de deux autres sphères, tournant en sens inverse l'une de l'autre autour de deux axes perpendiculaires entre eux. La composition de ces deux révolutions engendre pour un point donné une oscillation suivant une courbe en forme de 8, laquelle se projette sur la trajectoire zodiacale par une distorsion intermittente, un rebroussement dont la sinuosité est désignée sous le nom d'*hippopède*, celui de l'entrave mise aux pieds d'un cheval (31).

Le système des sphères homocentriques se mouvant selon des axes différents, inventé par Eudoxe, devait être perfectionné, c'est-à-dire compliqué par son successeur Callippe. Au lieu des huit orbes du *Timée*, Eudoxe avait supposé 27 sphères, sans compter celle des étoiles fixes ; avec Callippe, le nombre en est porté à 34 ; Aristote, qui adopte ce système, juge nécessaire d'introduire au niveau de chaque planète plusieurs sphères dites compensatrices (*ἀνελίττουςαι*), destinées à redresser les distorsions imposées à la trajectoire de la planète immédiatement supérieure, à rétablir

la Terre dans l'ordre suivant : la Lune, le Soleil, Vénus, Mercure, Mars, Jupiter, Saturne. Ainsi Vénus et Mercure ont un rang inférieur parmi les « cinq étoiles », mais supérieur relativement à la Lune et au Soleil.

(30) *République*, X 617 b ; cf. *Timée*, 36 d.

(31) SIMPLICIUS, in *Arist. de Caelo*, p. 492 Heiberg = EUDOXE, fr. 124, in F. LASSERRE, *Die Fragmente des Eudoxos von Knidos*, p. 67-73 (texte et trad. all.), et commentaire, p. 198-205. Ces explications s'éclairent au moyen des figures 1, 2 et 3 empruntées à E. FRANK, *op. laud.*, p. 343.

ainsi pour chaque planète les bases d'une révolution régulière sur le plan de l'écliptique ; le nombre des sphères est ainsi porté à 56, à l'exclusion toujours de la sphère des fixes (32). Cette multiplication des sphères est apparemment due au fait que, dans l'esprit d'Aristote, les révolutions uniformes, les trajectoires circulaires

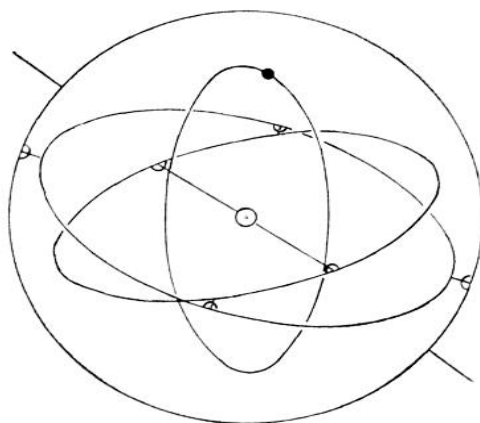


FIG. 1. — Le mécanisme des sphères selon Eudoxe

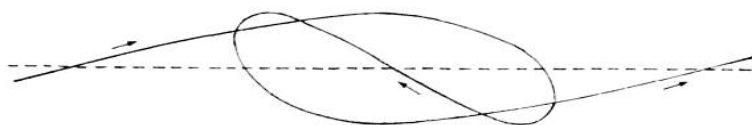


FIG. 2. — Perspective de la trajectoire rebroussée (hippopède) d'une planète

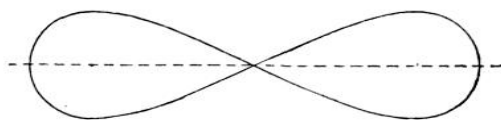


FIG. 3. — Tracé de l'oscillation engendrant l'apparence de l'hippopède

superposées par les astronomes pour rendre compte des apparences célestes, ne sont pas seulement des constructions géométriques ; elles se concrétisent en des sphères transparentes, faites d'une substance incorruptible, l'éther (33) ; elles sont imaginées comme des sphères cristallines, emboîtées comme dans un planétaire ; et c'est cette imagination qui conduit à rechercher par quel mécanisme peut être rétabli au niveau de chaque planète un mouvement

(32) ARISTOTE, *Métaphysique*, A 8, 1073 b 17-1074 a 14. Un exposé simple et clair de ce passage est donné par G. REALE, dans sa traduction avec commentaire de *La Métaphysica*, t. II, p. 295-296.

(33) ID., *De Caelo*, II 12, 292 b 4-8 : ἐλάχιστη δὲ σφαῖρα σώμα τι τυγχάνει ὄν.

conforme au plan de l'écliptique. Les figures géométriques ne sont plus alors seulement des constructions imaginaires, un secours apporté par l'imagination à l'exercice de l'entendement mathématique (34) ; elles sont des entités qui s'imposent à la spéculation cosmologique. La théorie, qui était une hypothèse explicative, est devenue un dogme scientifique.

L'autorité d'Aristote a servi de caution au système des sphères homocentriques ; elle a contribué à tenir en échec un système rival, qui abandonnait le géocentrisme et mettait ainsi sur la voie de l'héliocentrisme. Lorsqu'en effet la multiplication des sphères homocentriques se fut avérée incapable de rendre compte exactement des apparences, le système a été généralement perfectionné non en supposant des mouvements dont la Terre ne serait pas le centre, autrement dit par l'hypothèse de mouvements, à notre regard, excentriques, mais par l'hypothèse des épicycles, c'est-à-dire en supposant qu'une planète se meut autour de la Terre à la façon dont, dans notre système, la Lune se meut autour du soleil, en décrivant un cercle autour de la Terre elle-même en révolution autour du Soleil. Dans cette complication du géocentrisme, chaque planète décrit un cercle, appelé *épicycle*, autour d'un point qui se meut circulairement autour de la Terre ; le cercle décrit autour de la Terre par le centre de l'épicycle est appelé le *déférent*. Ainsi était sauvé le principe du géocentrisme. La théorie des épicycles, issue des travaux du géomètre Apollonius de Perga, célèbre par son *Traité des Coniques* (35), sera élaborée par les astronomes alexandrins, d'Hipparque à Ptolémée. Mais antérieurement, parmi les successeurs de Platon, des tentatives s'étaient fait jour pour rendre compte des apparences célestes par l'hypothèse de révolutions excentriques, du moins à nos yeux, en supposant des trajectoires circulaires n'ayant pas pour centre la Terre ; elles avaient conduit un astronome de la première moitié du III^e siècle avant notre ère, Aristarque de Samos, à l'hypothèse héliocentrique ; on l'a appelé « le Copernic de l'Antiquité » (36).

B. — Aristote, dans son *De Caelo*, professe que la Terre est immobile au centre du monde, et il défend cette doctrine contre

(34) Ce rôle auxiliaire est mis en lumière par PLATON, *République*, VI 510 d-e. Cf. *Le sens du platonisme*, p. 118-119.

(35) Cf. L. T. HEATH, *op. cit.*, p. 352, 376.

(36) Id., *Aristarchus of Samos, the ancient Copernicus*.

des adversaires qui contestaient à la fois son immobilité et sa position centrale (37). Ces deux thèses cependant peuvent être dissociées ; ainsi, dans le *Timée* de Platon, la Terre est située au centre de l'Univers ; mais il semble que lui soit attribuée une giration selon l'axe des pôles (38). D'ailleurs, quelque interprétation qu'on adopte de ce texte, il apparaît, par la seule inspection d'un planétaire, d'un modèle mécanique du ciel, qu'il est équivalent d'admettre une giration de la Terre sur son axe ou une révolution de la sphère des fixes autour de la Terre immobile. Mais l'hypothèse de la giration était susceptible d'apporter une simplification considérable dans le système des sphères homocentriques, et il semble que cette hypothèse ait été admise, sinon par Platon lui-même, du moins par ses successeurs immédiats, Philippe d'Oponthe, auteur présumé de l'*Epinomis*, supplément aux *Lois* de Platon, et Héraclide du Pont, dont nous allons reparler (39).

Cependant, au témoignage d'Aristote, d'autres obtenaient le même résultat, l'explication du mouvement diurne, non par la giration de la Terre, mais par sa révolution autour du centre de l'Univers, à la manière d'une planète (40). Ceux-ci rejetaient non seulement l'immobilité de la Terre, mais sa position centrale ; et à l'objection que dans cette hypothèse, qui éloignait la Terre du centre, les mêmes étoiles ne devraient pas nous apparaître toujours sous le même angle, ils répondaient que, dans l'hypothèse même de la position centrale de la Terre, l'observateur était déjà éloigné

(37) ARISTOTE, *De Caelo*, II 14, 296 b 25-26 : οὐτε κινεῖται οὔτ' ἐκτὸς κεῖται τοῦ μέσου.

(38) *Timée*, 40 b-c, évoqué in *De Caelo*, II 13, 293 b 30-32.

(39) Cf. *Epinomis*, 987 b, où le mouvement de la sphère des fixes, entraînant dans sa révolution diurne toutes les planètes, est caractérisé comme une apparence s'imposant aux regards des profanes (ὥς γε ἀνθρώποις φαίνεται ἂν ὀλίγα τούτων εἶδόντων). — HÉRACLIDE, au témoignage d'EUSÈBE, *Praep. evang.*, XV 58, 3 (Fr. 104 Wehrli), donnait à la Terre un mouvement qui n'est pas un transport, mais une giration (οὐ μὴν γε μεταβατικῶς, ἀλλὰ τρεπτικῶς) ; c'est dans cette hypothèse et en supposant le ciel immobile (ἐν τῷ κέντρῳ δὲ οὔσαν τὴν γῆν καὶ κύκλῳ κινουμένην, τὸν δὲ οὐρανὸν ἡρεμεῖν) que selon SIMPLICIUS, in *Arist. de Caelo* II 13, p. 519 Heiberg (fr. 106 Wehrli), il expliquait le mouvement diurne. Mais cela n'empêchait pas HÉRACLIDE de raisonner en d'autres cas dans une autre hypothèse (cf. *ibid.*, II 14, p. 541 = fr. 107 Wehrli : εἰ δὲ κύκλῳ περὶ τὸ κέντρον). En une autre occasion, SIMPLICIUS, in *Arist. Phys.* II 2, p. 292 Diels (fr. 110 Wehrli), rapporte la réflexion de Geminus, selon laquelle l'astronome n'a pas à se prononcer sur ce qui est physiquement (φύσει) en mouvement ou en repos, mais à formuler des hypothèses d'où se puissent déduire les mouvements apparents.

(40) ARISTOTE, *De Caelo*, II 13, 293 a 22-23 : τὴν δὲ γῆν, ἐν τῶν ἄστρον οὔσαν, κύκλῳ φερομένην περὶ τὸ μέσον νύκτα τε καὶ ἡμέραν ποιεῖν. Cf. 14, 296 a 25-27, où ces deux thèses (giration et révolution autour du centre) sont posées comme distinctes.

du centre, de la longueur du rayon terrestre, et qu'en toute hypothèse cette distance de l'observateur au centre était négligeable en comparaison de la distance des étoiles (41). Ce système qui fait graviter la Terre, comme les planètes, autour d'un foyer central, est attribué par Aristote à « ceux d'Italie, qu'on appelle Pythagoriciens » (42) ; la tradition en fait remonter l'invention à Philolaos, un pythagoricien du milieu du ^{ve} siècle, de qui nous ont été transmis des fragments suspects (43) ; il est d'ailleurs invraisemblable qu'un tel système, plus compliqué que celui du *Timée*, ait été conçu antérieurement, et à une époque où les conditions d'une représentation mathématique de l'Univers n'étaient pas encore remplies (44).

Quoi qu'il en soit, ce système était répandu du temps d'Aristote, parmi les successeurs de Platon. En rejetant le géocentrisme, il devait conduire, avons-nous dit, à l'hypothèse héliocentrique. On a prétendu parfois qu'un héliocentrisme partiel, qui maintenait la Terre en giration sur son axe au centre de l'Univers, mais faisait tourner Vénus et Mercure autour du Soleil, circulant lui-même autour de la Terre, avait été conçu par Héraclide du Pont, un disciple de Platon ; son système aurait été une anticipation, sinon de Copernic, du moins de Tycho Brahé (45). Cependant, l'attribution à Héraclide d'un tel système ne paraît pas solidement fondée ; elle s'appuie sur un texte de Chalcidius, dans son commentaire du *Timée*, mais à la faveur d'une lecture inexacte, impliquant un anachronisme (46). Un tel système, en effet, a pour base la théorie mathématique des épicycles, établie seulement au siècle suivant par Apollonius. Enfin, il est notoire qu'Héraclide n'était pas un astronome, mais un polygraphe, un vulgarisateur, dont les écrits, souvent en forme de dialogue, devaient rapporter les théories astronomiques de son temps, en particulier le système pythagorique, combattu par Aristote, et défendu dans l'école de Platon. Dans l'exposé de ce système, tel qu'il nous est rapporté par Aristote, la révolution de la Terre autour du centre sert à rendre compte

(41) *Ibid.*, 293 b 25-30.

(42) *Ibid.*, 293 a 20-21 : οἱ περὶ τὴν Ἰταλίαν, καλούμενοι δὲ Ἰουθαγόρειοι.

(43) DIELS-KRANZ, *Vorsokratiker*, 44 [32] A 16, 17.

(44) Cf. E. FRANK, *op. laud.*, p. 207.

(45) Cf. T. L. HEATH, *A manual of Greek mathematics*, p. 186-187.

(46) CHALCIDIUS, in *Timaeum*, 110 = HÉRACLIDE, fr. 109, Wehrli. Cf. E. FRANK, *op. laud.*, p. 211-215, et le commentaire de F. WEHRLI, *Die Schule des Aristoteles*, Texte und Kommentar, Heft VII, *Herakleides Pontikos*, p. 96-99.

du mouvement diurne apparent des étoiles ; elle s'accomplit en un jour, et c'est parce que la Terre effectue dans le même temps une rotation sur elle-même que nous n'apercevons jamais le feu situé au centre de l'Univers (47) ; c'est pour une raison analogue que, dans notre système, nous apercevons toujours la même face de la Lune. Toutefois, les adeptes de ce système ont dû tenter, au prix certes d'un important remaniement, d'utiliser la révolution de la Terre autour du centre pour résoudre un problème toujours épineux, pour rendre compte des anomalies de Vénus et de Mercure ; et ce que l'on peut apercevoir dans les fragments astronomiques d'Héraclide, c'est le principe de cette explication. En supposant que du centre de l'Univers, le Soleil et Vénus, qui ont le même temps de révolution, soient aperçus tous les deux dans la même direction, ils apparaîtront au contraire sous un angle variable à un observateur circulant lui aussi autour du centre, mais à une distance intermédiaire entre le centre et le Soleil. Lorsque cet observateur passera devant le Soleil et Vénus, c'est-à-dire quand il franchira le rayon qui relie ces deux astres au centre, ceux-ci échangeront à ses yeux leurs positions réciproques : la planète, qui auparavant semblait, dans le sens du mouvement diurne, précéder le Soleil, semblera au contraire le suivre (48). Tout ce que nous trouvons dans les fragments d'Héraclide relativement à ce problème se réduit à cette indication : les parallaxes de Vénus et de Mercure ont leur principe dans la position excentrique de l'observateur, dans le mouvement de la Terre circulant autour du centre ; mais nous ne savons pas comment se faisait l'application de ce principe. Dans un système qui avait abandonné le géocentrisme, il restait à préciser à quelle distance du centre s'effectue la révolution de la Terre, en quel temps elle s'accomplit, et à examiner comment sa période devait être déphasée relativement au Soleil pour produire à point nommé ces passages qui entraînent pour l'observateur un renversement des apparences. Il se peut que pour les astronomes « agéocentriques » ces questions soient demeurées à l'état de problème, jusqu'au jour où l'un d'eux s'aperçut (ce que nous pouvons voir par l'inspection d'une figure illustrant le principe explicatif exposé par Héraclide) qu'une solution très

(47) Cette conséquence est impliquée dans les considérations relatives à l'Anti-Terre. Cf. DIELS-KRANZ, *Vorsokratiker*, 44 [32] A 17, 58 [45] B 37 (1, p. 403, 30 ; 461, 43-44).

(48) HÉRACLIDE, fr. 107-110 Wehrli, et le commentaire ; cf. E. FRANK, *op. laud.*, p. 215-217.

simple y serait apportée en supposant que la Terre circule, non autour du centre de l'Univers, mais autour du Soleil (49).

C. — Cette hypothèse a été émise dans l'Antiquité par Aristarque de Samos, un astronome du début du III^e siècle avant notre ère ; il s'est aperçu que les anomalies dont l'explication était

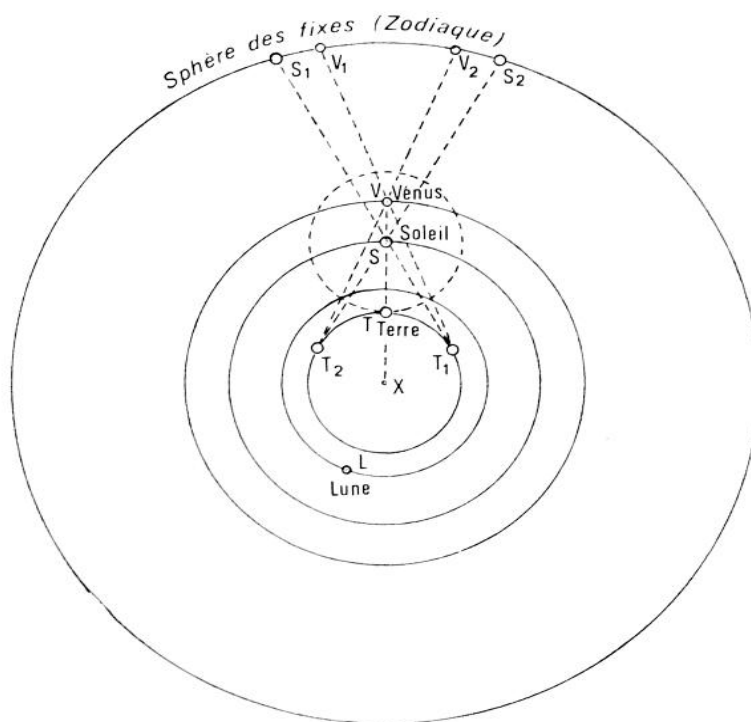


FIG. 4. — La circulation de la Terre, T, autour du centre, X, permet de rendre compte des déplacements apparents de Vénus et du Soleil, supposés situés sur un même axe partant du centre. La difficulté est d'expliquer comment la Terre franchit périodiquement cet axe tandis que le Soleil accomplit sa révolution annuelle. Une solution simple est aperçue en supposant que la Terre parcourt le cercle pointillé ayant pour centre le Soleil.

cherchée, suivant Héraclide, dans la circulation de la Terre, s'expliquaient de la manière la plus aisée dans l'hypothèse où elle circule autour du Soleil. Le système pythagorique, qui fait circuler la Terre autour du feu central, a donc servi de transition entre le système géocentrique et le système héliocentrique. C'est ce que n'ont pas vu ceux qui ont attribué à Héraclide un système qui anticipait celui de Tycho Brahé, et qui ne s'est constitué que postérieurement, à titre de compromis entre le géocentrisme et l'héliocentrisme. Le système d'Aristarque nous est décrit dans ses

(49) Voir E. FRANK, *ibid.*, et la figure de la p. 216, reproduite ici, fig. 4.

grandes lignes par Archimède, qui, sans l'accepter, en évoque, dans un écrit célèbre, l'*Arénaire*, les hypothèses fondamentales : les étoiles fixes et le Soleil demeurent immobiles ; la Terre accomplit une révolution autour du Soleil, suivant un cercle qui a pour centre le Soleil ; la sphère des étoiles fixes a également le Soleil pour centre, et ses dimensions sont telles que l'orbite de la Terre ou, si l'on préfère, la distance de celle-ci au Soleil, est négligeable eu égard au rayon de la sphère céleste (50).

L'hypothèse héliocentrique, émise par Aristarque, souleva dans l'Antiquité un étonnement et un scandale comparables à ceux qu'elle devait provoquer dans les Temps modernes, quand elle fut reprise par Copernic. Le système pythagorique, qui faisait circuler la Terre, installait au centre de l'Univers le « foyer de Zeus », sacralisant ainsi la cosmologie ; l'héliocentrisme, au contraire, heurtait sans ménagement la vision géocentrique sur laquelle reposait la conception anthropocentrique et l'image religieuse du monde. Le philosophe stoïcien Cléanthe, qui dirigeait alors l'école fondée par Zénon, le Portique, aurait voulu que fût intenté à l'astronome un procès d'impiété, pour avoir remué le foyer de l'Univers, c'est-à-dire attribué un mouvement de révolution à la Terre (51). Mais la résistance au système héliocentrique venait aussi de milieux scientifiques ; au regard du physicien, ôter la Terre de sa position centrale, c'était renoncer à l'évidence de la pesanteur et aux principes les mieux assurés de la dynamique du sens commun. Restait certes la possibilité de tenir le mouvement de la Terre pour une hypothèse, un présupposé cinématique, apportant une simplification dans la théorie, dans la reconstruction des phénomènes. Mais si, dans cette hypothèse, l'explication était plus simple, les constructions moins compliquées, les conclusions étaient aussi moins précises et ne permettaient pas une vérification exacte ; le mécanisme des sphères concentriques et des épicycles se prêtait mieux au calcul, du moins aux moyens dont il disposait alors, que la relativité des apparences issues de la position excentrique d'un observateur en mouvement (52). Le compromis qui devait être adopté, et qui évoque Tycho Brahé succédant à Copernic, faisait graviter les planètes, du moins les plus proches, autour du

(50) ARCHIMEDIS, *Opera omnia*, éd. Heiberg, II 218.

(51) PLUTARQUE, *De facie lunae* 6, 3, p. 923 A = ARNIM, *Stoic. vel. fragm.*, I 500.

(52) Cf. P. DUHEM, *Le système du monde*, t. I, p. 424-426.

Soleil, circulant lui-même autour de la Terre ; il pouvait donner satisfaction à Cléanthe et à ceux qui pour des raisons théologiques étaient attachés au géocentrisme ; dans l'explication des phénomènes, il recueillait la plupart des avantages de l'héliocentrisme ; et pour en rendre compte exactement, il allait profiter des méthodes mathématiques élaborées par Apollonius, fondateur de la théorie des épicycles ; dans ce système, en effet, chaque planète décrivait un épicycle ayant pour centre le Soleil, circulant sur un déferent ayant pour centre la Terre. On s'explique donc que ce système, attribué parfois hâtivement à Héraclide, ait laissé des traces dans l'histoire de l'astronomie sous le nom de « système égyptien », sans doute parce qu'il fut inventé par les astronomes alexandrins (53). Néanmoins ce système devait être rejeté par Hipparque, convaincu d'ailleurs de l'insuffisance de toutes les explications du mouvement des planètes. Aussi s'appliqua-t-il d'abord, en vue d'une meilleure solution du problème, à recueillir des observations plus précises, à l'aide d'instruments perfectionnés ; se détournant du problème général des planètes, il s'attacha particulièrement à déterminer avec exactitude les trajectoires du Soleil et de la Lune, en considérant non seulement leurs positions sur la sphère céleste, mais leur distance à la Terre, leur éloignement variable dénoté par la variation de leur diamètre apparent. C'est en étudiant avec précision la trajectoire du Soleil qu'il fut conduit, par la comparaison de ses observations et de ses calculs avec ceux des astronomes des siècles précédents, à une découverte capitale, celle de la précession des équinoxes, effet du mouvement de nutation de l'axe terrestre (54).

* * *

C'est sur la base des observations recueillies par Hipparque et ses successeurs que Ptolémée devait entreprendre, deux siècles plus tard, son grand travail de systématisation consigné dans la *Syntaxis mathematica* transmise par les Arabes sous le nom d'*Almageste*. Il faisait apparaître l'équivalence de l'explication par les

(53) Cf. THÉON DE SMYRNE, III 33, p. 87 Hiller (trad. fr. J. DUPUIS, p. 301-303). Suivant une distinction déjà signalée par ARISTOTE, *De Caelo*, II 13, 293 b 4-8, la Terre reste dans ce système le centre géométrique de l'Univers, auquel correspond dans le corps humain l'ombilic, tandis que le centre vital en est le Soleil, autour duquel tournent les planètes, et qui correspond au cœur.

(54) Cf. L. T. HEATH, *A manual of Greek mathematics*, p. 395-397.

excentriques ou par les épicycles (55), mais ne réussissait pas à rendre compte de toutes les anomalies. Ce sont ces aberrations, ces écarts entre l'observation et les théories admises, qui devaient conduire Copernic à reprendre l'hypothèse héliocentrique d'Aristarque, tandis que Tycho Brahé revint au système intermédiaire issu des travaux d'Apollonius. La systématisation de l'héliocentrisme, opposable au système géocentrique de Ptolémée, fut réalisée seulement par Kepler ; mais pour imposer le système héliocentrique, pour réduire la résistance de ses adversaires, il fallut l'œuvre de Galilée. Avec lui, les deux systèmes cessent d'être des hypothèses, des suppositions théoriques, servant de principes à des constructions également aptes à rendre compte des phénomènes, au moyen de calculs plus ou moins compliqués ; avec lui, il faut opter, et le savant ne peut refuser le système héliocentrique (56) ; ce qui détermine son choix, ce ne sont pas tant les nouveautés que nous découvrons le télescope, la fameuse lunette de Galilée, que sa réforme de la dynamique. Par sa nouvelle conception de l'inertie, selon laquelle un corps ne peut, sans l'intervention d'une force, ralentir son mouvement, pas plus qu'il ne peut de lui-même sortir du repos, il ruinait les objections du sens commun et de la dynamique aristotélicienne, dont la plus impressionnante était que, si un corps est soulevé au-dessus de la Terre, il ne pourra, en raison du mouvement de celle-ci, retomber l'instant d'après au même point. Galilée a montré qu'en pareil cas le corps soulevé au-dessus de la Terre demeure dans son champ de gravitation, est entraîné dans son mouvement (57). Ainsi le mouvement de la Terre s'accorde parfaitement avec les observations concernant la chute des corps ; ce n'est pas seulement une hypothèse astronomique, mais une vérité physique (58).

Il faut se garder cependant d'en faire un dogme scientifique. Il reste, en effet, que, du point de vue cinématique, le mouvement est conçu comme purement relatif ; de ce point de vue, il est

(55) Cf. P. DUHEM, *op. cit.*, t. I, p. 434-441.

(56) Cf. M. CLAVELIN, Galilée et le refus de l'équivalence des hypothèses, in *Galilée. Aspects de sa vie et de son œuvre*, p. 127-152.

(57) Cf. D. DUBARLE, La méthode scientifique de Galilée. Galilée et la mécanique, dans le même recueil, publié par le Centre international de Synthèse, p. 88-93, 259-264.

(58) Ce qui revient à rejeter la distinction établie par GEMINUS, ci-dessus n. 39. L'interprétation « physique » et non purement « mathématique » de l'hypothèse d'Aristarque aurait été adoptée dans l'Antiquité par Seleucus, au témoignage de PLUTARQUE, *Platonicae quaestiones*, 8.

indifférent que ce soit la Terre ou le Soleil qui se meuve ; le choix entre les deux systèmes est imposé par des raisons tirées de l'expérience physique, et particulièrement de la physique terrestre, par la considération de la pesanteur, que Newton devait étendre à la physique céleste. Cette expérience, rationnellement interprétée, nous conduit à tenir pour apparents les mouvements célestes et à définir comme vrai le mouvement de la Terre. Mais cette interprétation n'est possible qu'à partir de l'expérience des mouvements apparents, éprouvée par un observateur qui se considère immobile ; sans cette référence à l'observateur, le mouvement ne serait pas perçu géométriquement, comme déplacement dans l'espace, mais ressenti comme changement pur ; et il n'y aurait point de base à l'élaboration d'un système astronomique. De l'expérience géocentrique, on s'élève à la représentation héliocentrique par une série d'opérations intellectuelles, comme on passe de la notion du nombre entier à celle des nombres irrationnels, imaginaires, transcendants, ou du tracé de la droite euclidienne aux constructions des géométries non euclidiennes. Le point de vue initial est dépassé, mais il ne peut être aboli. Le relativisme nous délivre de la subjectivité ; en reconnaissant la relativité des apparences visuelles, les effets de la perspective et du mouvement de l'observateur, nous accédons, à travers la géométrie et la cinématique, à une représentation objective du monde ; mais il est impossible de rompre la relation de l'objet connu au sujet connaissant, de tenir l'objet de la science pour la réalité absolue, de regarder les phénomènes extérieurs comme des choses en soi.

Joseph MOREAU.