Théorie et réalité
L'exemple de l'astronomie ancienne

Anne Tihon
Professeur à l'Université catholique de Louvain

L'astronomie présente, parmi les sciences, une particularité, c'est que son objet est par nature insaisissable. On ne peut en aucune manière le soumettre à une quelconque expérimentation, comme on peut le faire pour l'arithmétique, la géométrie, les sciences naturelles, la physique, la musique... C'est pourquoi l'histoire de l'astronomie ancienne est d'abord l'histoire d'un défi posé à l'intelligence humaine. En ce qui concerne notre thème, le rapport avec la réalité, il va être en quelque sorte constamment éludé car, ici, la réalité avec laquelle le savant sera confronté ne sera jamais que les apparences : ce qui apparaît à l'homme placé sur la Terre et observant le ciel. Je devrai donc presque toujours parler de relation non pas avec le réel, mais avec les apparences.

Dans le monde méditerranéen et au moyen Orient –je me limite ici aux civilisations qui ont été à l'origine de notre civilisation occidentale– ce sont les Babyloniens, semble-t-il, qui ont fait les premiers des observations précises et essayé de maîtriser par le calcul le cours des astres (1). Dès les environs de 1650 a.c.n., on a des observations précises de Vénus par exemple. Les Babyloniens croyaient que les phénomènes célestes représentent des présages pour ce qui se passe sur la Terre : une éclipse, par exemple, annonce la mort ou la chute d'un roi. D'où l'importance de les observer et d'arriver à les prévoir. Les Babyloniens ont donc observé avec une grande finesse et ont laissé des tables astronomiques.

Précisons un peu la chronologie. Les observations babyloniennes remontent surtout au VIIIe siècle avant notre ère : Ptolémée, en effet, utilise

(1) Pour une présentation générale de l'astronomie babylonienne, voir le chapitre sur la Mésopotamie par R. LABAT et E. M. BRUINS, dans *La science antique et médiévale*, pp. 121-136 ; M. RUTTEN, *La science des Chaldéens* ; O. NEUGEBAUER, *Les sciences exactes dans l'Antiquité*, pp. 131-183.

beaucoup d'observations babyloniennes, notamment d'éclipses, qui remontent à 721 a.c.n. et aux années qui suivent. Ceci est confirmé par des tablettes consignant des observations systématiques dès les environs de 700 a.c.n. Mais c'est seulement au IVe siècle avant Jésus-Christ que l'astronomie babylonienne atteint son plein développement. La plupart des tablettes astronomiques, en effet, datent de l'époque des Séleucides (à partir de 311 a.c.n.).

Les tables babyloniennes sont surtout basées sur des progressions arithmétiques, parfois sous des formes assez complexes, qui essaient de recouvrir de manière plus ou moins fine les révolutions des astres ou autre phénomène céleste. Il n'y a, dans les tablettes, aucune théorie : celles-ci donnent tantôt des recettes de calcul pragmatiques, assez obscures et sans justifications théoriques, tantôt les éphémérides qui résultent de tels calculs. Dès lors, on peut dire que, de même qu'en arithmétique ou en géométrie, les Babyloniens, malgré des inventions géniales comme le calcul sexagésimal, n'ont pas développé de véritable science : il leur manque la généralisation, l'abstraction et la démonstration. Les Égyptiens, bon calculateurs eux aussi, ont laissé peu de choses importantes en matière d'astronomie –je simplifie très fort évidemment. Eux aussi avaient un esprit essentiellement empirique, et on ne trouve aucune théorie explicite dans les textes mathématiques égyptiens.

Ce sont donc les Grecs qui ont introduit la capacité d'abstraction, la démonstration. Cet esprit de démonstration, de généralisation, quand il fusionnera avec les données empiriques accumulées par les civilisations voisines babyloniennes et égyptiennes donnera la science comme nous l'entendons aujourd'hui. Cela se passera à l'époque alexandrine, au IIIe siècle avant notre ère.

Mon propos est de retracer, à ma façon, les étapes des développements de l'astronomie grecque ancienne en montrant quelles ont été les différentes manière d'appréhender non pas la «réalité» en ce domaine, mais, dirions-nous, la «réalité apparente» des choses astronomiques. Cette présentation ne donnera pas une idée complète de l'astronomie ancienne : d'une part, les lacunes de notre documentation sont considérables ; d'autre part, je n'ai retenu ici que ce qui me semblait illustrer le thème de ce séminaire. Enfin, on tiendra compte du fait qu'un exposé de ce genre nécessite de grandes simplifications.

I. Premières approches

1. Première étape : La mythologie

Chez Homère (VIIIe s. a.c.n.) et chez Hésiode (ca 700 a.c.n.), les phénomènes naturels sont expliqués par l'action des divinités : c'est Poseidon qui provoque les tremblements de terre, Zeus, la foudre, Iris, l'arc-en-ciel, etc. Mais à côté de cela, il y a, chez Homère et surtout chez Hésiode dans les *Travaux et les Jours*, des observations élémentaires, notamment sur les levers et couchers des étoiles, qui marquent les travaux saisonniers, pour les agriculteurs ou les marins. On note que tel jour, telle étoile se lève, il fera de la pluie, de la neige ou du vent, tel oiseau revient ou s'en va, etc. Ces calendriers ont existé pendant toute l'époque gréco-romaine et on les affichait même dans les cités. Ce sont les *parapegmata*, ainsi appelés parce qu'on fichait des sortes de clou pour représenter les étoiles dans des trous préparés à cet effet [(2)].

2. Deuxième étape : «Physique» ou cosmologique

La deuxième étape pourrait être qualifiée de «physique». Elle représente les recherches des philosophes dits «présocratiques» [(3)]. On appelle ainsi les penseurs qui ont comme caractéristiques :

(1) d'avoir vécu avant Socrate (cependant, on appelle aussi présocratiques des gens qui ont vécu après Socrate, mais qui se rattachent par le type de pensée aux prédécesseurs de Socrate) ;

(2) d'avoir étudié la nature dans son ensemble – ils ont tous écrit un Περὶ φύσεως, *De la nature* ;

(3) d'avoir cherché à expliquer l'Univers par un «principe premier», l'ἀρχὴ (le mot en grec signifie à la fois «commencement» et «commandement»). Ce «principe premier» a varié selon les philosophes : l'eau, l'air, l'infini ou indistinct, l'immobilité, le mouvement, la querelle, ou autre. Ce principe est choisi selon une certaine base expérimentale : l'eau est source de toute vie, et ainsi de suite.

(2) Voir par exemple H.G. GUNDEL, *Zodiakos*, p. 45, Abb. 17 ou p. 216, Kat. Nr. 36.

(3) Les fragments des présocratiques sont édités dans H. DIELS, *Die fragmente der Vorsokratiker* (= DK) ; sélection, avec traduction et commentaire dans G.S. KIRK et J.E. RAVEN, *The Presocratic Philosophers* (= KR). Voir aussi D.R. DICKS, *Early Greek astronomy to Aristotle.*

Avant de commenter l'apport de ces philosophes, je voudrais d'abord attirer l'attention sur le problème des sources. On n'a conservé, en effet, aucune de leurs œuvres, sinon quelques maigres fragments. Ceux-ci sont fiables, mais tirés de leur contexte et souvent fort brefs et obscurs. Les témoignages indirects sont de deux sortes : ceux qui proviennent de l'école d'Aristote, où l'on peut penser que les œuvres originales étaient encore accessibles ; et les autres souvent fort tardifs et suspects. Il est surprenant de voir que quantité d'études qui retracent avec une belle assurance les théories de ces penseurs mettent tous les témoignages sur le même plan. Il convient donc de se méfier des trop belles reconstructions (4) !

À travers tous ces fragments de valeur diverse on voit apparaître :

(1) Des explications très pittoresques et poétiques, d'authenticité pas toujours sûre, des phénomènes célestes : les astres sont des coques remplies de feu qui, en pivotant sur elles-mêmes provoquent des éclipses ou les phases de la Lune (5) ; ou bien ce sont des couronnes de feu qu'on voit par des ouvertures qui s'ouvrent et se referment (6)... etc.

(2) Un type d'explication très grecque qui tourne résolument le dos à la réalité observée. Par exemple, Empédocle dit que le Soleil que nous voyons n'est pas le Soleil réel, mais le reflet d'un Soleil apparent qu'on ne voit pas –il s'agit ici d'un fragment authentique (7). Ou bien Philolaos place au centre du monde un feu central et, pour avoir dix corps célestes, nombre parfait pour les Pythagoriciens, ajoute une anti-Terre qu'on ne voit jamais, puisqu'elle est toujours de l'autre côté (8) ...

(3) Mais aussi, petit à petit, des notions scientifiques plus justes apparaissent : que la Lune reçoit sa lumière du Soleil (9) ; explication correcte des éclipses (10) ; que l'univers est sphérique ; que les astres sont des pierres : ceci fut avancé par Anaxagore (11) –sans doute la chute d'un météorite à Aegos Potamos en 467 a.c.n. avait-elle suscité cette idée.

(4) Sur la critique des sources, voir D.R. DICKS, *Early Greek astronomy to Aristotle,* p. 40 ss.

(5) HÉRACLITE (DK 22 A 1 ; KR 227).

(6) ANAXIMANDRE (DK 12 A 11 ; KR 127).

(7) EMPÉDOCLE (DK 31 A 56).

(8) PHILOLAOS (DK 44 A 16 ; KR 332, p. 260).

(9) PARMÉNIDE (DK 28 B 14-15).

(10) ANAXAGORE (DK 59 A 42 ; KR 529).

(11) ANAXAGORE (DK 59 A 42 ; KR 529).

Anaxagore aurait été traîné au tribunal pour avoir dit que le Soleil était du métal en fusion [12].

Une place à part doit être faite aux Pythagoriciens pour qui tout était nombre. Ce sont eux qui ont essayé, pour la première fois, d'expliquer des phénomènes physiques comme, par exemple, la hauteur des sons musicaux, par un langage purement mathématique, par des rapports de nombres. Cette application d'un langage purement mathématique représente une étape importante dans l'approche scientifique, même si les Pythagoriciens se sont souvent fourvoyés dans l'excès même de leurs recherches.

3. Socrate : Approche «morale»

La troisième étape, je la qualifierais de «morale», ce terme étant pris dans un sens très large. Elle est propre à Socrate.

Dans le *Phédon*, Platon met en scène Socrate, qui se dit déçu par les recherches des philosophes qui ont écrit des ouvrages *Sur la nature* (περὶ φύσεως ἱστορίας). Puis il entend parler des livres d'Anaxagore qui explique tout par l'Intelligence (Νοῦς). Voici le passage en question :

> «Or, voici qu'un jour j'entendis faire une lecture dans un livre qui était, disait-on, d'Anaxagore et où était tenu ce langage : “C'est en définitive l'Esprit qui a tout mis en ordre, c'est lui qui est cause de toutes choses”. Une telle cause fit ma joie ; il me sembla qu'il y avait, en un sens, avantage à faire de l'Esprit une cause universelle : s'il en est ainsi, pensai-je, cet Esprit ordonnateur, qui justement réalise l'ordre universel, doit aussi disposer chaque chose en particulier de la meilleure façon qui se puisse : voudrait-on, pour chacune, découvrir la cause selon laquelle elle naît, périt ou existe ? ce qu'il y aurait à découvrir à son sujet c'est selon quoi il est le meilleur pour elle soit d'exister soit de subir ou de produire quelque action que ce soit. [...]
>
> «Je me figurais avoir découvert l'homme capable de m'enseigner la cause, intelligible à mon esprit de tout ce qui est. Oui, Anaxagore va me faire comprendre si, en premier lieu, la terre est plate ou ronde, et, en me le

(12) ANAXAGORE (DK 59 A 1 ; KR 487).

> faisant comprendre, il m'expliquera plus en détail pourquoi cela est nécessaire : puisqu'il dit ce qu'il vaut mieux, il dira aussi que, pour la terre, telle forme valait mieux. S'il me dit ensuite qu'elle est au centre, en détail, il m'expliquera aussi comment il valait mieux qu'elle fût au centre. [...]
>
> «Naturellement, pour le soleil j'étais aussi tout prêt à recevoir cette même sorte d'enseignement, et pour la lune encore, et pour le reste des astres, tant au sujet de leurs vitesses relatives que de leurs retours et de leurs autres vicissitudes ; oui, comment enfin, pour chacun, il vaut mieux produire ou subir en fait ces choses-là. Pas un instant en effet il ne me serait venu à la pensée que, déclarant que tout cela avait été mis en ordre par l'esprit, il eût à ce propos mis en avant une cause autre que celle-ci : la meilleure manière d'être pour tout cela, c'est précisément la manière d'être de tout cela [...]» (13).

Ce passage a quelque chose de fascinant. Dans le contexte général, Socrate veut inciter ses auditeurs à rechercher les vraies causes des choses et non pas des causes immédiates, matérielles, physiques. Par exemple, il continue en disant, en substance : si je suis assis parmi vous, ce n'est pas parce que mes muscles se contractent de telle ou telle façon, que mes membres sont à même de se plier de telle façon, et ainsi de suite. Mais la vraie cause, c'est le Bien : c'est parce qu'il est meilleur pour moi d'être ici (ce qui ne manque pas d'ironie dans les circonstances).

Socrate veut donc détacher ses auditeurs de la recherche matérielle, triviale, pour les pousser à rechercher la finalité ultime, qui est pour chaque chose, son bien.

Dans ce passage, Socrate affirme sa croyance en une Providence qui dirige le monde, une Divinité qui ordonne tout pour le bien de chacun. Quelle importance que la Terre soit ronde ou plate ? Si la Terre est plate, c'est qu'il est mieux pour elle d'être plate ; si elle est ronde, alors c'est qu'il est mieux pour elle d'être ronde. De même si Socrate est assis parmi ses amis avant de boire la ciguë, c'est qu'il est mieux pour lui d'être ainsi. La méthode de recherche consiste à voir ce qui est le Bien pour chaque chose et ainsi, on découvrira ce qu'elles sont. Quel dommage que cette méthode ne puisse pas marcher !

(13) PLATON, *Phédon*, 97b ss (traduction Léon ROBIN).

4. Platon : Au-delà des apparences

Platon lui aussi va pousser ses disciples à rechercher au-delà des apparences. Dans la *République* (521 ss), il définit les sciences propres à élever l'âme du philosophe, et parmi elles l'astronomie. Non pas, comme le croit naïvement son interlocuteur, parce que l'objet qu'étudie l'astronomie se situe en haut (cela reviendrait à croire que celui qui étudie les ornements d'un plafond élève son âme par cette contemplation !), mais il s'agira de découvrir les «vrais» nombres, les «vraies» vitesses et les «vraies» lenteurs... Je cite :

> «Ces constellations variées du firmament sont brodées dans une matière visible. De ce fait, bien qu'elles soient, il faut le reconnaître, ce qu'il y a de plus beau et de plus exact dans cet ordre, elles sont bien inférieures aux constellations vraies et à ces mouvements suivant lesquels la vraie vitesse et la vraie lenteur, selon le vrai nombre et dans toutes les vraies figures, se meuvent en relation l'une avec l'autre et meuvent en même temps ce qui est en elles ; et ce sont là des choses perceptibles par la raison et l'intelligence, mais par la vue non pas.
>
> «[...] c'est donc [...] en nous posant des problèmes que nous étudierons l'astronomie, comme la géométrie ; mais nous ne nous arrêterons pas à ce qui se passe dans le ciel [...]» (14).

Cet objectif, Platon l'aurait posé en termes précis, selon Simplicius, sous cette forme : «Par quelles hypothèses au moyen de mouvements uniformes, circulaires et déterminés pourront être sauvées les apparences qui concernent les planètes» (15).

L'expression «sauver les apparences» est devenue le but de l'astronomie ancienne. Cependant, actuellement beaucoup d'historiens de l'astronomie considèrent que cette formule, qui nous est rapportée par un auteur vivant près de 900 ans après Platon, n'est pas réellement un objectif du temps de Platon, mais une préoccupation de l'époque hellénistique.

(14) PLATON, *République*, 529 a (traduction Émile CHAMBRY).

(15) SIMPLICIUS, *Comm. au* De Caelo *d'Aristote* (ed. Heiberg), p. 492. Autre formulation, p. 488 : «par quels mouvements supposés uniformes et déterminés peuvent être sauvées les apparences au sujet des mouvements des planètes».

Et, en effet, lorsqu'on voit les systèmes proposés de manière mythique et obscure par Platon (dans le mythe d'Er, dans le *Timée*), on voit qu'il ne se soucie nullement des apparences. Dans le mythe d'Er, raconté dans la *République* (616b), Platon décrit une machinerie planétaire faites d'anneaux renflés emboîtés les uns dans les autres, encore à la manière des présocratiques, et qu'on n'arrive pas à accorder avec les caractéristiques des mouvements planétaires. Dans le *Timée*, il donne une construction de rapports mathématiques déconnectés (malgré les efforts des chercheurs modernes) de toute réalité.

Mais on doit à Platon d'avoir obligé vigoureusement les savants à chercher les lois qui se trouvent derrière les objets. Parler de lois scientifiques est certainement anachronique, mais c'est en tout cas l'ébauche de cette démarche.

On lui doit aussi l'affirmation de principes qui vont peser très lourd sur les développements ultérieurs de l'astronomie :

(1) mouvements circulaires uniformes (*Timée* 34a)

(2) position centrale et immobilité de la Terre (*Timée* 40b) [16], etc.

Ces principes seront établis et démontrés encore plus solidement par Aristote dans le *De caelo* (286a, 269a, 296b...) et deviendront les bases intangibles de toute construction astronomique. Du point de vue qui nous occupe, nous remarquons d'emblée la contradiction formelle avec les apparences, puisque aucune planète n'a de mouvement circulaire et que aucune vitesse n'est uniforme.

II. Les systèmes

À présent que les bases sont jetées, on peut aborder les différents systèmes astronomiques qu'ont proposés les Anciens.

Distinguons ici la sphère céleste dans son ensemble et les différents systèmes imaginées pour rendre compte des mouvements des planètes et les calculer.

(16) Ce passage a été discuté et certains ont prétendu que Platon donnait un mouvement à la Terre, ce qui ne semble pas conforme au texte grec.

1. La sphère céleste

Voici comment les anciens Grecs de l'époque hellénistique (IIIe s a.c.n.) se représentaient la sphère céleste :

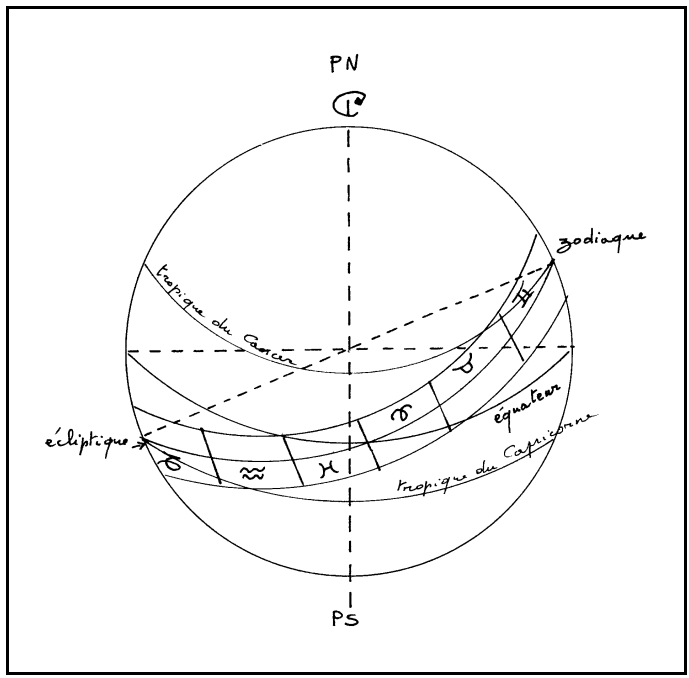

Illustration n°1.
La sphère céleste.

Il s'agit d'une visualisation géométrique –toujours valable d'ailleurs– du ciel qui nous entoure. Quand cette conception s'est-elle fixée ? En tout cas au IIIe s. et peut-être un peu avant, du temps d'Aristote. C'est un outil de travail admirable. La sphère céleste ainsi représentée en solide permet de visualiser tout ce qui se rapporte à l'astronomie sphérique et tout ce qui se produit du fait de la rotation journalière du ciel : longueur du jour et de la nuit, ascensions, etc. On y voit tous les arcs, toutes les figures qui se forment au cours de la rotation de la sphère. Si l'on y ajoute des graduations pour les coordonnées verticales et horizontales et un cercle de visée, on obtient la sphère armillaire, l'instrument astronomique par excellence, qui

aura une carrière de quinze siècles au moins dans les observatoires. Si l'on remplit la sphère en y dessinant les constellations, on a un globe céleste.

Les Grecs ont consacrés bon nombre de traités consacrés aux mouvements de cette sphère ou à sa description : Théodose, Autolycus, Géminus, etc. Et la description mythologique des constellations est due au poète Aratos (IIIe s. a.c.n.).

2. Les systèmes astronomiques

Mais la sphère ne montre rien en ce qui concerne les mouvements des cinq planètes (auxquelles on ajoute le Soleil et la Lune), puisque celles-ci ont un déplacement propre dans la bande du zodiaque. Comment rendre compte de ces mouvements, en tenant compte du postulat des mouvements circulaires uniformes ?

A. *Le système d'Eudoxe*

Eudoxe, qui aurait été l'élève de Platon, avait imaginé un système constitué de sphères concentriques (homocentriques) emboîtées les unes dans les autres : il imagine que chaque planète est emportée par quatre sphères animées d'un mouvement (toujours circulaire uniforme), mais en sens différents et selon un axe différent. La combinaison des mouvements de ces quatres sphères reproduit les trajectoires capricieuses de la planète concernée. Pour le Soleil et la Lune, il imaginait pour chacun trois sphères.

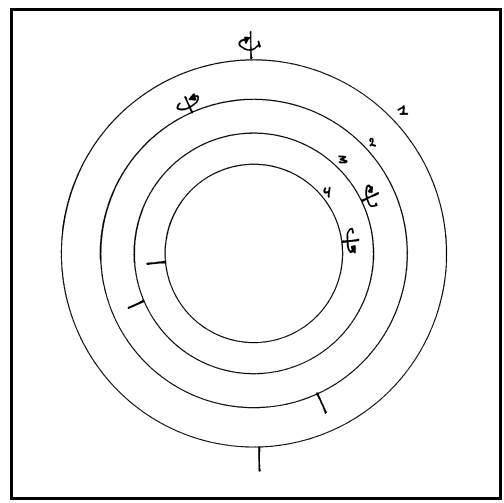

Illustration n°2.
Le système planétaire d'Eudoxe.
(cf. la légende de l'illustration n°3).

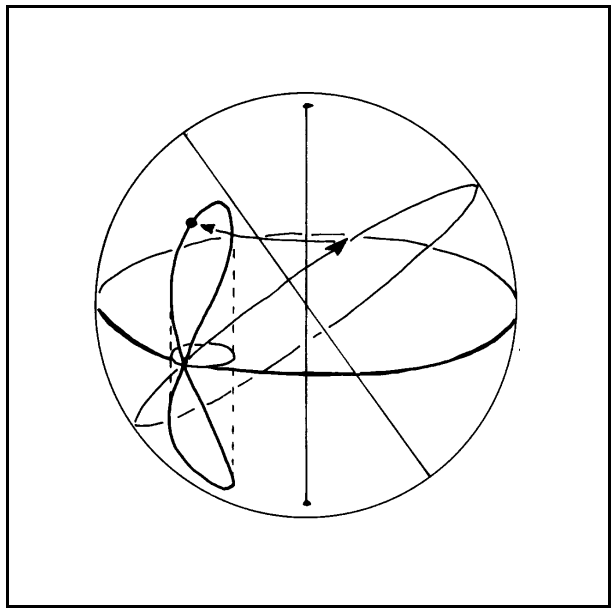

Illustration n°3.

Pour les planètes, Eudoxe imagine quatre sphères emboîtées tournant selon des axes différents. Les sphères 3 et 4 tournent à même vitesse, mais en sens opposé et selon des axes différents (ill. n°2). La combinaison de leur mouvement produit une figure en forme de 8, qui est l'intersection d'une sphère et d'un cylindre et qu'Eudoxe appelait «hippopède» (ill. n°3).

(figure d'après A. AABOE, *Scientific astronomy in Antiquity*).

Il s'agit d'une construction géométrique (ou mécanique) remarquable, malheureusement, l'œuvre d'Eudoxe étant perdue, on ne sait pas exactement comment il la démontrait, ni comment il la concevait. Aristote et son astronome Calippe ont repris ce système en y ajoutant des «sphères compensatoires» destinées à annuler le mouvement des sphères précédentes (ce qui montre une «matérialisation» plus grande que chez Eudoxe).

Le système a été abandonné parce qu'il ne permettait pas de calculer facilement et parce qu'il ne rendait pas compte des irrégularités de vitesse (irrégularités des saisons pour le Soleil) ni des différences d'éloignement (très visibles pour la Lune).

B. ***Le système à épicycle et à excentrique***

Le système d'Eudoxe a été supplanté par un autre système beaucoup plus efficace du point de vue mathématique : le système à épicycle et à excentrique. Un épicycle est un petit cercle qui se meut sur un autre. Un excentrique est un cercle décentré par rapport à la Terre. Il aurait été inventé par Apollonius de Perge (IIIe s. a.c.n.) (17).

Ce système permettait de rendre compte de vitesses irrégulières, de différences d'éloignement et permettait de mettre en tables numériques toutes les vitesses angulaires –toujours circulaires uniformes. Ptolémée, le grand astronome de l'antiquité (IIe s. p.c.n.) en fera un usage intensif et imaginera des combinaisons de plus en plus complexes, comme ceci :

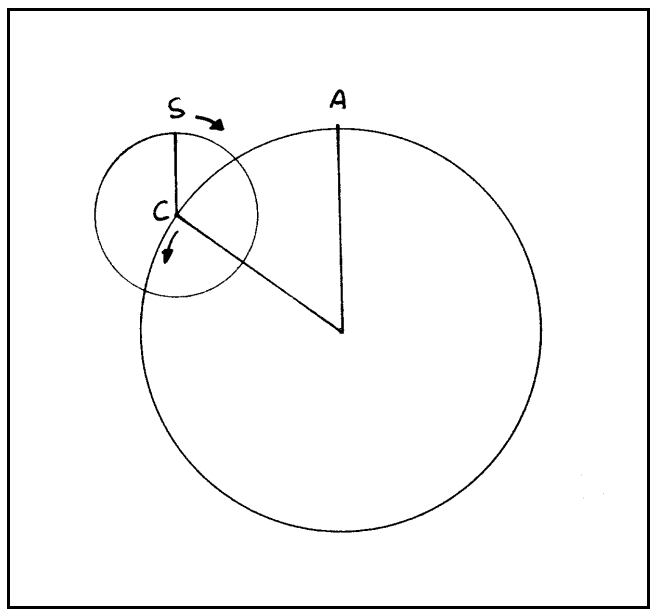

Illustration n°4.
Modèle de Ptolémée pour le Soleil.

Le Soleil (S) circule en sens direct sur un épicycle de centre C qui à son tour fait le tour de l'écliptique à même vitesse.

(17) Cf. PTOLÉMÉE, *Alm*. II, p. 450.

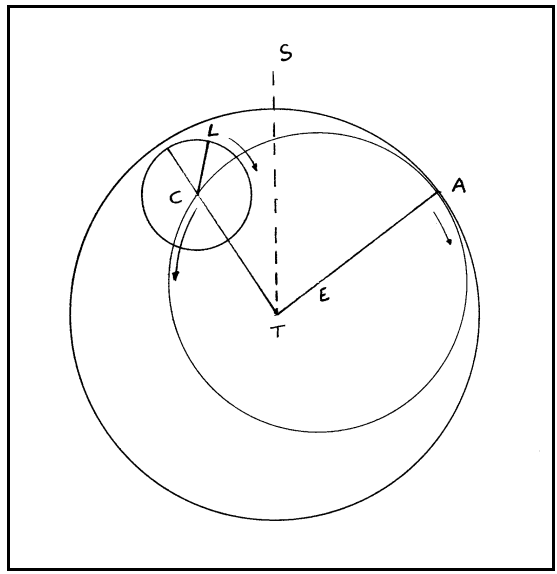

Illustration n°5.
Modèle de Ptolémée pour la Lune.

La Lune (L) circule en sens rétrograde sur un épicycle de centre C. Celui-ci fait le tour d'un excentrique de centre E, tandis que celui-ci fait le tour de l'écliptique (de centre T).

C'était un outil efficace, mais complexe et qui, malgré les efforts de Ptolémée, n'arrivera pas à rendre compte parfaitement des positions des planètes. Fait paradoxal, l'inventeur du système, Apollonius, qui a écrit des œuvres majeures en géométrie sur les sections coniques, était parfaitement à même de calculer des ellipses. Mais tout autre forme de mouvement que le mouvement circulaire était impensable pour les anciens en ce qui concerne les astres.

Aux yeux des Grecs, ces excentriques et épicycles étaient de pures constructions mathématiques, sans aucune existence concrète, matérielle. Il s'agissait simplement d'arriver à calculer les longitudes ou les latitudes, et l'on utilise pour le Soleil deux constructions équivalentes (l'une à épicycle, l'autre à excentrique) en choisissant ce qui est le plus facile pour résoudre le problème proposé. Ceci ne posait guère de difficulté à l'esprit des Grecs. L'Occident médiéval, au contraire, héritier d'une mentalité romaine beaucoup plus concrète et rigide, aura beaucoup plus de mal à admettre un système qui n'avait aucune «réalité» matérielle.

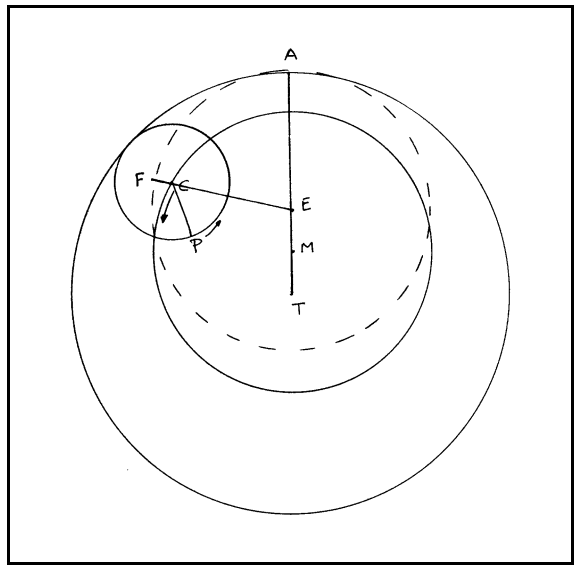

Illustration n°6.
Modèle de Ptolémée pour les planètes.

La planète (P) circule en sens direct sur un épicycle de centre C. Celui-ci fait le tour d'un excentrique de centre M, mais sa vitesse, régulière et uniforme, est réglée par le rayon EF d'un autre excentrique de centre E. Pour Mercure, la construction est légèrement différente.

Ptolémée, cependant, toujours désireux de couvrir tous les aspects d'un problème, a voulu aussi présenter son système φυσικῶς, c'est-à-dire d'un point de vue «physique», matériel, de manière à ce qu'il puisse être représenté mécaniquement par un instrument en trois dimensions (18) : c'est ce qu'il a essayé dans les *Hypothèses des planètes*. Inutile de dire que la tâche était particulièrement ardue !

Je n'ai rien dit du soi-disant système héliocentrique d'Aristarque de Samos (IIIe s. a.c.n.) (19). C'est que nous n'en avons qu'un fragment –une mention par Archimède– et l'on voit qu'il ne s'agit pas d'un système astro-

(18) Ceci est dit explicitement dans la version arabe des *Hypothèses* (cf. R. MORELON, *La version arabe du* Livre des hypothèses *de Ptolémée*, pp. 14-17).

(19) Sur ce problème, voir J. MOGENET, *Aristarque de Samos et les précurseurs de Copernic*.

nomique complet. Aristarque considère simplement trois corps célestes : le Soleil, la Terre et les étoiles fixes, et son hypothèse qui place le Soleil au centre du monde est simplement destinée à essayer d'évaluer la distance des étoiles fixes –de même qu'il a écrit des œuvres sur les distances du Soleil et de la Lune, en plaçant cette fois la Terre au centre du monde. Cela semble n'être rien de plus qu'une hypothèse de travail, mais nous en savons trop peu pour en discuter longuement.

Je termine ici mon exposé. La science véritable est née, je l'ai dit, dans un milieu privilégié et à une époque privilégiée : à Alexandrie, au IIIe siècle avant Jésus-Christ. À ce moment se produit la fusion de deux mentalités : l'esprit pragmatique et calculateur des Orientaux (aussi bien les Babyloniens que les Égyptiens) et l'esprit abstracteur, raisonneur et démonstrateur des Grecs. Mais ceux-ci avaient un peu trop tendance à ignorer la réalité. En astronomie, comme dans beaucoup de sciences d'ailleurs, les Grecs ne feront de progrès décisifs que quand ils s'astreindront à tenir compte vraiment des réalités, à savoir des observations –l'œuvre de Ptolémée repose sur une masse considérable d'obervations reprises aux Babyloniens, à ses prédécesseurs grecs, ou les siennes propres. Mais les Grecs avaient compris aussi que la réalité devait s'expliquer par des voies qui peuvent s'en détacher– des choses qui ne sont perceptibles que par l'Intelligence et la Raison, comme le dit Platon. C'est d'une sorte de miraculeux équilibre entre soumission à la réalité et recréation de celle-ci par l'intelligence que la science a pu naître.

Bibliographie

Auteurs anciens

ARISTOTE, *Du ciel* / texte établi et traduit par Paul MORAUX. – Paris : Les Belles Lettres, 1965. – (Collection des universités de France).

EUDOXE DE CNIDE : voir LASSERRE.

PLATON, *Phédon* / texte établi et traduit par Léon ROBIN, dans *Œuvres complètes*. – Vol. IV, 1re partie. – Paris : Les Belles Lettres, 1960.

—, *La République (livres IV-VII)* / texte établi et traduit par Émile CHAMBRY, dans *Œuvres complètes*. – Vol. VII, 1re partie. – Paris : Les Belles Lettres, 1946.

—, *Timée - Critias* / texte établi et traduit par Émile CHAMBRY, dans *Œuvres complètes*. – Vol. X. – Paris : Les Belles Lettres, 1985. – (Collection des universités de France).

PRÉSOCRATIQUES : voir DIELS, DUMONT, KIRK et RAVEN.

PTOLÉMÉE, *Claudii Ptolemaei opera quae exstant omnia*, vol. I : *Syntaxis mathematica*, vol. II : *Opera astronomica minora* / ed. J.-L. HEIBERG. – Leipzig : Teubner, 1898, 1903 et 1907.

—, *Ptolemy's Almagest* / translated by G. TOOMER. – London, 1984. – (2e éd., New York ; Berlin ; Heidelberg ; Tokyo, 1984).

SIMPLICIUS, *Simplicii in Aristotelis* De caelo *commentaria* / ed. J.L. HEIBERG. – Berlin, 1894. – (Commentaria in Aristotelem graeca ; VII).

Ouvrages modernes

AABOE (A.), *Scientific astronomy in Antiquity*, dans *The place of astronomy in the Ancient World* / ed. by Fr. HODSON. – British Academy : Oxford University Press, 1974. – pp. 21-42.

DICKS (D. R.), *Early Greek astronomy to Aristotle*. – Ithaca ; New York, 1970.

DIELS (H.), *Die fragmente der Vorsokratiker* / herausgegeben von Walther KRANZ. – Dublin ; Zürich : Weidmann, 1971-1972.

DUHEM (P.), *Le système du monde : Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. – Vol. I. – Paris : Hermann, 1913.

DUMONT (J.-P.), *Les écoles présocratiques*. – [Paris] : Éditions Gallimard, 1991. – (Folio/Essais).

GUNDEL (H.G.), *Zodiakos : Tierkreisbilder im Altertum*. – Mainz am Rhein : Philip von Zabern, 1992.

HISTOIRE générale des sciences, t. I : *La science antique et médiévale (des origines à 1450)* / sous la direction de René TATON. – 2e édition. – Paris : Presses Universitaires de France, 1966.

KIRK (G.S.) - RAVEN (J.E.), *The presocratic philosophers*. – Cambridge : Cambridge University Press, 1957.

LASSERRE (Fr.), *Die Fragmente des Eudoxus von Knidos*. – Berlin : De Gruyter, 1966.

MOGENET (J.), *Aristarque de Samos et les précurseurs de Copernic*, dans *Colloques d'histoire des sciences I (1972) & II (1973)*. – Louvain : Éditions Nauwelaerts, 1976. – pp. 127-138. – (Recueil de travaux d'histoire et de philologie ; 6e série, fasc. 9).

MORELON (R.), *La version arabe du* Livre des Hypothèses *de Ptolémée*. – Louvain ; Paris, 1993. – (Mélanges de l'Institut Dominicain du Caire [MIDEO] 21).

NEUGEBAUER (O.), *A history of mathematical astronomy*. – Berlin ; Heidelberg ; New York : Springer Verlag, 1975. – 3 vol.

—, *Les sciences exactes dans l'Antiquité* / essai traduit de l'américain par Pierre SOUFFRIN. – Arles : Actes Sud, 1990.

PEDERSEN (O.), *A survey of the Almagest*. – Odense, 1974. – (Acta historica scientiarum naturalium et medicinalium ; 30).

RUTTEN (M.), *La science des Chaldéens*. – Paris : Presses Universitaires de France, 1970. – (Que sais-je ?).

VAN DER WAERDEN (B.-L.), *Anfänge der Astronomie*. – Groningen, [1965]. – (Erwachende Wissenschaft II).