

In : L'astronomie dans l'antiquité
classique
Collections d'études anciennes
1979 : (Soubiran, J. ed.)

4847
AUSAC, G.
1979

REGARDS SUR L'ASTRONOMIE GRECQUE

Une précision pour commencer : cette brève présentation de l'astronomie grecque sera avant tout une présentation de textes, et de textes conservés (nous sommes des philologues) ; elle embrassera essentiellement la période comprise entre Platon et Ptolémée, soit les six siècles de la période hellénistique et romaine ; mais elle laissera volontairement en dehors les œuvres de Platon et d'Aristote d'un côté, de Ptolémée de l'autre.

Que nul ne s'étonne de ce choix : Platon et Aristote sont des philosophes qui ont utilisé la recherche astronomique de leur temps pour l'inclure dans leur méditation philosophique, en en donnant une interprétation strictement personnelle, largement diffusée par la suite ; Ptolémée est un astronome qui a marqué la fin d'une époque, le seul astronome dont les œuvres soient conservées presque *in extenso*. Le *Timée* de Platon, le traité *Du ciel*, la *Physique* ou *Les Météorologiques* (1) d'Aristote sont facilement accessibles dans des éditions courantes ; ils ont fait l'objet de volumineux commentaires, et ce depuis la plus haute Antiquité. La *Syntaxe mathématique* (connue également sous son nom arabe de l'*Almageste*) de Ptolémée (2), si elle n'a pas fait l'objet d'éditions récentes en France (un projet d'édition est en préparation à Paris), est elle aussi bien connue et abondamment commentée ; mais, outre qu'elle s'adresse surtout aux spécialistes, elle représente une phase finale de développement.

(1) Cf. Platon, *Timée*, ed. A. Rivaud, Paris, C.U.F. 1925. Aristote, *Du Ciel*, ed. P. Moraux, Paris, C.U.F. 1965 ; *Physique*, ed. Carteron (2 vol.), Paris, C.U.F. 1931 ; *Météorologiques*, trad. J. Tricot, Paris, Vrin, 1941.

(2) Cf. Ptolémée, *Opera omnia*, ed. Heiberg, Leipzig, 1898-1903 ; traduction allemande et commentaire par Manitius, Leipzig, 1912-1913 (réimpr. avec corrections et remarques par O. Neugebauer, 1963) ; texte et traduction française par l'abbé Halma, Paris, 1816.

Entre l'œuvre monumentale des philosophes du IV^e siècle avant J.-C. et celle, non moins magistrale, de l'astronome du II^e siècle après J.-C., il existe une série de textes, manuels scolaires, traités (ou poèmes) de vulgarisation, relativement mal connus et qui éclairent de façon plus utile peut-être pour les philologues que nous sommes la longue route suivie par les astronomes grecs, nous montrant leurs principales préoccupations, leur tâtonnements, les raisons de certains choix. Ce sont ces textes, délaissés trop souvent comme mineurs, qui seront au centre de nos débats.

I. POINTS DE REPÈRE CHRONOLOGIQUES

D'abord un bref rappel historique, en passant volontairement sous silence ce qui, dans l'étude des corps célestes, revient à la physique ou à la philosophie. Si l'on en croit Aristote (3) en effet, il y a dans les sciences qui s'occupent du ciel une partie commune à l'astronomie et à la physique, celle qui étudie l'essence des corps célestes, leur nature de corps mobile ou immobile, etc., et une partie qui relève de la seule astronomie, où l'on étudie les mouvements, les vitesses, les dimensions, les révolutions périodiques, en analysant les apparences sans porter de jugement sur l'essence, ou si l'on préfère sur la réalité physique. Les apparences (en grec, les *Phénomènes*), tel est le seul objet de la recherche pour les astronomes grecs.

1) c. 433 avant J.-C. Laissant donc de côté les physiciens ioniens, Thalès de Milet (c. 624-547 avant J.-C.) et ses disciples Anaximandre et Anaximène, négligeant aussi Pythagore (c. 572-492 avant J.-C.) et son école sur lesquels les témoignages sont

(3) Cf. Aristote, *Physique*, II, 193b : « L'astronomie est autre chose que la physique ; ou peut-être est-elle partie de la physique. Il serait absurde en effet qu'il appartint au physicien de connaître l'essence du soleil et de la lune et non aucun de leurs attributs essentiels, d'autant qu'en fait les physiciens parlent de la figure de la lune et du soleil, se demandant si le monde et la terre sont sphériques ou non... ». Ce passage est excellemment commenté par Géminos qui cite Simplicius (cf. fragment I in Géminos, *Introduction aux Phénomènes*, ed. G. Aujac, Paris, C.U.F. 1975).

si ambigus, je commencerai mon tour d'horizon vers 433 à Athènes.

On était à la veille de la guerre du Péloponnèse, trois ou quatre ans avant la mort de Périclès, disciple du philosophe Anaxagore (et l'on sait que Socrate, dans le *Phèdre*, 270a, attribuait la qualité particulière de l'éloquence de Périclès à l'habitude, inculquée par son maître, de méditer sur les mystères de la cosmologie) ; on en était donc à l'apogée du siècle de Périclès. Les astronomes Méton et Euctémon proposaient le cycle de 19 ans qui porte leur nom et qui devait entrer en vigueur en 432 avant J.-C., le jour du solstice d'été (soit le 16 juillet). L'introduction de ce cycle devait, aux yeux de ses inventeurs, permettre de mieux harmoniser les mois lunaires de 29 jours et demi, qui étaient les mois civils à Athènes, avec les années solaires, de 365 jours un quart, dont l'adoption était nécessaire pour régler les travaux des champs : l'intercalation à date fixe de mois supplémentaires devait rattraper l'écart de 11 jours un quart entre les douze mois lunaires et les douze mois solaires. Le cycle de 19 ans était destiné à remplacer les cycles de 4 ans (olympiades) ou de 8 ans (octaétérides), voire de 16 ans, alors en usage (4).

Méton et Euctémon étaient par ailleurs les auteurs de calendriers agricoles (ou parapegmes) dont il reste des bribes dans le calendrier annexé à l'*Introduction aux Phénomènes* de Géminos. On doit également à Euctémon d'avoir montré l'inégalité des saisons en indiquant le nombre de jours qu'il faut au soleil pour aller d'un équinoxe à un solstice ou d'un solstice à un équinoxe. Les recherches et les propositions des astronomes étaient suffisamment connues du grand public pour qu'Aristophane n'ait pas hésité à se moquer d'eux dans ses comédies : dans les *Nuées*, représentées en 423, il accuse ceux qui, refusant de se fier à la lune, « passent les jours sans exactitude aucune, mettant tout sens dessus dessous » ; dans les *Oiseaux*, représentés en 414, il met directement en scène Méton, « l'arpenteur du ciel » (5).

(4) Pour les cycles, cf. Géminos, *Introduction aux Phénomènes*, chap. VIII. Bonne mise au point dans T. Heath, *Aristarchus of Samos*, Oxford, 1913, p. 284 sq.

(5) Dans les *Nuées*, v. 626 sq., le chœur conclut qu'il faut régler d'après la lune son emploi du temps quotidien. Dans les *Oiseaux*, v. 997 sq., Méton arrive sur scène pour « mesurer l'air et le diviser en parcelles » ; il brandit un compas et une règle courbe.

2) *Eudoxe de Cnide* (c. 408-355 avant J.-C. ou c. 391-338). Le second jalon important a nom Eudoxe de Cnide. Auteur d'un traité intitulé *Les Phénomènes*, d'un autre intitulé *Le Miroir*, d'un traité *Sur les Vitesses* et d'un *Octaétéride*, Eudoxe semble répondre par avance à la définition aristotélicienne de l'astronome, observateur des apparences et calculateur des mouvements ; on lui doit aussi un traité de géographie, un *Tour de la terre* (6).

Né à Cnide en Carie, Eudoxe fut l'élève du géomètre Archytas de Tarente, puis, à Athènes, le disciple de Platon ; il passa quelque temps en Egypte pour y étudier l'astronomie (il y fit des observations en usant de l'observatoire d'Héliopolis) (7), s'installa ensuite à Cyzique sur les bords de l'Helléspont où il fonda une école qu'il transféra par la suite à Athènes avant de se fixer définitivement à Cnide sa patrie ; il y prit une part active à l'administration de la ville tout en continuant ses travaux astronomiques (il s'était fait construire un observatoire). Toute son œuvre est perdue, mais le contenu en est partiellement connu grâce à ses utilisateurs.

Eudoxe de Cnide aurait été le premier, dit Cicéron (8), à représenter les constellations sur une sphère solide, image de la sphère étoilée. Son ouvrage *Les Phénomènes* en était une sorte de description. On doit également à Eudoxe l'observation que l'étoile Canope (α Carina de la constellation Argo), à peine visible sur l'horizon en Carie, culmine à un quart de signe de zodiaque (7° et demi) au-dessus de l'horizon en Egypte. Mais Eudoxe est surtout connu pour sa théorie des sphères homocentriques destinée à rendre compte, à l'aide d'une combinaison de mouvements circulaires réguliers, du mouvement apparemment irrégulier des planètes : il exposait son hypothèse dans le traité *περὶ ταχῶν* *Sur les Vitesses* (9).

L'œuvre d'Eudoxe, avec la description du ciel étoilé et la construction de la sphère, avec l'analyse et la mécanisation du mouvement des planètes, avec la définition des latitudes

(6) Cf. *Die Fragmente des Eudoxos von Knidos*, ed. F. Lasserre, Berlin, 1966.

(7) Cf. Strabon, *Géographie*, XVII, 1, 29-30.

(8) Cicéron, *De Republica*, I, 14, 22.

(9) Sur la théorie des sphères homocentriques, cf. en dernier lieu Erkka Maula, *Studies in Eudoxus' Homocentric spheres*, Helsinki, 1974. Un des commentaires de Simplicius consacré à cette théorie sera annexé à l'édition des deux traités d'Autolycos de Pitane, à paraître dans la C.U.F.

terrestres par référence à la sphère locale, témoigne du haut degré de technicité auquel était parvenue l'astronomie à l'époque de Platon.

3) c. 330 avant J.-C. Le troisième jalon important se situe vers 330 avant J.-C. L'expédition d'Alexandre le Grand, disciple d'Aristote, avait commencé trois ans auparavant ; Alexandrie d'Egypte venait d'être fondée. Pythéas le Massaliote (10), parti de Gadès (= Cadix), allait explorer les contrées nordiques pour vérifier que, du côté du cercle polaire, le soleil ne se couchait guère ou pas du tout le jour du solstice d'été. Callippe de Cyzique (c. 370-300 avant J.-C.), continuateur d'Eudoxe dont il perfectionnait le système des sphères homocentriques, améliorerait aussi le cycle de Méton ; l'ère callippique de 76 ans (quatre fois le cycle de 19 ans), celle-là même qu'utilisera Ptolémée, débutait en 330/29. Callisthène, neveu d'Aristote et compagnon d'Alexandre, recueillait à la demande de son oncle les observations astronomiques consignées depuis fort longtemps à Babylone et les expédiait en Grèce (11). L'activité scientifique en général et astronomique en particulier était donc grande, peut-être d'ailleurs grâce à l'impulsion d'Aristote.

Pythéas de Marseille, Callippe de Cyzique étaient des astronomes. Au premier l'on doit d'avoir repéré avec plus d'exactitude la place du pôle céleste dans le ciel, d'avoir établi des corrélations entre la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon au solstice d'hiver et la latitude, d'avoir placé Gadès-Cadix sur le même parallèle que Cnide, en se servant de l'observation sur Canope ; son ouvrage *L'océan* (perdu), traitant de géographie mathématique, a été utilisé par Poseidonios dans son propre traité sur *L'océan* (perdu) et aussi par Géminos et Strabon dans des œuvres conservées (12).

De Callippe, on sait qu'il attribuait au mouvement apparent des planètes plus de complexité qu'Eudoxe, et qu'il essayait d'en rendre compte plus complètement que son prédécesseur. On lui doit aussi une mesure plus précise que celle d'Euctémon sur la longueur des saisons. De son œuvre écrite, rien ne subsiste.

Pourtant la date de 330 est importante, dans le projet qui

(10) Cf. Pytheas von Massalia, *Fragmenta*, ed. H.J. Mette, Berlin, 1952.

(11) Cf. sur ce point, et sur le système des sphères homocentriques, Simplicius, *Commentaire au De Caelo*, p. 491 sq. Heiberg.

(12) Cf. par exemple, G. Aujac, « Les traités *Sur l'Océan* et les zones terrestres », *Revue des études anciennes*, LXXIV, 1972, p. 74-85.

nous occupe, parce que c'est à ce moment-là que l'on situe en général la composition du premier ouvrage scientifique qui nous soit resté des Grecs : *La sphère en mouvement* d'Autolykos de Pitane. A partir de cette date, en effet, nous sommes moins démunis pour cerner les objectifs et les méthodes des astronomes grecs, ainsi que l'enseignement élémentaire qui était couramment dispensé dans les écoles.

La sphère en mouvement d'Autolykos de Pitane, ainsi que l'autre traité du même auteur, *Les levers et couchers héliques* (13), font partie d'un recueil de textes scientifiques que l'on connaît, depuis Pappus, sous le nom de *Petite Astronomie* (pour l'opposer à la Grande Astronomie, l'*Almageste*, de Cl. Ptolémée). Dans ce recueil, *La sphère en mouvement* est immédiatement suivie de l'*Optique* et des *Phénomènes* d'Euclide (14) qui n'ont pas dû lui être de beaucoup postérieurs puisque l'on situe en général la rédaction des *Eléments* vers 300 avant J.-C.

Les deux traités d'Autolykos et les *Phénomènes* d'Euclide sont des manuels élémentaires de géométrie sphérique : ils supposent l'existence d'un corps de théorèmes analogue à celui contenu dans les *Sphériques* (15) de Théodose de Bithynie (I^{er} siècle avant J.-C.) qui, dans le recueil en question, précèdent le traité d'Autolykos. De la géométrie de la sphère, on passe ainsi à la géométrie de la sphère tournant autour d'un axe, puis on l'applique aux apparences célestes, aux *Phénomènes*. On aurait tort de négliger des témoignages si précieux, les premiers témoignages directs de la recherche astronomique chez les Grecs.

4) c. 270 avant J.-C. A la prochaine étape, aux environs de 270, voisinent deux personnages on ne peut plus différents, qui furent d'exact contemporains : l'astronome Aristarque de Samos (c. 310-230), promoteur de l'hypothèse héliocentrique (« le Copernic de l'Antiquité », comme l'appelle T. Heath), et le poète Aratos de Soles (c. 315-240) qui fut l'un des meilleurs propagandistes en matière d'astronomie.

(13) Les traités d'Autolykos de Pitane ont été édités par Fr. Hultsch, Leipzig, 1885, puis par J. Mogenet (texte seul), Louvain, 1950. Une édition avec traduction française est en préparation pour la C.U.F.

(14) L'*Optique*, éditée par J.L. Heiberg, Leipzig, 1895, a été traduite en français par P. Ver Eecke, Paris, 1938 ; les *Phénomènes*, édités par H. Menge, Leipzig, 1916, ont été traduits en français par P. Chiron (mémoire de Maîtrise, Rennes, 1975 ; exemplaire dactylographié).

(15) Les *Sphériques* de Théodose, éditées par J.L. Heiberg, Berlin, 1927, ont été traduites en français par P. Ver Eecke, Paris, 1926.

L'hypothèse héliocentrique d'Aristarque n'est connue que par une brève allusion d'Archimède dans l'*Arénaire* ; il est probable qu'elle est restée à l'état d'ébauche, sans jamais être mise en œuvre dans un système complet et cohérent. D'Aristarque, il subsiste un court traité de géométrie sphérique, inclus dans le recueil précédemment cité et qui s'intitule *Dimensions et distances du soleil et de la lune* (16) ; les hypothèses retenues sont des plus classiques : que le soleil reçoit sa lumière du soleil, que la terre joue le rôle de point et de centre par rapport à la sphère céleste (et à celle de la lune, ce qui est moins classique), etc. ; elles ne font aucune place à l'hypothèse héliocentrique.

Aratos, de Soles en Cilicie, était un poète et, si l'on en croit les mauvaises langues, il était loin d'être un spécialiste en astronomie. Néanmoins la mise en vers qu'il fit des *Phénomènes* d'Euxode de Cnide, à la demande d'Antigone Gonatas, roi de Macédoine, allait avoir un impact considérable sur les générations à venir. Cette œuvre, conservée dans le texte grec et éditée naguère par Monsieur J. Martin (17) qui en prépare une édition nouvelle, devint très vite populaire et fut plusieurs fois traduite en latin : c'était une sorte de bréviaire astronomique à l'usage des gens cultivés.

Ajoutons que, vers le même temps (c. 280 avant J.-C.), le chaldéen Bérosee, prêtre de Bel, fonda dans l'île de Cos, face à Milet, une école astronomique réputée qui mit à la disposition des Grecs la longue expérience des Babyloniens.

5) *Seconde moitié du III^e siècle*. L'étape suivante, vers la seconde moitié du III^e siècle, se caractérise par une intense activité scientifique : c'est l'époque d'Archimède (287-212), d'Eratosthène (c. 275-193), d'Apollonios de Pergé (c. 262-190), des astronomes Conon de Samos, qui nomma la chevelure de Bérénice, et Dosithée, correspondant d'Archimède.

Il ne reste pourtant aucun document écrit, du moins sur le plan astronomique, de cette brillante période : le traité de la *Sphéropée*, composé peut-être par Archimède (18) pour illustrer la construction de ses célèbres planétaires, est perdu,

(16) Cf. T. Heath, *Aristarchus of Samos, The Ancient Copernicus*, Oxford, 1913.

(17) *Arati Phaenomena*, ed. J. Martin, Florence, 1956.

(18) Il en est question dans un extrait de Géminos cité par Proclus, *In Euclidem*, ed. Friedlein, Leipzig, 1873, p. 38 sq. Cf. aussi fragment II in Géminos, *Introduction aux Phénomènes*, ed. G. Aujac, Paris, 1975.

alors que tant de son œuvre est conservé. D'Apollonios de Pergé, à qui l'on fait crédit d'avoir démontré l'équivalence des hypothèses des excentriques et des épicycles pour rendre compte du mouvement apparemment irrégulier des planètes, il ne subsiste que son important traité de géométrie consacré aux *Coniques* (19). Quant à Eratosthène, célèbre pour sa mesure de la circonférence terrestre, son œuvre est perdue en totalité (on ne peut raisonnablement lui accorder la paternité de *Catastérismes* qui circulent sous son nom dans les manuscrits).

6) *Hipparque* (fl. 150 avant J.-C.). La fin de l'époque hellénistique voit apparaître celui que l'on considère souvent comme le plus grand astronome de l'Antiquité, Hipparque, né à Nicée vers 190 et qui observa, surtout à Rhodes, entre 161 et 126. De lui, il reste une seule œuvre, un *Commentaire aux Phénomènes d'Eudoxe et d'Aratos* (20) : à la critique de ses prédécesseurs, Hipparque ajoute un tableau des levers et couchers simultanés de toutes les constellations qui se lèvent et se couchent à la latitude de 36°, celle de Rhodes.

Hipparque avait dressé un catalogue de 850 étoiles que Ptolémée utilisera dans sa *Syntaxe mathématique* en convertissant les coordonnées équatoriales d'Hipparque en coordonnées écliptiques et en corrigeant les déclinaisons de 2° 40' pour tenir compte de la précession des équinoxes entre l'époque d'Hipparque et la sienne. Il est difficile d'évaluer exactement l'activité scientifique d'Hipparque, en l'absence de documents suffisants ; mais l'on sait qu'il avait mesuré les saisons et fixé la longueur de l'année tropique avec plus de précision que ses prédécesseurs ; il avait tenté lui aussi d'évaluer les dimensions et distances du soleil et de la lune ; pour rendre compte du mouvement apparemment irrégulier des planètes, il optait pour l'hypothèse des excentriques et des épicycles, séparément ou en combinaison ; il avait composé un Traité critique contre la *Géographie* d'Eratosthène ; etc.

Mais son plus grand titre de gloire reste d'avoir découvert

(19) Les *Coniques*, éditées par J.L. Heiberg, Leipzig, 1893, ont été traduites en français par P. Ver Eecke, Bruges, 1923.

(20) Ce *Commentaire*, édité par C. Manitius, Leipzig, 1893 (avec trad. allemande) a été traduit en français par M.J. Mazarguil et J.C. Patin (mémoire de Maîtrise, Toulouse, 1976, exemplaire dactylographié). Cf. aussi D.R. Dicks, *The geographical fragments of Hipparchus*, Londres, 1960.

la précession des équinoxes, ce mouvement qui fait se déplacer très lentement les points d'intersection de l'écliptique et de l'équateur au cours des temps et modifie la position des pôles célestes.

7) *L'ère des vulgarisateurs*. Après Hipparque et les fantastiques progrès réalisés de son temps, c'est, avec l'entrée dans la période que l'on qualifie de romaine, l'ère des vulgarisateurs. L'un de ces vulgarisateurs, Poseidonios d'Apamée (c. 135-50 avant J.-C.), qui enseigna une grande partie de sa vie à Rhodes dont il fut nommé prytane, fut un philosophe éminent, d'esprit curieux, qui avait sur ses contemporains un ascendant considérable : Cicéron, Pompée allèrent suivre ses leçons. Comme Archimède, il avait fabriqué un planétaire perfectionné qui faisait l'admiration des témoins ; à l'imitation de Pythéas, il avait composé un traité de géographie mathématique, *L'océan*, et, pour rivaliser avec Eratosthène, il avait tenté d'évaluer la circonférence terrestre par référence à l'étoile Canope. De son œuvre écrite, totalement perdue, on peut connaître partiellement le contenu par ses utilisateurs.

Peut-être légèrement antérieur à Poseidonios, Théodose de Bithynie (c. 150-70), beaucoup moins célèbre de son temps, eut la chance que partie de son œuvre ait été conservée dans le recueil déjà cité, la *Petite Astronomie*. Ses *Sphériques* en trois livres ont dû remplacer, à un moment de la tradition, les manuels traitant de géométrie de la sphère antérieurs à Autolycos et à Euclide. On possède également de Théodose un traité sur *Les lieux géographiques*, où la géométrie de la sphère sert à indiquer les particularités caractérisant certaines latitudes terrestres, et un traité en deux livres sur *Les jours et les nuits* (21), fondé lui aussi sur la géométrie de la sphère.

Citons encore d'autres manuels de vulgarisation : l'*Introduction aux Phénomènes*, de Géminos de Rhodes (fl. c. 70 avant J.-C.), traité élémentaire d'astronomie et de géographie mathématique (22) ; l'*Etude du mouvement circulaire* de Cléomède (fl. c. 100 après J.-C.), fondé sur l'enseignement de

(21) *Les lieux géographiques* et *Les jours et les nuits* ont été édités par R. Fecht à Berlin en 1927. *Les lieux géographiques* ont été traduits en français par N. Guetny (mémoire de Maîtrise, Rennes, 1974, exemplaire dactylographié).

(22) Géminos, *Elementa Astronomiae*, ed. et trad. C. Manitius, Leipzig, 1898. *Introduction aux Phénomènes*, ed. et trad. G. Aujac, Paris, 1975.

Poseidonios et où la physique, au sens aristotélicien, prend bien souvent le pas sur l'astronomie (23); un exposé des *Notions utiles à la lecture de Platon*, de Théon de Smyrne (début du I^{er} siècle après J.-C.), de couleur assez nettement philosophique (le titre même le suggère), et dans lequel l'astronomie figure en bonne place (24).

Après Ptolémée, dont les œuvres conservées sont aussi importantes que variées (on y trouve notamment une *Géographie*, un traité sur les *Hypothèses des planètes*, un calendrier, et divers traités d'astrologie), l'enseignement de l'astronomie semble avoir supplanté la recherche originale; tombé aux mains des philosophes néoplatoniciens ou néopythagoriciens, il s'épuise dans des commentaires aussi érudits qu'abondants de l'œuvre de Platon, d'Aristote ou de Ptolémée. Les traités présentés comme originaux ne sont le plus souvent que des compilations dans lesquelles il est difficile de trouver de la cohérence, à défaut d'originalité. Citons pêle-mêle Théon d'Alexandrie, Proclus, Jean Philopon, Simplicius, etc. Mais l'œuvre de tous ces commentateurs est précieuse pour les renseignements d'ordre historique qui y restent souvent ensevelis faute d'une édition (avec traduction) accessible.

II. QUELQUES NOTIONS D'ASTRONOMIE ÉLÉMENTAIRE

Après cette rapide (et incomplète) revue des auteurs qui ont fait avancer la science et de ceux qui ont permis qu'elle parvienne jusqu'à nous, il convient de dégager à grands traits les quelques notions qui faisaient partie intégrante de l'enseignement astronomique donné à tout citoyen un peu cultivé, durant cette période hellénistique et romaine. Ces notions vous sont déjà familières.

(23) Cléomède, *De motu circulari*, ed. H. Ziegler, Leipzig, 1891; traduction française par C. Le Maux et M. Le Baudec (mémoire de Maîtrise, Rennes, 1974, exemplaire dactylographié).

(24) Théon de Smyrne, *Expositio rerum mathematicarum ad legendum Platonem utilium*, rec. H. Hiller, Leipzig, 1878; éd. et trad. par E. Dupuis, Paris, 1892. La partie consacrée à l'astronomie a été traduite en français par Mme Régus (mémoire de Maîtrise, Toulouse, 1976, exemplaire dactylographié).

a) *La sphère céleste* : C'est d'abord que le ciel étoilé peut être assimilé à une sphère qui, portant les constellations à sa surface, tournerait d'un mouvement uniforme d'est en ouest autour d'un axe passant par le centre de la terre, confondu en chaque lieu d'observation avec ce lieu d'observation. Les extrémités de cet axe sont les pôles célestes; dans un pays comme la Grèce, et partout ailleurs qu'à l'équateur terrestre, un seul pôle est visible, l'autre reste toujours caché.

A chaque lieu d'observation, sur terre, correspond sur la sphère céleste un grand cercle qui reste immobile et sépare (*horizon* en grec) la partie visible de la partie invisible. La hauteur du pôle au-dessus de cet horizon est fonction de la place sur terre du lieu d'observation; elle est égale à la latitude du lieu. Tout ceci repose sur la constatation, érigée en théorème par Euclide (25), que la terre qui joue le rôle de centre n'est qu'un point par rapport aux espaces célestes.

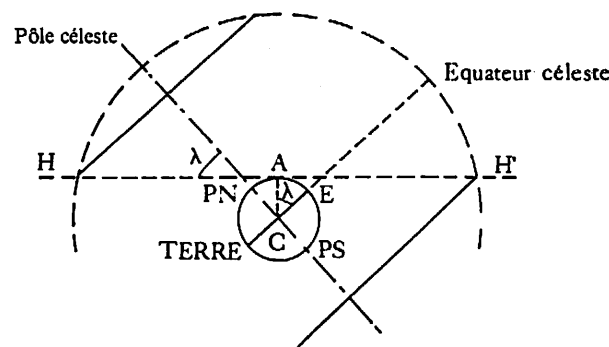


Fig. 1. La hauteur du pôle au-dessus de l'horizon est égale à la latitude

b) *Les planètes* : A côté des étoiles que l'on peut organiser en constellations parce qu'elles gardent toujours la même position relative et que l'on appelle pour cette raison étoiles fixes (*ἀπλανεῖς*), il existe sept autres corps célestes qui semblent errer au hasard dans le ciel; en fait l'observation montre que leur mouvement apparemment irrégulier ne les

(25) Cf. *Phénomènes*, Proposition I.

fait jamais sortir d'une bande de 12° de large (26), située de part et d'autre d'un grand cercle oblique de la sphère des fixes qui fait avec l'équateur un angle de 24° environ (ou 4/60 de cercle). D'où l'intérêt de repérer le plus exactement possible les constellations contenues dans cette bande : ce sont les douze signes du zodiaque (27).

De ces sept planètes, deux, tant par leur proximité de la terre que par leur éclat, exercent une influence considérable sur la vie des hommes : ce sont le soleil et la lune. Ce sont aussi celles dont le mouvement apparent est le moins irrégulier en première approximation. Il convient donc de les inclure dans un enseignement élémentaire. Les cinq autres, situées à des distances diverses de la terre et qui paraissent se livrer à des évolutions compliquées, peuvent être facilement négligées (dans un enseignement élémentaire) sauf à admettre qu'elles décrivent, en sens inverse du ciel étoilé, des cercles plus ou moins inclinés à l'intérieur du zodiaque, dans le temps qu'il faut à chacune pour accomplir sa révolution zodiacale (28). Aller plus avant dans l'étude de leur mouvement relève du seul spécialiste.

c) *Le soleil et la lune* : Le mouvement du soleil paraît simple par contraste. Au mouvement quotidien qui le fait, avec le ciel étoilé et les autres planètes, tourner d'est en ouest en un jour, il faut ajouter son mouvement propre qui lui fait décrire en un an, d'ouest en est, à vitesse uniforme, le cercle médian des signes, celui que nous appelons écliptique. Ce cercle est tangent à deux cercles égaux et parallèles, les tropiques. Quand le soleil est aux points tropiques (points de tangence), c'est le solstice d'été ou d'hiver : l'écart est maximum entre la durée du jour et de la nuit. Quand le soleil est aux points équinoxiaux, points d'intersection de l'écliptique

(26) On attribue aujourd'hui une largeur de 16° au zodiaque parce que des planètes supplémentaires ont été découvertes. Les Grecs mettaient le soleil et la lune au nombre des astres errants ou planètes. Quant à l'obliquité de l'écliptique, mesurée par le côté d'un pentédécagone par Oenopidès de Chio (seconde moitié du v^e siècle), elle fut évaluée par Eratosthène avec plus de précision, l'écart entre tropiques étant fixé à 11/83 de cercle ; mais on continua à user le plus souvent du nombre rond de 24°.

(27) On distingue les signes — douzièmes du zodiaque, qui ont une longueur de 30° chacun et les signes — constellations dont les dimensions ne sont pas les mêmes pour tous. Cf. Géminos, *op. cit.*, I, 1.

(28) Cf. Géminos, *op. cit.*, I, 22-30.

avec l'équateur, c'est l'équinoxe de printemps ou d'automne : le jour est égal à la nuit. L'inégalité des saisons astronomiques peut s'expliquer le plus simplement du monde en admettant que le soleil, dans son mouvement propre, décrit à vitesse uniforme un cercle excentrique, beaucoup plus bas que la sphère des fixes : c'est l'illusion de nos sens qui nous fait croire que le soleil traverse les signes du zodiaque et parcourt des arcs égaux en des temps inégaux (29).

Quant à la lune, qui est encore plus proche de la terre, sa lumière est empruntée au soleil ; comme elle décrit son cercle propre dans le zodiaque en moins d'un mois tandis que le soleil décrit son cercle propre en un an, la succession des conjonctions, des oppositions et des syzygies provoque sous nos yeux la succession des phases de la lune. Les éclipses de soleil et de lune, dont on peut prévoir les retours, confirment cette théorie (30).

Tels sont à peu près les rudiments d'astronomie qu'on enseignait dans les écoles, en s'aidant de ces instruments éminemment pédagogiques que sont une sphère céleste (sphère solide) ou une sphère armillaire (sphère à anneaux). Strabon, au premier siècle avant J.-C., un simple géographe, traite de foncièrement inculte l'homme qui « n'a jamais observé une sphère, avec des cercles, les uns parallèles, d'autres perpendiculaires aux premiers, d'autres obliques, qui ne connaît pas la position des tropiques, de l'équateur et du zodiaque... et qui, dans le ciel, n'a même pas appris à reconnaître la Grande Ourse » (*Géographie*, I, 1, 21) ; il lui conseille d'aller s'en instruire avant de lire fût-ce un manuel de géographie.

III. LES GRANDS AXES DE LA RECHERCHE

Une fois acquises ces notions communes, dans quelle direction s'est exercée la recherche en matière astronomique au cours de la période considérée, à en juger par les documents qui ont été conservés ?

(29) Cf. Géminos, *op. cit.*, I, 31-39. Pour les définitions des divers cercles de la sphère, cf. Géminos, chap. V.

(30) Les phases de la lune, la théorie des éclipses font partie de l'enseignement très élémentaire. Cf. Géminos, chap. VIII et XI.

a) *Géométrisation* : La première constatation qui s'impose, c'est que les Grecs, dès qu'ils ont eu assimilé le ciel étoilé à une sphère (et d'aucuns font remonter cela à Thalès) ont cherché à traiter par la géométrie les problèmes que posaient les apparences célestes. La Sphérique ou géométrie de la sphère a été le premier nom donné à l'astronomie.

Cette géométrisation est, au niveau des spécialistes, conçue comme une simplification, justifiée d'ailleurs par les apparences. Les astronomes ne portent pas de jugement sur la distance des étoiles, qui peuvent être plus ou moins éloignées de la terre, mais « du fait que la vue ne porte que sur une distance donnée, la différence de hauteur des étoiles reste imperceptible » (Géminos, I, 23) ; ce seront les philosophes qui discuteront pour savoir si les étoiles sont portées par des cercles qui tournent ou si ce sont elles qui tournent le long des cercles parallèles. D'où la fréquence du terme Phénomènes (signifiant à peu près les faits observés) dans les textes proprement astronomiques (31).

Une fois les hypothèses posées, la géométrie permet de généraliser, et de démontrer ce qui échappe à l'observation : l'existence d'un pôle sud par exemple, ou encore d'une sphère locale pour laquelle les pôles sont dans l'horizon (32) et où l'on voit toutes les étoiles du ciel. Dans le domaine de la spéculation géométrique, les Grecs sont vite passés maîtres, poussant le raisonnement jusqu'à ses conséquences extrêmes et précisant à l'occasion : « Nous n'avons aucune information concrète sur ce point, mais étant donné le système sphérique d'ensemble, la logique mathématique veut que... » (33)

Aussi n'est-il pas étonnant, partant de là, qu'ils aient voulu se ménager une expérimentation possible, au moins sur un modèle réduit, d'autant plus facile à fabriquer qu'il était constitué d'une sphère qu'on pouvait « faire au tour » (34). La sphère céleste solide, à laquelle on pouvait donner diverses inclinaisons sur le plan horizontal et que l'on pouvait faire tourner sur son axe, permettait d'expérimenter la sphère lo-

(31) A noter que les traités d'Eudoxe, d'Euclide, d'Aratos, de Géminos s'intitulent *Phénomènes* tandis que celui d'Aristote a pour titre *Le Ciel*, abordé du point de vue physique.

(32) Ceci se passe à l'équateur, quand la sphère est « droite » (cf. Théodose, *Lieux géographiques*, 5 et 6).

(33) Cf. Géminos, XVI, 19.

(34) Cf. G. Aujac, « Sphérique et Sphéropée en Grèce ancienne », *Historia Mathematica*, 3, 1976, p. 441-447.

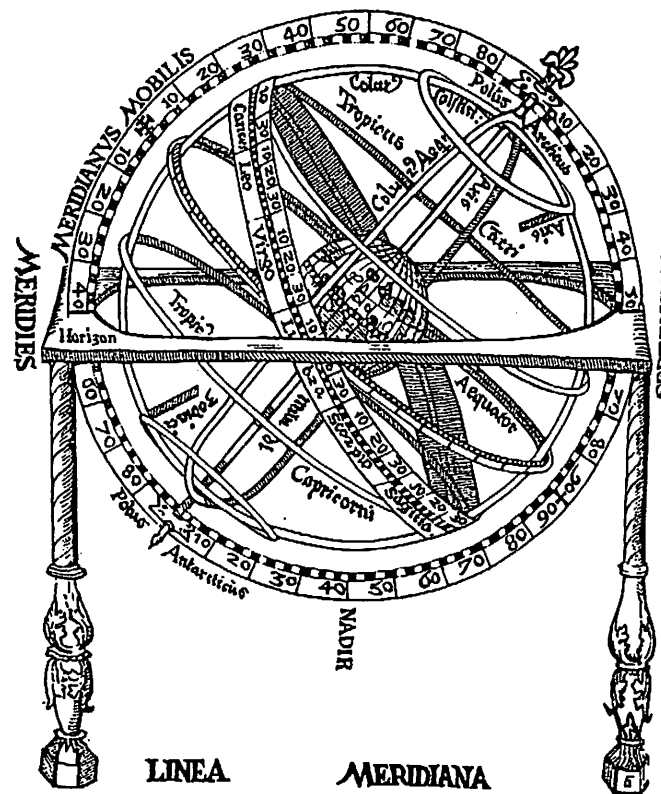


Fig. 2 : SPHERE ARMILLAIRE
(Extraite de la *Cosmographie* de Gemma Frisius, Anvers, 1584.)

cale pour telle ou telle latitude. La sphère armillaire, plus complexe, avec la terre au centre et les cercles fondamentaux de la sphère céleste, équateur, tropiques, zodiaque, permettait d'aller plus avant, de mesurer par exemple le rapport des sections du tropique coupé par l'horizon pour une latitude donnée et d'en déduire la longueur des jours solsticiaux pour cette latitude, etc. Un plus haut degré de technicité était réclamé pour la confection des planétaires comme ceux d'Archimède et de Poseidonios.

Bref, les Grecs ont pris très vite l'habitude, semble-t-il, de raisonner en fonction d'un modèle réduit dont ils se sont appliqués à lui faire reproduire aussi exactement que possible les apparences. Sphérique et sphéropée, géométrie et mécanique, furent les premiers ressorts de l'astronomie grecque, beaucoup plus sans doute que l'observation elle-même qui réclame beaucoup de temps et aussi un personnel spécialisé.

b) *La mesure du temps* : En usant de la géométrie, de la mécanique ou de l'observation, le grand objectif de l'astronome était de déterminer les vitesses de rotation, puisque les mouvements célestes étaient par hypothèse circulaires et uniformes. C'était aussi, en corollaire, de fixer l'unité de temps, et de chercher après quels intervalles une ou deux ou trois ou toutes les planètes reviendraient à une même position par rapport à la sphère des fixes, qui, elle non plus, depuis la découverte d'Hipparque, n'avait pas un mouvement aussi immuable qu'on le croyait jusqu'alors. Même à travers les textes des vulgarisateurs, on sent affleurer cette préoccupation majeure de distinguer les diverses durées : révolution sidérale, nychthémère (révolution sidérale augmentée du temps qu'il faut au soleil pour parcourir un degré d'écliptique sur son cercle propre), mois lunaire ou révolution synodique, révolution zodiacale des planètes, durée des diverses saisons, année tropique, etc.

Rythmer le temps pour la vie des hommes était une des tâches les plus importantes de l'astronome. C'est lui qui traçait ou faisait tracer sur les places publiques les analemmes des gnomons capables d'indiquer les divisions du jour (en heures temporaires) et la place du jour dans la saison. C'est lui qui perfectionnait la carte du ciel, dressait les tableaux des levers et couchers simultanés d'étoiles pour chaque latitude (cf. Strabon, I, 1, 21), ou des passages simultanés au méridien, qui devaient permettre de repérer l'heure la nuit (cf.

Aratos, Hipparque). C'est lui aussi qui établissait les données astronomiques à inscrire sur les parapegmes, pour que les agriculteurs puissent régler les travaux des champs en fonction de la saison ; lui qui indiquait la date de certains phénomènes célestes tels que les levers héliaques d'étoiles, aisément repérables par tous. Et si Sosigène, un Grec d'Alexandrie, a pu à la demande de Jules César proposer un système de calendrier qui, à quelques corrections près, est encore en vigueur de nos jours, c'est parce qu'il a pu bénéficier de l'expérience acquise au cours de tant de siècles de patientes et minutieuses recherches.

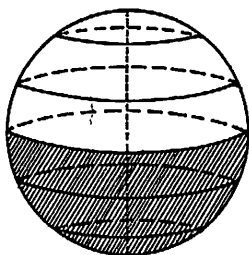
c) *La mesure de la terre* : Ainsi, chez les Grecs comme jusqu'à une époque assez récente, une des missions principales de l'astronome était la mesure du temps. Une autre mission de l'astronome (et cela aussi a été vrai jusqu'à un passé relativement proche) était la mesure de la terre.

C'est par des procédés astronomiques et en utilisant les instruments des astronomes qu'Eratosthène a fourni la première mesure scientifique de la circonférence terrestre. Procédant par une série d'approximations, il attribue à la circonférence terrestre une valeur de 252 000 stades, ce qui met à 700 stades un degré de méridien terrestre. Cette valeur de la circonférence terrestre, adoptée par Hipparque, a fait autorité, et à juste titre, pendant toute l'Antiquité jusqu'à Ptolémée non compris. Elle permettait de chiffrer en stades des différences de latitude mesurées par moyens gnomoniques ; elle permettait également d'indiquer la distance de tel ou tel lieu de la terre à un équateur terrestre dont on connaissait l'existence mais où l'on n'était jamais allé.

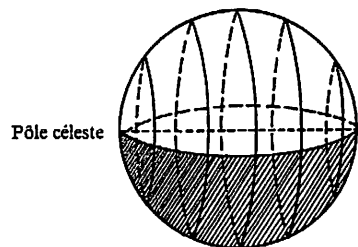
Hipparque l'astronome (35) avait dressé le tableau complet des phénomènes célestes pour chaque latitude terrestre, de degré en degré (ou de 700 stades en 700 stades), depuis l'équateur jusqu'au pôle ; il indiquait pour chaque latitude la longueur du plus long jour, les étoiles qui ne se couchaient pas, celles qui se trouvaient au zénith à leur culmination supérieure, etc. Ptolémée de même inclut dans la *Syntaxe mathématique* (II, 6) un tableau des parallèles depuis l'équateur jusqu'au pôle en « supposant de l'un à l'autre une augmentation d'un quart d'heure dans la longueur du plus long jour », puis d'une demi-heure, etc. ; pour chacun de ces parallèles,

(35) Cf. Strabon, *Géographie*, II, 5, 34 sq.

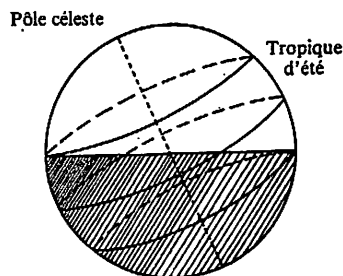
Pôle céleste



Au pôle $\lambda = 90^\circ$. On ne voit que la moitié du ciel.



A l'équateur $\lambda = 0$. Toutes les étoiles se lèvent et se couchent.



Au cercle polaire, $\lambda = 66^\circ$. Le jour le plus long dure 24 heures.

Fig. 3. La sphère céleste à diverses latitudes

inégalement éloignés, il indique les rapports de l'ombre au gnomon les jours des solstices et des équinoxes.

L'enseignement de l'astronomie la plus élémentaire s'achevait donc par l'enseignement de la géographie mathématique. La logique géométrique, l'expérimentation sur modèle réduit, démontraient l'existence de phénomènes que l'on n'avait jamais encore pu constater mais dont on ne pouvait guère douter. C'est ainsi que, durant toute la période hellénistique et romaine, l'on a été parfaitement sûr que, à l'équateur terrestre, tous les jours étaient égaux aux nuits, toutes les étoiles décrivant un demi-cercle au-dessus de l'horizon ; que, à la latitude 66° , sur le cercle que nous appelons polaire, le soleil à l'un de ses solstices ne se couchait pas tandis qu'à l'autre solstice, il ne se levait pas ; qu'au pôle, il n'y a plus qu'un seul jour et qu'une seule nuit durant six mois chacun. De même il était courant de considérer que, sur terre, l'hémisphère sud avait des caractéristiques inverses mais symétriques de l'hémisphère nord, qu'il contenait une zone tempérée habitable, et que rien n'empêchait qu'y vivent des hommes qui seraient opposés par les pieds (antipodes) à ceux de l'hémisphère nord.

Toutes ces considérations faisaient partie de l'enseignement élémentaire le plus banal ; on les trouve dans tous les manuels de vulgarisation, comme ceux de Gémios ou de Cléomède, voire dans des traités de géométrie sphérique, comme *Les lieux géographiques* de Théodose de Bithynie. On en trouve aussi l'écho dans nombre de textes littéraires, de prose ou de poésie.

*
**

Telle est donc la place qu'occupait, et le rôle que jouait, l'astronomie chez les anciens Grecs, une place privilégiée, au cœur même de leurs préoccupations de tous les jours, un rôle exceptionnel comme promoteur de progrès. C'est que, jusqu'à Hipparque au moins, et sans doute jusqu'à la mise en vigueur du calendrier julien, la connaissance du ciel était indispensable aux hommes ; l'astronomie était à la portée de tous parce que tous en avaient un urgent besoin ; pour se situer dans le temps comme dans l'espace, il fallait être capable de reconnaître d'emblée dans le ciel bien des phénomènes que nous

avons cessé d'observer, il fallait vivre avec les astres du ciel dans une familiarité dont nous n'avons plus la moindre idée. L'astronomie faisait, beaucoup plus alors qu'aujourd'hui, partie intégrante de la vie ; elle était un fait de civilisation essentiel, dont même des littéraires auraient tort de ne pas tenir compte.

Germaine AUJAC
(Toulouse).