

Histoire des sciences



Georges Barthélemy



ellipses poche

ASTRONOMIE

par Marie-Christine de La Souchère

*Professeur agrégé de physique
Ancienne élève de l'ENS Fontenay*

PLAN

Introduction	11
1. Les premiers observateurs	13
2. L'apport des Grecs ; premières modélisations	19
3. Vers une renaissance des idées	26
4. De Tycho Brahé à Kepler	33
5. Newton et le triomphe de la mécanique céleste	40
6. À la découverte du ciel profond	48
7. Naissance de l'astrophysique	58
8. La photographie entre en scène	66
9. Les grands observatoires	72
10. L'astronomie spatiale	81
Annexe. Les coordonnées astronomiques	87
Références et lectures	90

INTRODUCTION

Le ciel et les astres frappent l'imagination depuis des millénaires. Très tôt, des hommes ont examiné la voûte céleste, dans un but utilitaire il est vrai, pour les besoins de l'agriculture ou de la navigation, mais aussi pour tenter de percer les desseins des puissances supérieures et parvenir à élaborer une représentation de l'Univers. C'est à travers la mise en place de cosmologies de plus en plus subtiles que l'astronomie s'est progressivement construite.

Tout à la fois « la plus ancienne et la plus moderne des sciences », elle a été fécondée tour à tour par les mathématiques et l'astrologie, la philosophie et la mécanique. Son héritière, l'astrophysique, entretient d'étroites relations avec la physique bien sûr, mais aussi avec la chimie et maintenant la biologie. Ces liens indissociables constituent le fil conducteur de cette histoire de l'astronomie.

À qui celle-ci est-elle destinée ? Le présent ouvrage, qui ne prétend pas à l'exhaustivité, s'adresse à toute personne désireuse de se forger ou de compléter une culture scientifique dans un domaine toujours d'actualité, et ce quelle que soit sa formation de base. Il n'est nullement indispensable de posséder un grand bagage scientifique pour comprendre les rudiments de l'astronomie. Les notions-clés sont ici introduites progressivement, sans recourir au formalisme mathématique. La présence d'encadrés permet toutefois à ceux qui le souhaitent d'approfondir tel ou tel aspect du sujet.

Quelle est la progression de l'ouvrage ? « Qui apprend d'abord le système de Copernic... ne sait rien, il n'a pas suivi la route humaine », disait le philosophe Alain. On ne peut, aujourd'hui encore, approcher l'astronomie qu'en observant d'abord les apparences, comme le faisaient les premiers astronomes. J'ai donc suivi dans cet ouvrage l'ordre chronologique, en procédant parfois à quelques regroupements afin de mieux faire comprendre tel ou tel aspect de l'évolution d'une science particulièrement riche.

Quels sont les acteurs de l'ouvrage ? Les astres bien sûr et les instruments qui ont permis leur découverte, mais aussi les paradigmes dominants et, surtout et avant tout, les hommes qui s'y sont intéressés et en la compagnie desquels nous sommes invités à voyager dans l'espace et... dans le temps.

Les deux premiers chapitres nous font ainsi rencontrer les prêtres et astrologues de l'antique Babylone, d'Égypte et de Chine... auxquels

succèdent les Grecs, qui entreprennent les premières modélisations de l'Univers.

Sans méconnaître les apports des civilisations médiévales et notamment arabe, laquelle a contribué à nous transmettre l'héritage grec, j'ai choisi d'aborder ensuite directement la période de la Renaissance. Les chapitres qui suivent nous amènent à croiser Copernic et Galilée, Tycho Brahé et Kepler : le géocentrisme cède progressivement la place à l'héliocentrisme.

Avec le chapitre V, nous découvrons la théorie de la gravitation universelle de Newton et assistons au triomphe de la mécanique céleste. L'exploration du système solaire se poursuit... Le chapitre VI nous convie à aller encore plus loin, en scrutant le ciel profond grâce à des télescopes de plus en plus puissants, levant par là même de nouvelles interrogations. Quelle est la distance des étoiles ? La Voie lactée, notre galaxie, est-elle la seule ? Des conceptions inédites de l'Univers voient le jour.

Viennent ensuite les débuts de l'astrophysique, liés à l'avènement de la spectroscopie et de la photographie. Nous accédons ainsi à la nature des étoiles et aux différentes étapes de leur vie.

Les deux derniers chapitres, enfin, nous montrent l'évolution des techniques instrumentales, évolution qui a conduit à la construction de postes d'observation de plus en plus sophistiqués, sur Terre, puis dans l'espace, ouvrant de nouvelles fenêtres sur l'Univers. Le « bestiaire » cosmique s'enrichit de nouvelles espèces : pulsars, trous noirs, quasars, sursauts gamma...

En annexe figurent des précisions sur les systèmes de coordonnées astronomiques en usage, utiles à la compréhension de certaines parties de l'ouvrage, mais non indispensables. Des pistes de lecture et la mention de quelques sites internet à destination des curieux du ciel viennent compléter l'ensemble.

Pour conclure, je souhaiterais exprimer ma gratitude aux diverses personnes qui m'ont encouragée à écrire cet ouvrage. Je remercie tout particulièrement Corinne Baud pour m'avoir fait confiance et Georges Barthélemy pour ses conseils éclairés et la relecture critique du manuscrit.

LES PREMIERS OBSERVATEURS

À Babylone, en Mésopotamie

C'est vraisemblablement en Mésopotamie que naquit et se développa l'astronomie, à partir du III^e millénaire av. J.-C. Du haut de leurs temples, les ziggourats¹, lieux de rencontre de la Terre et du Ciel, les prêtres observaient les astres et, jusqu'au XVIII^e siècle, le terme de Chaldéen allait rester synonyme d'astronome. Mais quelles étaient au juste les connaissances des Mésopotamiens ?

Les corps célestes avaient été rangés en deux catégories : les astres fixes, que nous nommons actuellement étoiles, immobiles les uns par rapport aux autres sur la voûte céleste, et les astres mobiles ou errants, les planètes, dont le déplacement par rapport aux astres fixes est observable jour après jour.

Les astres fixes avaient été arbitrairement regroupés en constellations dans lesquelles les hommes de l'époque, emportés par leur imagination, croyaient reconnaître des formes remarquables, animales ou mythologiques. L'ensemble de cette toile de fond stellaire est animé d'un mouvement uniforme de rotation, la rotation diurne, qui rythme la vie quotidienne.

Au rang des astres mobiles figuraient le Soleil, la Lune, Nebo (Mercure), Ishtar (Vénus), Nergal (Mars), Marduk (Jupiter) et Ninourta (Saturne).

Outre leur déplacement quotidien lié à la rotation diurne, la Lune et le Soleil semblaient se déplacer au sein même des constellations, avec une régularité remarquable, idéale pour définir des étalons de temps plus longs que la journée.

La Lune passe successivement par les phases de nouvelle lune, premier quartier, pleine lune et dernier quartier et reprend la même position par rapport à un observateur terrestre au bout de vingt-neuf jours et demi, en moyenne. Cette durée avait permis de définir un mois lunaire².

1. La tour de Babel était peut-être l'un des premiers observatoires.

2. Remarquons la racine commune des mots *moon* et *month*, *Mond* et *Monat*.

La rotation diurne

Cette photographie d'étoiles avec pause met en évidence le mouvement apparent de rotation de la voûte céleste autour de l'axe des pôles ou axe du monde : les étoiles dessinent des trajectoires en forme d'arcs de cercles (fig. I-1).

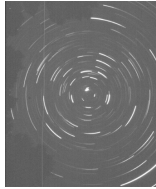


Figure I-1.

Le mouvement apparent des étoiles

Les instruments astronomiques modernes sont équipés de moteurs de poursuite diurne qui permettent de s'affranchir de ce phénomène et ainsi de garder l'astre étudié dans le champ de l'instrument.

L'étoile quasi immobile située au centre de la photographie, l'étoile alpha de la constellation de la Petite Ourse, indique approximativement le pôle Nord céleste actuel.

La durée d'un déplacement cyclique du Soleil, saison après saison, le long d'une ligne appelée écliptique et traversant la bande des constellations du zodiaque, coïncide très approximativement avec douze lunaisons. Mais alors que les calendriers dits solaires définissent l'année à partir des positions du Soleil, les calendriers lunaires, comme le calendrier babylonien primitif, la définissent à partir d'un nombre entier de lunaisons, faisant automatiquement débiter le mois à la nouvelle lune. Il s'ensuit un décalage de plusieurs jours, qui s'accroît avec le temps, témoin le calendrier religieux lunaire musulman dont l'année est de 354 jours environ ($12 \times 29,5$).

Moins réguliers apparaissaient les mouvements de nos actuelles planètes, que les Mésopotamiens avaient baptisées « chèvres », en référence à leurs caprices. Celles-ci semblaient par moments rebrousser chemin et s'arrêter avant de reprendre leur course dans le sens habituel. Les rétrogradations de la planète Mars étaient de loin les plus spectaculaires (fig. I-2).

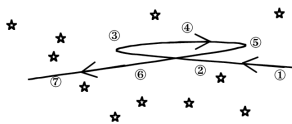


Figure I-2.

Mouvement rétrograde de la planète Mars observé sur une durée de quelques mois

Vénus en revanche n'eut pas immédiatement le statut de planète. Trop proche du Soleil qui, la plupart du temps, noie son éclat, elle n'est visible qu'à l'aube et au crépuscule, juste avant le lever du Soleil ou immédiatement après son coucher. Les Chaldéens furent les premiers à remarquer que les deux étoiles brillantes qu'ils voyaient, l'une le matin et l'autre le soir, ne faisaient en réalité qu'une seule et même... planète. Pour beaucoup cependant (et surtout les poètes) Vénus resterait l'Étoile du Berger.

Un autre phénomène avait mobilisé l'attention des Babyloniens, celui des éclipses. Lors d'une éclipse de Soleil, la Lune s'interpose entre la Terre et le Soleil, le déroband à nos regards. Lors d'une éclipse de Lune, cette dernière disparaît dans l'ombre de la Terre. Bien que n'en comprenant pas le mécanisme exact, les Chaldéens tenaient une comptabilité minutieuse de ces éclipses, ce qui leur permettait de prédire les dates de certaines d'entre elles avec un succès relatif. D'aucuns ont attribué aux Babyloniens la découverte du saros, cette période de 6 585,32 jours (en moyenne dix-huit ans et onze jours) au bout de laquelle le cycle complet des éclipses de Lune et de Soleil se reproduit à l'identique. Si le mot de saros, lancé par Halley, est incontestablement d'origine babylonienne, il est assez surprenant que les Mésopotamiens aient pu réussir à mettre cette durée en évidence, compte tenu des données dont ils disposaient. Les éclipses de Lune sont relativement fréquentes et visibles d'une bonne partie de la Terre mais les éclipses de Soleil, en revanche, sont beaucoup plus rares, plus courtes et très localisées. De ce fait, seules pouvaient être répertoriées un petit nombre d'entre elles, visibles depuis la Mésopotamie. En tout état de cause, les relevés effectués au cours des siècles par les Babyloniens allaient féconder les réflexions des Grecs et servir de matériaux bruts pour les modélisations ultérieures.

Pourquoi n'y a-t-il pas une éclipse de Soleil à chaque lunaison ?

Une éclipse de Soleil suppose que la Lune se trouve entre la Terre et le Soleil, ce qui serait le cas à chaque nouvelle Lune si l'orbite lunaire se trouvait dans le plan Terre-Soleil ou plan de l'écliptique. En réalité la Lune se trouve très rarement au voisinage de l'écliptique à la nouvelle Lune. La plupart du temps, elle passe un peu en dessous ou un peu au-dessus de ce plan. Par ailleurs, une éclipse n'est totale que si la Lune, dont l'orbite n'est pas un cercle parfait, est suffisamment proche de la Terre pour y apparaître sous un diamètre apparent plus grand que le Soleil. Dans 250 millions d'années, il n'y aura plus d'éclipses totales mais seulement des éclipses partielles ou des éclipses annulaires car, la Lune s'éloignant progressivement de la Terre, son diamètre apparent diminue.

Première maîtrise du temps à travers horloges et calendriers, mais aussi prédiction de l'avenir, tel était le rôle dévolu aux prêtres. Astronomie et astrologie ont toujours eu partie liée au sein de l'empire babylonien : les observations attentives du ciel étaient censées conduire à des corrélations entre les phénomènes terrestres et célestes. Le repérage des positions

des astres, effectuées à l'aide d'instruments sommaires, consistait en des mesures angulaires de leur hauteur relativement à l'écliptique (voir annexe). Le système de numération mis en œuvre était de type sexagésimal et nous en avons hérité des heures de soixante minutes et des circonférences de trois cent soixante degrés.

En Égypte, sur les rives du Nil

Tout autres étaient les motivations des Égyptiens, qui ne croyaient pas au caractère divin des étoiles dans lesquelles ils ne voyaient que des flammes ou les âmes des défunts. Leur astronomie, jusqu'à la conquête grecque tout du moins, n'était pas inspirée par des préoccupations astrologiques qui les eussent poussés à des relevés systématiques des positions des astres. Néanmoins certains rites devaient s'accomplir à des dates fixes et avoir lieu dans une direction donnée, d'où l'importance particulière du Soleil dans la religion. Le dieu Râ possédait une barque dans laquelle il promenait le Soleil d'un bout à l'autre du ciel. Parfois, un gigantesque serpent renversait la barque et il faisait nuit au milieu de la journée...

Tout comme les Babyloniens, les Égyptiens connaissaient les éclipses et savaient distinguer les planètes des étoiles. En revanche, ils n'utilisaient pas les coordonnées écliptiques (voir annexe), mais repéraient les astres par rapport à l'horizon, ce qui est plus naturel mais dénote une connaissance moins approfondie du mouvement des astres.

Le calendrier égyptien, quant à lui, était de type luni-solaire, combinant un calendrier lunaire primitif (la disparition du dernier croissant lunaire coïncidait avec le début du mois) et un calendrier agraire, réglé sur les crues bienfaisantes annuelles du Nil, qui coïncidaient avec l'époque des grandes chaleurs.

À cette période-là de l'année, une étoile particulière et très brillante (Sirius pour nous) se levait très peu de temps avant le Soleil et au même endroit que lui. Celle-ci semblait avertir les agriculteurs de la crue tant attendue, les Égyptiens l'avaient comparée à un chien de garde et baptisée Sopt, ce qui signifie chien. Le lever héliaque (c'est-à-dire aux mêmes date et lieu que le Soleil) de cette étoile devint une date marquante dans l'Égypte ancienne. Par la suite, les Grecs donnèrent le nom de Grand Chien à la constellation dont faisait partie Sirius et les Romains rebaptisèrent cette étoile *Canicula* (petite chienne¹). Par métonymie, l'époque du lever héliaque de Sirius devint la canicule et, par extension, ce terme désigne maintenant toute période de grande chaleur, quelle qu'elle soit.

1. En anglais, les jours de grande chaleur sont appelés *dog days* et en russe *kaniculy* désigne les vacances.