

Une tradition astronomique venue de Babylone

Le système astronomique grec, qui gouvernera longtemps la mécanique céleste, nous a été révélé par l'*Almageste* de Ptolémée. Mais ce livre-référence témoigne aussi de nombreuses observations antérieures. Qui s'appuyaient sur des techniques arithmétiques éprouvées.

PAR ALEXANDER JONES

Dans l'histoire de la mécanique céleste, l'*Almageste* de Claudio Ptolémée (vers 150 apr. J.-C.) présente deux visages. Mille cinq cents ans durant, il est une référence pour les astronomes du monde gréco-romain, de l'Islam médiéval et d'Europe : il donne à la fois le caractère général des mouvements planétaires et les moyens théoriques et empiriques de les expliquer. Mais il témoigne aussi des développements antérieurs en la matière : il contient en effet des observations et des critiques se rapportant aux travaux théoriques de ses prédécesseurs. De fait, en dehors des écrits de Ptolémée, la tradition manuscrite médiévale avait conservé peu d'ouvrages originaux d'astronomie antique. L'histoire de l'astronomie grecque fut ainsi avant tout reconstruite à partir du texte de Ptolémée : seuls quelques écrits de seconde main, vagues et souvent invérifiables, lui faisaient concurrence.

La situation a cependant commencé à changer au XIX^e siècle, avec les recherches archéologiques menées au Proche-Orient et en Égypte. À Ninive, capitale de l'Assyrie, et sur quelques sites de Babylone, les fouilles mirent au jour de nombreuses tablettes cunéiformes relatives à l'observation, l'interprétation et la prédiction de phénomènes célestes. Le premier déchiffrage effectué, on s'aperçut qu'en dépit des siècles passés et de la barrière de la langue, les sciences astreines

mésopotamiennes avaient un lien historique avec le travail de Ptolémée. Restait à retrouver les voies de transmission : c'est aujourd'hui l'un des défis de la recherche.

Nombre d'espous se concentrent sur un second ensemble de documents archéologiques, à savoir des papyrus de l'Égypte gréco-romaine. Progressivement, les vestiges d'une tradition astronomique longue de deux mille ans se trouvent rassemblés. Ils révèlent l'existence d'une continuité dans les méthodes utilisées par les prédécesseurs de Ptolémée. Ce qui, *in fine*, dément l'idée selon laquelle les corps célestes n'auraient pas toujours été observés pour les mêmes raisons...

Planètes et présages

Dans les années 1850, les fouilles de Layard et Rassam, à Kuyunjik (Ninive), avaient livré deux recueils de tablettes de la fin de

l'empire assyrien : une bibliothèque de palais, principalement constituée de textes maintes et maintes fois copiés et faisant partie d'une tradition de copiste, et des archives royales, renfermant des courriers adressés pour la plupart aux rois Assarhaddon (680-669 av. J.-C.) et Assurbanipal (668-627 av. J.-C.).

Les deux corpus se complétaient. Tous deux traitaient notamment de l'intérêt des rois assyriens pour la divination, au moyen de l'observation des astres.

Environ un tiers des écrits de la bibliothèque est ainsi consacré aux recueils de présages liés aux phénomènes terrestres et célestes réputés néfastes. Les archives, elles, contiennent surtout des lettres et des comptes rendus que des mages

**AU BORD
DU TIGRE**
Les rois assyriens portait un intérêt particulier aux mouvements des astres et aux présages qu'on pouvait en tirer. En témoignent les tablettes astrologiques retrouvées dans la bibliothèque du roi à Ninive. (Assurbanipal sur son char, plaque de revêtement du palais.)



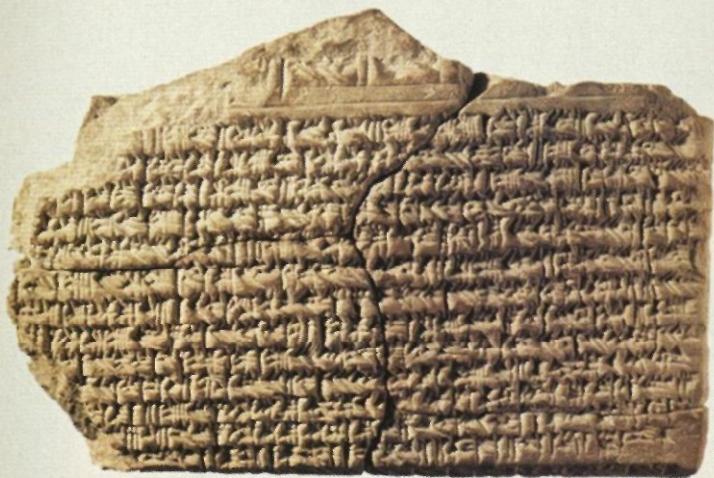
RMN - MUSÉE DU LOUVRE

LA CONDITION
DE LA DURÉE

C'est en jetant les bases de la géométrie, indispensable à l'astronomie, que les Grecs imposeront, mille cinq cents ans durant, leur système du monde.
(Un astronome tenant un compas et un instrument scientifique, par Hans Holbein le Jeune, XVI^e siècle.)



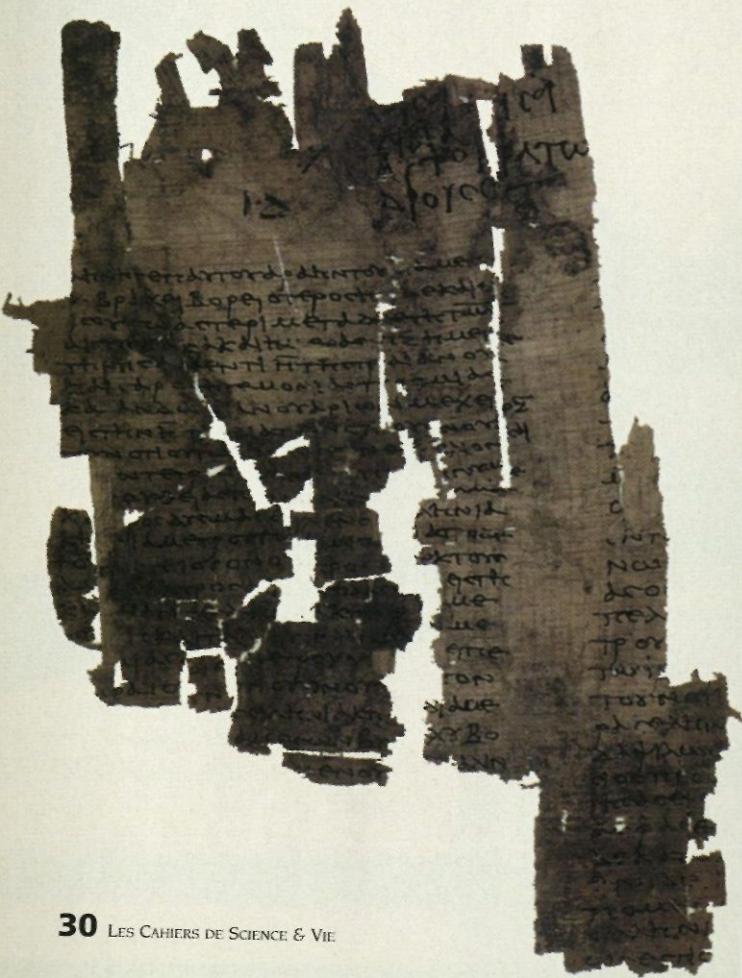
Questions sur un miracle



BRITISH MUSEUM

DES PROGRAMMES DE LONGUE HALEINE

L'étude des documents archéologiques, mis au jour au Proche-Orient et en Égypte, permet d'établir une continuité dans les méthodes d'observations astronomiques chez les prédecesseurs de Ptolémée. Ce fragment de tablette cunéiforme (ci-dessus) donne les observations planétaires faites au cours du 12^e mois babylonien, (correspondant au mois de mars) en 251 av. J.-C. Ci-dessous, un fragment de papyrus de l'Égypte gréco-romaine. Les observations de Jupiter, entre 241 av. J.-C. et 105 apr. J.-C., y ont été soigneusement consignées.



EGYPT EXPLORATION SOCIETY - ASHMOLEAN MUSEUM (P. OXY. 4133)

professionnels adressaient au roi à l'occasion d'événements particuliers.

Parmi les présages reposant sur les astres, ceux qui impliquent l'observation du Soleil, de la Lune, des planètes, ainsi qu'un éventail de phénomènes météorologiques et sismiques, sont systématiquement expliqués dans un vaste recueil d'environ 70 tablettes : l'*Enûma Anu Enlil*. Chaque tablette contient des paires de phrases, souvent reliées entre elles par l'articulation « si, alors », et associant un événement inquiétant à une conséquence. Pour les présages astraux, qui concernent des phénomènes observés à grande échelle, les conséquences ont trait à la protection des terres et de leurs rois.

La plupart des textes de présages des *Enûma Anu Enlil* auraient été composés plusieurs siècles avant la fin de l'empire assyrien, certains éléments remontant même à un millier d'années, à la période de l'ancienne Babylone. Mais ils sont cependant loin d'être primaires. Ils intègrent en effet les cinq planètes visibles à l'œil nu – Saturne, Jupiter, Mars, Vénus, Mercure – et ce, en considérant les apparitions matinales et nocturnes de Vénus et Mercure comme les positions alternées d'un seul objet. Ils prennent également en compte le chemin que parcourent les planètes au sein des constellations, et déterminent la direction dominante de leur déplacement sur l'arrière plan d'étoiles d'après leurs mouvements rétrogrades (c'est-à-dire le retour apparent et inquiétant d'une planète dans une constellation qu'elle a précédemment quittée). Les présages relatifs aux apparitions et disparitions de Vénus revêtent un intérêt particulier : ils rappellent en effet un recueil d'observations de l'ancienne Babylone, et témoignent d'une prise de conscience du caractère périodique de ces événements.

Les mages assyriens, eux aussi, semblent s'être particulièrement attachés aux premières observations des planètes et à la prévision approximative de leurs apparitions. A l'instar des présages, leur pratique d'observation fixe les planètes grossièrement, en termes de constellations et non d'étoiles.

Des observations datées de Babylone et d'Égypte

Les observations planétaires qu'utilise Ptolémée dans l'*Almageste* se classent en deux groupes chronologiques : celles, récentes, effectuées en grande partie par Ptolémée lui-même entre 127 et 141 apr. J.-C. et celles, plus anciennes, réalisées entre 272 et 229 av. J.-C. Ces dernières n'ont, pour la plupart, ni auteur désigné, ni localisation géographique précise. Ce n'est qu'après le déchiffrement des textes cunéiformes que la source de l'un de ces comptes rendus a clairement été identifiée.

Nous savons désormais qu'à Babylone, un groupe de savants, probablement associé au temple d'Esagil, a mené un programme d'observation astronomique, apparemment ininterrompu, entre le milieu du VII^e siècle et le milieu du I^{er} siècle av. J.-C. Les archives du programme – qui eut une longévité exceptionnelle – se composent de tablettes connues sous le nom de *Carnets astronomiques*. Plus de 1 200 fragments en ont été conservés. Jour après jour, nuit après nuit, les scribes y ont consigné une sélection précise de phénomènes et de mesures dont, finalement, le

caractère n'évolue guère sur ces 600 années⁽¹⁾.

Aucun document ne nous informe de l'objectif des Carnets – la question est d'ailleurs largement débattue entre historiens. Il semblerait néanmoins qu'ils aient été liés à une forme de divination astrale semblable à celle des tablettes *Enûma Anu Enlîl*. Globalement, tout ce qui est consigné dans les Carnets se retrouve peu ou prou dans les présages astraux, qu'ils s'agisse des phénomènes célestes inquiétants ou de leurs conséquences pour le pays et le roi. Mais les observations planétaires des Carnets ne correspondent cependant pas de près aux prévisions des présages. La quasi-totalité des phénomènes relatifs aux corps célestes des Carnets se reproduisent sur une base périodique⁽²⁾. Doit-on pour autant en conclure que ces Carnets visaient à poser les fondements d'une astronomie prédictive ? Sur les trois siècles suivant leur rédaction, on trouve peu de traces de méthodes de prédiction allant au-delà des périodicités fondamentales de récurrence⁽³⁾ dans l'astronomie babylonienne.

Et l'on peut raisonnablement douter que quiconque ait montré un empressement particulier à collecter des données à des fins scientifiques si difficiles à atteindre. En outre, les Carnets ont continué de consigner les mêmes types de données, même après que l'astronomie babylonienne prédictive ait atteint son niveau le plus avancé.

Dans les Carnets, les observations incluent les dates des premières apparitions et disparitions des planètes, leurs changements

de direction, ainsi que leur passage près d'une trentaine d'étoiles de référence. Ces passages stellaires donnent une information très précise sur la position, en mesurant la distance entre l'étoile et la planète en coudées⁽⁴⁾. Trois des observations de l'*Almageste* semblent d'ailleurs être des traductions de comptes rendus de ce type.

Les autres observations anonymes de l'*Almageste*, datant du III^e siècle av. J.-C., sont relativement similaires à celles des Carnets. Il semblerait cependant qu'elles aient été effectuées dans l'Égypte hellénistique. Elles portent également sur les passages de planètes près d'étoiles de référence : mais ils sont cette fois exprimés en largeurs lunaires⁽⁵⁾, les positions planétaires étant, elles, souvent données par rapport à des lignes imaginaires

tracées entre deux étoiles. Quant au but de ces observations, il est, davantage encore que pour les Carnets, une énigme. Et pour cause : nous connaissons beaucoup moins le contexte de l'activité astronomique à ce stade de la culture grecque qu'en Mésopotamie. Reste que l'influence babylonienne n'y est sans doute pas étrangère.

Les phénomènes face aux modèles

Au V^e ou au IV^e siècle av. J.-C., les scribes de Babylone commencent à employer un nouveau système de référence pour exprimer les positions des planètes : le zodiaque, divisé en douze parties égales représentant les constellations – sans toutefois leur



CALCULS ASTROLOGIQUES

Vers le V^e siècle av. J.-C., les Babyloniens introduisent un nouveau système de référence pour l'observation des planètes : le zodiaque. Leurs prédictions s'appuient alors sur des modèles mathématiques. (De *Natura Rerum*, d'Isidore de Séville, rééd. du IX^e siècle.)

1 – Outre les apparitions, disparitions et mouvements de la Lune et des planètes, les Carnets contiennent aussi des données sur le temps, les prix de divers produits, le niveau de l'Euphrate, ainsi que des informations allant de rapports locaux insignifiants aux guerres et autres événements nationaux.

2 – Des textes, contemporains des Carnets, traitent des périodicités des données économiques et climatiques liées au mouvement planétaire. Ils appartiennent à une théorie babylonienne, qui, se détachant de l'antique savoir des présages, rapporte le terrestre aux phénomènes célestes, en insistant sur la répétition plutôt que sur les événements anormaux.

3 – Il s'agit de l'intervalle de temps après lequel un corps céleste présente la même configuration (mouvement et phénomènes associés).

4 – Une coudée vaut environ 2,5 degrés.

5 – Une largeur lunaire vaut un demi-degré.



LE FLAMBEAU DE L'ANCIEN MONDE

Les observations astreales mésopotamiennes, malgré la barrière de la langue, sont bien parvenues à Ptolémée. Dans quelle mesure les modèles arithmétiques d'alors auraient-ils pu influencer sa théorie géométrique planétaire ?



correspondre exactement. S'il ne supplante pas les étoiles de référence dans les observations, le zodiaque est à la base de nouvelles méthodes de prédiction des phénomènes planétaires. Celles-ci s'appuient sur des modèles mathématiques dans

lesquels les intervalles de temps et de distance, le long du zodiaque, sont représentés comme des nombres précis. Les changements de ces nombres étant soumis à des règles algorithmiques, les variations à court terme et les périodicités à long terme sont préservées. Il ne semble pas, cependant, qu'on ait tenté d'expliquer ces modèles arithmétiques par une conception géométrique ou physique du mouvement des planètes.

Quo qu'il en soit, les concepteurs de ces modèles sont allés bien au-delà de l'idée initiale selon laquelle les phénomènes planétaires suivraient des cycles réguliers, mais pas tous égaux, de conjonctions d'astres. Ils ont ainsi découvert que les variations au sein des cycles dépendaient de la position de la planète dans le zodiaque. Ils ont ensuite déterminé, de manière approximative, où se situaient les extrêmes. Enfin, ils ont mesuré l'étendue des variations.

Au moment où se développent à Babylone ces modèles mathématiques prédictifs, Eudoxe de Cnide, un condisciple de Platon, propose ses propres modèles. Les mouvements apparents et complexes des planètes y sont produits par une combinaison de mouvements circulaires, ayant tous pour centre la Terre, mais avec des axes et des périodes de rotation différents. D'après le philosophe Simplicius (VI^e siècle apr. J.-C.), ces modèles auraient été conçus pour obtenir les cycles de conjonctions d'astres, y compris les mouvements rétrogrades (tous les historiens ne s'accordent pas sur ce point), les cycles étant identiques.

Les modèles d'Eudoxe témoignent en fait d'une étape de l'astronomie grecque : les observations datées ne jouent alors aucun rôle dans l'établissement d'un modèle de mouvements planétaires. Nous ignorons presque tout des développements ultérieurs de la modélisation géométrique jusqu'au II^e siècle avant J.-C. Dès lors, Hipparque va, lui, largement recourir aux observations pour calibrer ses modèles lunaire et solaire. On sait que ce dernier utilise des modèles d'excentriques et d'épicycles, c'est-à-dire des combinaisons simples de mouvements circulaires n'ayant pas tous pour centre la Terre. Selon Ptolémée, Hipparque aurait écrit un ouvrage dans lequel il montrait que les modèles planétaires proposés jusque-là n'étaient pas viables : ceux-ci auraient été incapables de donner les variations zodiacales des cycles de conjonctions d'astres, variations dont Hipparque avait, par l'observation, démontré l'existence.

Le livre d'Hipparque s'est sûrement appuyé sur les mêmes recueils d'observations que ceux qu'utilisa ensuite Ptolémée. On reconnaît

VERS LA GÉOMÉTRISATION DU CIEL

Le Grec Eudoxe de Cnide propose, au V^e siècle avant J.-C., ses propres modèles : des sphères en rotation représentent les mouvements apparents des planètes.

en effet, épargnés dans l'œuvre scientifique de l'astronome, de nombreux éléments d'origine babylonienne. Il n'est pas impossible qu'il en ait pris connaissance au contact direct des savants de Babylone – un lien de parenté a par ailleurs été établi entre la théorie

solaire d'Hipparque et une tablette babylonienne.

Les modèles arithmétiques babyloniens ont-ils influencé la théorie géométrique planétaire grecque ? Il est difficile de l'évaluer. Si Hipparque connaissait ces modèles – mais rien ne le prouve – il a pu en tirer des informations sur l'anomalie zodiacale⁽⁶⁾, qu'il a alors vérifiée par des observations spécifiques. Ce que nous savons, grâce aux papyrus récemment découverts, c'est que la quasi-totalité du système d'astronomie mathématique babylonien a été transmis à l'Égypte romaine et hellénistique, et qu'il a servi de base pour les calculs astrologiques. De fait, l'utilisation des modèles babyloniens dans l'étude des phénomènes planétaires semble s'être poursuivie jusqu'à l'époque de Ptolémée.

Un autre fragment de papyrus, extrait d'un traité grec sur le mouvement de Jupiter et composé vers 105 apr. J.-C., nous permet d'entrevoir les développements de la théorie planétaire une génération avant Ptolémée. L'auteur – qui pourrait être Menelaos d'Alexandrie – fait une comparaison systématique de ses propres observations sur la position de Jupiter par rapport à des étoiles de référence, avec celles d'un autre observateur 344 ans plus tôt. Ces 344 ans correspondent précisément à une période de récurrence pour Jupiter, et les deux séries donnent ainsi un modèle du mouvement de la planète quasiment identique. Cette méthode, consistant à comparer des observations séparées par une période de récurrence, rappelle les recherches d'Hipparque sur le Soleil et la Lune. Mais elle est assez différente de l'approche qu'utilise Ptolémée pour étudier, sur le long terme, le mouvement des planètes. Il n'en demeure pas moins que Ptolémée a probablement lu cet ouvrage, et qu'il y a recopié l'un des recueils d'observations du III^e siècle av. J.-C.

Dans son astronomie, Ptolémée présente observations et théorie comme étant étroitement intégrées, mais il sait bien que ce n'était pas le cas aux époques précédentes. Aussi se plaint-il de ne pouvoir vérifier, par ses propres méthodes d'analyse, la plupart des vieilles observations dont il dispose. Sa méthode deductive n'est pas historiographique : elle s'appuie seulement sur des données historiques, dans la mesure où même les résultats théoriques *a priori* précis de ses prédécesseurs doivent être vérifiés de manière empirique (il n'est pas dans les habitudes de Ptolémée d'accorder à d'autres le crédit de tels résultats ; tout juste leur reconnaît-il quelques principes méthodologiques). Notre connaissance sur le matériel de travail de Ptolémée a bien progressé : reste à apprécier, dans sa théorie, la part de la chance et celle des manipulations ingénieuses... ■

⁶ – Il s'agit de variations du déplacement d'une planète liées à sa position dans le cercle zodiacal.