

CLAUDE PTOLÉMÉE, L'APOGÉE ET LA FIN DE LA SCIENCE GRECQUE

Michèle Tillard

Après ses articles consacrés à Aratos de Soles, Hipparque de Nicée, Ératosthène de Cyrène, Archimède, Anaximandre de Milet, et Hésiode, Michèle Tillard nous propose dans ce numéro de mieux connaître l'œuvre d'un autre grand scientifique grec de l'Antiquité : astronome, géographe et astrologue...



Portrait imaginaire de Claude Ptolémée (XVI^e siècle)

Claude Ptolémée, dont le prénom, Claudius, indique qu'il est un citoyen romain, et le nom, devenu très courant au II^e s. apr. J.- C., qu'il était certainement un Grec d'Égypte, n'a aucun lien de parenté connu avec la dynastie macédonienne des Ptolémée, qui gouverna l'Égypte de la conquête d'Alexandre à la mort de Cléopâtre. Il est né à Canope, dans le delta du Nil, sous le règne des Antonins, à l'apogée de l'empire, plus précisément sous le règne de Trajan (98-117). Il connut successivement quatre empereurs : Trajan, Hadrien, Antonin le Pieux et Marc-Aurèle. Il travailla probablement à la Grande Bibliothèque d'Alexandrie entre 127 et 141, puisqu'il y fit des observations astronomiques ; il mourut sans doute à Canope, sa cité natale.

On ne sait rien de sa vie, qui se confond probablement avec ses recherches. Il est une exception dans un contexte relativement morose, tout comme Galien dans le domaine de la médecine.

Son œuvre astronomique, intitulée *Composition mathématique* ou *Almageste* (ἡ Μεγίστη, « la plus grande », avec l'article « al » d'origine arabe), est le seul ouvrage antique d'astronomie qui nous soit parvenu complet. Il a survécu avec d'autres traités, les *Hypothèses des planètes*, le *Tétrabiblos* consacré à l'astrologie, ou la *Géographie*, ou encore des traités sur l'optique ou la musique.

Outre ses propres recherches, il a eu le mérite de nous faire connaître ses prédécesseurs, qu'il cite abondamment, en particulier Hipparque. C'est à travers lui, dans ses traductions arabes et byzantines, que l'Occident médiéval prit connaissance de la science grecque.

L'ensemble de ses trois livres essentiels, l'*Almageste*, le *Tétrabiblos* et la *Géographie*, constitue en réalité trois aspects indissociables d'un seul et même projet : la connaissance du Cosmos, et celle de la Terre, toutes deux fondées sur un outil unique : les mathématiques, et plus particulièrement la géométrie du cercle.

L'ASTRONOMIE DE CLAUDE PTOLÉMÉE : L'ALMAGESTE

Dans la lignée de Pythagore et de Platon, Ptolémée affirme la prééminence des mathématiques, qui sont le seul savoir inébranlable par la rigueur de ses démonstrations. C'est pour cette raison qu'il conserve l'idée de la sphère : la géométrie du cercle permet en grande partie de « sauver les apparences », c'est-à-dire de rendre compte des phénomènes tels que nous les observons depuis le sol. La Terre est donc sphérique, immobile au centre de l'Univers ; le plan de l'horizon coupe la sphère céleste en deux moitiés ; les cieux eux-mêmes sont sphériques. On voit là également l'influence d'Aristote : Ptolémée reprend l'idée d'un monde supralunaire fait d'éther, le plus homogène des éléments : or la surface des corps homogènes ne peut elle-même qu'être homogène, donc sphérique. Cette thèse géocentrique l'emportera sur toute autre hypothèse, et perdurera jusqu'à Copernic et Galilée.



Sphère armillaire,
Rome, 1578 (Musée
Galilée, Florence)

Si, comme Aristote, Ptolémée refusait d'envisager un mouvement de la Terre, c'est aussi parce que l'on considérait que l'observation confirmait ce que l'on savait de la physique : or on n'avait pas les moyens techniques qui auraient permis de détecter les effets de la rotation terrestre. Il faudra pour cela attendre le XVII^e s. et les travaux des académiciens de Florence, et surtout la deuxième moitié du XIX^e s. et le fameux pendule de Foucault...

Comme ses prédécesseurs, Ptolémée voulait expliquer les mouvements irréguliers des corps célestes en termes de combinaisons de mouvements circulaires uniformes, sur le modèle des épicycles et des excentriques défini par Apollonios de Pergè. Il donne ainsi une théorie du Soleil, et montre que ces deux modèles sont équivalents ; il préfère en ce cas la seconde explication, plus simple.

En plus de ses travaux théoriques, Ptolémée réalisa un prodigieux travail d'observation : il reprend le catalogue d'Hipparque, qui contenait déjà 850 étoiles, et parvient, lui, à en identifier 1 028. Il utilise pour cela l'astrolabe armillaire (à ne pas confondre avec l'astrolabe plan) pour déterminer avec précision les positions de la Lune : il construisit sans doute son propre instrument : il indique dans l'*Almageste* comment le fabriquer. Cependant, lorsque son modèle mathématique, rationnellement satisfaisant, entra en conflit avec l'observation - ainsi, selon sa théorie, la distance de la Terre à la Lune aurait dû varier du simple au double, ce qui n'est pas exact - il préférait la théorie. Son seul objectif était de fournir un modèle géométrique permettant de calculer les mouvements de la Lune, des planètes et du Soleil. Par des observations et des calculs, il parvint à donner un exposé systématique de chacune des planètes, en calculant la grandeur de son épicycle, son excentricité, et des tables permettant de calculer la position longitudinale de la planète, ainsi que la grandeur et la durée des rétrogradations de chaque planète. Cette théorie pouvait être critiquable - et fut critiquée par Copernic - mais constitua l'essentiel des savoirs astronomiques jusqu'à la Renaissance. Ptolémée peut être considéré comme le dernier astronome grec : ses théories devinrent rapidement un véritable dogme, qui ne sera remis en question qu'à partir du XVI^e s. avec Tycho Brahé.

Il représente donc à la fois l'apogée de l'astronomie grecque, et son chant du cygne.

¹ <https://ecliptiqc.ca/Almageste.php>

L'*Almageste*, dont le titre grec était Μαθηματικὴ σύνταξις (Composition mathématique), est le seul traité d'astronomie complet qui nous soit parvenu. On peut prendre connaissance en ligne de cet ouvrage dans une nouvelle traduction française de Pierre Paquette, datée d'avril 2022¹. Avant lui, il n'existait en français que la traduction de Nicolas Halma, datée de 1813-1815, reprise par Jean Peyroux en 1988.

L'ouvrage est constitué de 13 livres : le premier expose les concepts mathématiques nécessaires à la description du cosmos ; les trois suivants décrivent la Terre et les différentes données qui la concernent : pôles, écliptique, équateur, méridiens, ainsi que les mouvements du Soleil et de la Lune. Le livre V est pour nous fort intéressant : il donne en effet toutes les indications techniques pour construire une sphère armillaire, c'est-à-dire un modèle réduit de l'Univers connu, un instrument indispensable à la vulgarisation de la connaissance astronomique, au calcul des mouvements des planètes, et à la prévision des éclipses : ce qui fait l'objet des livres VI à XIII.

L'ASTROLOGIE SELON PTOLÉMÉE : LE *TÉTRABIBLOS*

Outre l'*Almageste*, Ptolémée est aussi l'auteur du *Tétrabiblos*, consacré à l'astrologie, c'est-à-dire l'influence des astres sur le monde sublunaire, et sur les destinées individuelles des hommes. Cela peut nous surprendre, mais bien plus tard encore, Copernic, Tycho Brahé, peut-être Kepler et même Newton croyaient aussi en l'astrologie...

En outre, Ptolémée se montre relativement prudent et rationnel : il s'intéresse notamment à l'influence du Soleil sur les saisons, ou à celle de la Lune sur les marées...

En réalité, les deux ouvrages que Ptolémée consacre aux astres ne s'opposent pas, mais se complètent : dans les deux cas, il s'agit de prédire l'avenir. Dans le premier, le savant alexandrin donne à ses lecteurs les moyens de prévoir les éclipses, et les mouvements des astres. Dans le second, il montre que ces mouvements des astres-dieux ont une influence directe sur les hommes, à titre individuel ou collectif. En cela, il est un homme de son temps : il tente de contrer à la fois le scepticisme grandissant à son époque, qui tend à mettre en doute l'ensemble du savoir, et la prolifération des charlatans en tous genres, et des croyances les plus farfelues, en s'efforçant de donner à l'astrologie un caractère rationnel.

Il est également influencé par le philosophe Poseidonios d'Apamée, un stoïcien très en vogue dans l'intelligentsia gréco-romaine, qui avait érigé en système la « sympathie » unissant entre elles toutes les parties de l'Univers : ce qui affecte les astres ne peut pas ne pas avoir d'influence sur la Terre et ses habitants.

Constitué de quatre tomes (d'où son nom de *Tétrabiblos*), l'ouvrage de Ptolémée commence par une « défense et illustration » de l'astrologie, répondant ainsi aux moqueries des sceptiques comme Sextus Empiricus ; puis, dans le livre II, il s'intéresse à l'influence des astres, et des climats, sur les communautés humaines, peuples et cités ; il reprend ainsi la théorie des climats, définie par Aristote et développée par Poseidonios : à un « climat » donné correspond un type humain et une organisation sociale ; il suggère ainsi une géographie humaine, recouvrant peu ou prou la carte d'Ératosthène, vieille déjà de plus de 300 ans.

Les livres III et IV sont consacrés à l'art d'établir des horoscopes individuels, appelé « généthialogie » ; il se fonde pour cela sur les calculs des Chaldéens, concernant à la fois les mouvements des cinq planètes connues (Saturne, Jupiter, Mars, Vénus et Mercure, auxquels s'ajoutent la Lune et le Soleil) et les signes du zodiaque. Chaque signe se voit attribuer des traits particuliers, « masculin / féminin », « diurne / nocturne », « dominant / soumis ». L'action de chaque planète est donc la résultante de ses qualités propres, de celles des signes qui la contiennent, et de sa position par rapport au Soleil ou à la Lune...

Cet exposé systématique constitue la synthèse de l'ensemble des connaissances de son époque : il n'est pas étonnant qu'il soit devenu, comme le dit Germaine Aujac, « le livre de chevet, ou de référence, des astrologues de tous les temps »².

LA GÉOGRAPHIE DE PTOLÉMÉE

Claude Ptolémée ne fut probablement pas un grand voyageur, mais plutôt un homme de cabinet, capable de connaître et de synthétiser l'ensemble des connaissances de son temps. Sa *Géographie* compte parmi ses œuvres majeures, couvrant l'ensemble de la Terre habitée (l'Ækoumène) connue à son époque. Elle est composée de huit livres : le livre I définit le sujet et indique les données et les méthodes utilisées ; les livres II à VII donnent des listes topographiques et les coordonnées de plus de 8 000 lieux, allant de l'Irlande et de la Grande-Bretagne à l'Inde, en passant par l'Allemagne,

l'Italie, la Grèce, l'Afrique du Nord, l'Asie mineure et la Perse ; enfin le livre VIII présente 26 cartes régionales (10 pour l'Europe, 4 pour l'Afrique (qu'il appelle « Libye », et qui reste le grand continent inconnu) et 12 pour l'Asie.

La *Géographie*, plus tardive que l'*Almageste* et le *Tétrabiblos*, ne reprend pas tout à fait les données géographiques de ce dernier ; il prend en compte les connaissances nouvelles, liées aux progrès du commerce et aux incursions des armées romaines. En effet, celles-ci s'étaient aventurées jusqu'au Sahara, reculant ainsi les limites de l'Ækoumène vers le Sud, tandis que de premiers contacts s'étaient semble-t-il établis avec l'Extrême-Orient : le monde habité avait bien grandi depuis Ératosthène.

Le projet de Ptolémée n'était pas, cependant, une description de la Terre et de ses habitants : il ne fait aucune allusion à l'actualité, et ne s'intéresse donc pas à la géographie humaine. Ce qu'il veut, lui, c'est donner les moyens, fondés sur des coordonnées précises et incontestables, et donc encore une fois sur les mathématiques, de cartographier la Terre, à la fois dans son ensemble, et par région.

LES SOURCES DE PTOLÉMÉE

Ptolémée s'appuie sur les travaux de Dicéarque, de Posidonios d'Apamée et de Marin de Tyr, un Romain d'origine phénicienne qui reprit le système de coordonnées géographiques de Dicéarque. Mais, alors que Marin estime que l'étendue de la Terre habitée était de 225° de l'Espagne à la Chine (au lieu des 130° véritables), il reprend l'estimation de Posidonios pour la circonférence du globe au lieu de celle, plus exacte, d'Ératosthène : Ptolémée gardera cette estimation, mais recalculera plus exactement les dimensions de l'Ækoumène.

LA GÉOGRAPHIE

Ptolémée choisit donc de considérer la Terre comme une sphère de 180 000 stades (33 345 km) de circonférence, qu'il divise, selon le système sexagésimal babylonien, en 360° de longitude, de 500 stades chacun (soit 92,625 km) - aujourd'hui, un degré de longitude représente 111,319 km à l'Équateur. Pour lui, qui ignore bien sûr le méridien de Greenwich, le méridien de longitude zéro se situait au point le plus occidental alors connu, à savoir les « Îles Fortunées », autrement dit les Canaries.

La latitude, dont le degré zéro est, comme aujourd'hui l'Équateur, s'étend de Thulé, le point le plus septentrional connu (63° N) - mais ce n'est pas la Thulé de Pythéas, située près du

² Germaine Aujac, *Claude Ptolémée, astronome, astrologue, géographe*, Éd. CTHS, 3ème édition, 2012, p. 90.



Reproduction d'une carte de Ptolémée imprimée au XV^e s.

cercle polaire, mais l'actuelle Mainland, l'île principale de l'archipel des Orcades, au Nord de l'Écosse - jusqu'à Agisymba, qu'il situe à 8 200 stades au Sud de l'Équateur, soit environ 1 500 km, en Afrique sub-saharienne (16°S), dans l'actuelle République Centrafricaine. L'ensemble couvre donc, de Thulé à Agisymba, 79°.

Dans cette zone délimitée par les latitudes et longitudes, Ptolémée définit une partie habitable, de 72 000 stades (13 338 km) en longitude sur 40 000 (7 410 km) en latitude soit 100 millions de km² environ.

Ptolémée va surtout établir les coordonnées géographiques précises de plus de 8 000 lieux, en se fondant sur les travaux de ses prédécesseurs, et des récits de voyageurs.

POSTÉRITÉ DE LA GÉOGRAPHIE

La *Géographie* de Ptolémée constitue une somme des connaissances accumulées au II^e s. apr. J.-C. ; il en est aussi la fin, au moins jusqu'à la Renaissance : il n'y aura guère de nouveautés jusqu'aux « Grandes Découvertes ».

Le livre a été longtemps considéré comme perdu ; il fut redécouvert par le Byzantin Maxime Planude vers 1300. Il était cependant connu des Arabes, qui l'avaient traduit. On pense que les cartes figurant aujourd'hui dans l'ouvrage datent non de l'époque de Ptolémée, mais de l'époque byzantine. Vers 1410, il sera l'une des sources du cosmographe Pierre d'Ailly, dans son *Imago Mundi*, qui inspira lui-même Christophe Colomb, qui en possédait un exemplaire.

Si Ptolémée ne fut pas l'inventeur des longitudes et latitudes, il fut incontestablement à l'origine de notre cartographie : nous lui devons la généralisation des coordonnées mathématiques, l'orientation de nos cartes vers le Nord, et la systématisation de la projection de la sphère sur une surface plane.

PTOLÉMÉE, APOGÉE ET FIN DE LA SCIENCE GRECQUE

On considère volontiers Ptolémée comme le dernier scientifique grec, avec Gallien en matière de médecine. Sans doute la nature de son projet l'a-t-il voulu ainsi : ce lecteur infatigable, ce génie de la synthèse voulut donner à son œuvre un caractère universel et intangible, en faisant en sorte que ses successeurs puissent actualiser ses données. Ainsi, dans son *Almageste*, il fit en sorte que les astronomes du futur puissent facilement tenir compte de la précession des équinoxes pour calculer la position des étoiles à n'importe quel moment, en calculant le déplacement du point vernal, à raison d'un degré tous les 100 ans depuis l'année de référence, 138 apr. J.-C. et en ajoutant cette valeur à la longitude ; de cette manière, on peut reconstituer l'état du ciel à tout moment du passé, cette fois en retranchant cette valeur. L'*Almageste* se voulait donc un outil éternel - et le fut jusqu'au XVI^e s. au moins. Il procéda de même dans le *Tétrabiblos*.

Sa *Géographie* devint, de même, une référence incontestable : il ne chercha pas à décrire le monde de son temps, mais à donner la méthode pour cartographier la Terre, dans son ensemble et en détail. Ses cartes demeurèrent un modèle du genre.

Après Ptolémée, la science grecque subit un long déclin. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce phénomène : en premier lieu, la défiance et le désintérêt croissant de la philosophie à l'égard du savoir, conçu aussi bien par les Stoïciens que par les Épicuriens comme un moyen de combattre la peur et le malheur humains - même si certains philosophes furent également des savants ; d'autre part, la domination romaine et le peu de goût des Romains pour les spéculations abstraites, qui fit que Rome, centre du pouvoir et immense capitale, ne fut jamais un phare intellectuel à la hauteur d'Athènes ou d'Alexandrie. Le troisième facteur fut l'influence grandissante, jusque dans les hautes sphères du pouvoir, du christianisme qui considéra toujours avec méfiance la curiosité scientifique, perçue comme un manque de foi et une manifestation d'orgueil de la créature, détournée ainsi de la pure contemplation religieuse... À partir de 200 apr. J.-C., on cherche davantage à préserver le savoir qu'à l'accroître : les sommaires, résumés et commentaires prennent désormais la plus grande place.

Michèle Tillard (michele.tillard@gmail.com), ancienne professeure de lettres classiques en classe préparatoire littéraire, autrice de plusieurs ouvrages et de MOOC libres et gratuits de grammaire française, latin et grec ancien (voir <https://philo-lettres.fr/>).