

ÉRATOSTHÈNE DE CYRÈNE Michèle Tillard

Il y a plus de 2 000 ans, des savants grecs ont beaucoup amélioré les connaissances en astronomie. Après Aratos, Hésiode, Anaximandre et Hipparque, l'auteur nous invite à mieux connaître les travaux d'Ératosthène, qui estima notamment avec une très bonne précision la circonférence de la Terre...

Né à Cyrène, cité grecque de l'actuelle Libye, à l'époque sous la domination de l'Égypte des Ptolémées, Ératosthène (276-194)* se définit d'abord comme un homme libre : sa vie, dans une période particulièrement troublée, a été retracée dans un beau roman de Thierry Crouzet, *Ératosthène* (Éditions l'Âge d'homme, 2014).

* sauf mention contraire, toutes les dates ci-dessous sont à comprendre "avant J.-C.

Il étudie sous la direction du grammairien Lysanias, puis il quitte Cyrène pour Athènes, où il suit quelque temps l'école stoïcienne, et où il rencontre peut-être Zénon ; mais il se refuse à se limiter à une seule école philosophique, et il fréquente également Arcésilas de Pytane, élève du mathématicien et astronome Autolykos, fondateur de la Nouvelle Académie, Ariston de Cos, scholarque du Lycée, et Bion le Cynique. Fort de cette expérience multiple, il écrit un *Contre les philosophes* qui lui vaudra la haine de l'ensemble de ceux-ci. Il part ensuite, vers 237, à Alexandrie, où Ptolémée III Évergète le nomme précepteur de Ptolémée IV Philopator, puis en 234 directeur de la Grande Bibliothèque, où il succède ainsi à Callimaque de Cyrène et à Apollonios de Rhodes. Il le restera jusqu'à sa mort en 194, sous Ptolémée V. C'est peu après son arrivée à Alexandrie qu'il commence, en 235, une correspondance amicale et scientifique avec Archimède, jusqu'à la mort de celui-ci en 212.

Comme en philosophie, il revendique un grand éclectisme dans ses recherches : il sera à la fois poète, philosophe, mathématicien, astronome, géographe, historien et lexicographe. Son œuvre scientifique est considérable et couvre donc de nombreux domaines :

- En mathématique, il inventa le « crible » (κόσκινοϛ) qui porte son nom¹, et qui permet de déterminer simplement les nombres premiers (un nombre premier n'est divisible que par 1 et par lui-même) inférieurs à un nombre donné.
- Il fut l'un des inventeurs de la géographie, et reconnu comme tel par Strabon, qui le cite

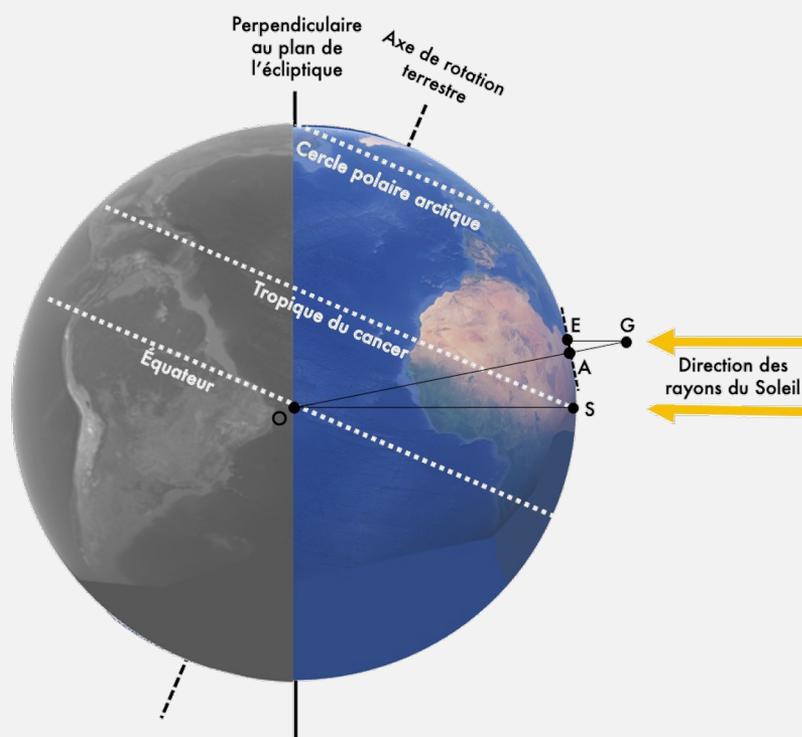
abondamment, notamment dans les livres I et II de sa *Géographie*.

- Il s'intéresse aux calendriers et à la mesure du temps : il propose une chronologie universelle fondée sur la guerre de Troie, qu'il situe en 1184-1183, une approximation assez juste puisque les fouilles archéologiques ont déterminé une date autour de 1200 ; et il compose un traité sur les calendriers appelé *l'Octaétéride* pour tenter de faire coïncider le cycle lunaire et le cycle solaire. Il influença probablement la réforme de Ptolémée III, qui ajoutait un jour supplémentaire tous les quatre ans au calendrier de Solon : cette réforme de 238, appelée « décret de Canope », préfigurait le calendrier julien.

Mais il est surtout connu pour avoir calculé la circonférence de la Terre, en se fondant sur les travaux de ses prédécesseurs, tout en les dépassant par une intuition géniale. Il part tout d'abord de l'hypothèse d'Aristarque : le Soleil est en fait plus gros que la Terre, et il en est très éloigné. Ses rayons sont donc pratiquement parallèles entre eux. Il connaît la tentative assez malheureuse de Dicéarque (375-285) qui avait abouti à un calcul de 300 000 stades égyptiens (le stade égyptien mesure 157,50 m).

Mais Ératosthène part d'un fait observé : dans la ville de Syène (aujourd'hui Assouan en Égypte), au solstice d'été, le Soleil illumine brièvement à midi solaire le fond d'un puits ; il est donc alors parfaitement à l'aplomb de la surface terrestre (au zénith). Or il en va différemment à Alexandrie où il mesure l'ombre portée d'un gnomon, au solstice d'été à midi solaire, et l'angle formé par les rayons du Soleil avec la verticale (voir schéma page suivante). Il trouve 1/50^{ème} d'angle plein (soit $360^\circ / 50 = 7,2^\circ$) Quant à la distance entre Syène et Alexandrie, il l'obtient grâce aux mesures des arpenteurs de Ptolémée (plus anecdotiquement par le nombre de pas des chameaux entre les deux villes) et trouve 5 000 stades (787,50 km). Il en déduit que la circonférence de la Terre est donc de $5\,000 \times 50$ stades (39 375 km), soit, à 2% près, les valeurs calculées aujourd'hui : 40 075 km à l'équateur, 40 008 km pour un méridien !

¹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Crible_d%27%C3%89ratosth%C3%A8ne



Sur l'illustration ci-contre, O est le centre de la Terre, S la ville de Syène et A celle d'Alexandrie, AG le gnomon installé à Alexandrie, AE l'ombre projetée par le gnomon sur le plan horizontal.

Nous sommes au solstice d'été, à midi solaire à Syène et Alexandrie ; les deux villes sont sur le même méridien (hypothèse acceptable d'Ératosthène). Le Soleil est au zénith à Syène ; la latitude de cette ville peut justifier de la considérer comme située sur le tropique du Cancer.

Les angles \widehat{SOA} et \widehat{AGE} sont égaux puisque OS et EG sont parallèles.

Ératosthène ayant mesuré une valeur de $1/50^{\text{ème}}$ de 360° pour l'angle \widehat{AGE} , il en déduit que la distance (l'arc de méridien) SA (787,50 km) correspond au $50^{\text{ème}}$ de la circonférence de la Terre.

D'où son estimation de 39 375 km pour la circonférence de notre planète, qui s'avère encore aujourd'hui comme une estimation d'une bonne précision : les mesures par Ératosthène de la distance SA et de l'angle AGE ont été faites avec beaucoup de rigueur (même si une heureuse compensation des erreurs existe) !

Il aurait également calculé l'obliquité terrestre (inclinaison de son axe de rotation par rapport à l'écliptique, plan de sa révolution autour du Soleil), peut-être après Pythéas, dont il fut le premier à prendre le récit au sérieux.

Son œuvre la plus importante s'intitule *les Catastérismes*. Elle a été publiée en 2013 aux éditions Les Belles-Lettres (édition critique de Jordi Pàmias I Massana et traduction de Arnaud Zucker, avec une remarquable introduction). Bien qu'inspiré d'Aratos², ce n'est pas un catalogue d'étoiles, mais plutôt un travail mythographique, rappelant la transformation de héros ou d'objets en constellations.

Nous ne la connaissons aujourd'hui que par un épitomé (condensé d'ouvrage) et quelques fragments ; on ne sait pas grand-chose de l'original, antérieur d'un siècle à l'œuvre d'Hipparque³. Il consiste en l'examen systématique des constellations, établissant un catalogue de 736 étoiles sur les quelque 3 000 visibles à l'œil nu dans le ciel d'Alexandrie ; il ne s'agit donc que d'un choix assez limité d'étoiles, sélectionnées pour leur éclat et leur position marquante, permettant d'identifier la figure ou l'une de ses parties, ou encore un lever ou un coucher significatif pour déterminer l'heure ou la saison.

Chaque constellation fait l'objet d'une notice, en deux parties : l'une donne une description purement astronomique (inventaire et position des étoiles), l'autre un récit sur le destin du personnage, jusqu'à sa catastérisation, c'est-à-dire sa métamorphose en constellation.

L'œuvre comprend 44 chapitres : 42 pour les constellations, 1 pour les planètes et 1 pour la Voie lactée. Mais la réalité astronomique passe au second plan, au profit de l'exposé mythographique. On ne trouve en effet aucune référence, dans *les Catastérismes*, aux nombreux ouvrages décisifs qui les ont précédés, de *La Sphère en mouvement* d'Autolykos (v. 330) aux traités d'Euclide, en passant par *Les Dimensions et distances du Soleil et de la Lune* d'Aristarque de Samos, le *Traité des coniques* d'Apollonios de Pergè ni même les traités d'Archimède qu'il devait pourtant tout particulièrement connaître... On peut donc dire que dans son ouvrage, Ératosthène fait essentiellement un travail de mythographe, plus que d'astronome.

Michèle Tillard (michele.tillard@gmail.com) a été professeure de lettres classiques en classe préparatoire littéraire. Autrice de MOOC (cours en ligne) libres et gratuits de grammaire française, latin et grec ancien (accessibles via son site <https://philo-lettres.fr/>) elle a également publié de nombreux ouvrages, son dernier étant *Les Étrusques*)

² Voir article sur Aratos dans le numéro 11 du magazine <https://www.cadran-solaires.info/wp-content/uploads/2024/03/mag-CSpour-tous-n11.pdf>

³ Voir article sur Hipparque dans le numéro 7 du magazine <https://www.cadran-solaires.info/wp-content/uploads/2023/02/mag-CSpour-tous-n7.pdf>