

# Sciences géographiques dans la Haute Antiquité

*Morceaux choisis des huit premiers chapitres de l'ouvrage*

**“Sciences géographiques dans l'Antiquité – Connaissance du Monde - Conception de l'Univers”  
de Raymond D'Hollander - Ingénieur général géographe honoraire**

■ **Jean BOURGOIN** - Membre de l'Académie de Marine

*“Bien longtemps après l'apparition de l'homme, il y a sans doute un million d'années, la science en général parvient à se dégager de la réalisation des besoins matériels avec la civilisation du Nil et de l'Euphrate ; ceci explique que l'ouvrage consacré par R. D'Hollander aux sciences géographiques, couvre plusieurs millénaires, faisant débiter son propos à la Haute Antiquité. Il traite en premier lieu de cette période, à l'origine des rudiments qui permettront une mise en œuvre des domaines de la cartographie et de la topographie. Arpenteurs, architectes appuient leurs travaux sur des éléments qui relèvent notamment de l'arithmétique et de la géométrie, c'est à dire des mathématiques mais aussi de l'astronomie, science qui se développe dès les premières observations de son entourage par l'homme”.*

**Préface : Suzanne Debarbat**, astronome titulaire de l'Observatoire de Paris, membre du bureau des Longitudes et de l'Académie Internationale d'Histoire des Sciences

Comprendre l'Univers et décrire le monde connu ou “œcumène” sont les deux grands objectifs de la science géographique de l'Antiquité. Ils reposent sur l'astronomie, d'une part, et une approche cartographique de la géographie, d'autre part.

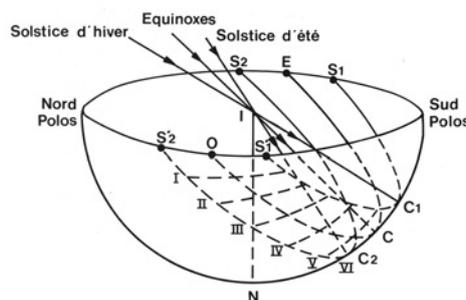
La civilisation égyptienne et la civilisation babylonienne prennent naissance au 4ème millénaire avant Jésus-Christ et couvre une vaste zone s'étendant du Golfe persique à la Méditerranée, baptisée “croissant fertile”.

Vers 3 300 avant J.C., l'homme découvre l'écriture idéographique, qui se transformera en écriture alphabétique dans la région Syro-palestinienne entre les XVIII<sup>e</sup> et XIV<sup>e</sup> siècles avant J.C. A la même époque apparaissent la numération décimale, l'arithmétique ainsi que la géométrie, puis l'astronomie et les sciences géographiques.

Les astronomes égyptiens déterminent l'équateur céleste. Ils utilisent dans la vie courante la décade, ou période de 10 jours, avant que les Assyro-Babyloniens créent la semaine de

7 jours. Leurs instruments astronomiques se composent du “merkhet” (tige verticale) pour observer le passage des étoiles dans le plan méridien, en l'alignant sur le fil à plomb, ainsi que la clepsydre ou horloge à eau, pour la mesure du temps.

A partir de - 750 (avant J.C.), les Babyloniens définissent l'écliptique, grâce au “scaphé” ou “polos”, cuve hémisphérique au fond de laquelle est fixée une tige verticale, qui comporte à sa partie supérieure une petite boule, située au centre de la demi-sphère. L'ombre de la boule dessine sur la demi-sphère une courbe qui est la figure homothétique inverse de la trajectoire



apparente du soleil, lors du mouvement diurne. Cette trajectoire est une portion de parallèle de la sphère céleste. On doit également aux Babyloniens l'invention du cadran solaire vertical. Grâce au gnomon, au scaphé, ou au cadran solaire, les Babyloniens pouvaient déterminer les intervalles de temps et connaître “l'heure de la journée”. Pour déterminer les intervalles de temps et connaître “l'heure”, les Babyloniens avaient recours au scaphé ou au cadran solaire et à la clepsydre. Au scaphé, on divisait l'intervalle de temps séparant le lever du coucher du soleil en 12 parties, définissant ainsi les “heures inégales”. Après avoir utilisé, comme les Egyptiens, la décade (période de 10 jours), les Babyloniens ont été les premiers à passer à la semaine, dont la durée correspond approximativement à celle des phases de la Lune.

Avec la détermination de l'écliptique, du zodiaque, l'établissement de tables donnant les positions des “astres mobiles”, et notamment des éphémé-

- rides de la lune et les dates des éclipses, l'apport de la Haute Antiquité Assyro-Babylonienne à l'astronomie est importante, comme l'atteste l'usage qu'en fit Ptolémée. De leur côté, les Egyptiens ont été à la même époque à l'origine d'une géométrie pratique appliquée aux grands travaux, et d'une ébauche du cadastre.

Il reviendra aux Grecs d'établir les fondements d'une géométrie théorique, puis grâce à l'expédition d'Alexandre, qui leur permit d'entrer en contact avec les observateurs et calculateurs babyloniens, de développer l'astronomie. Alors s'élaborera la compréhension des mécanismes de l'Univers

## Sciences géographiques durant la période grecque

### ■ La première géographie des grecs. Ecoles grecques Des VI<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> siècles avant J.C.

Vers 1 600 avant J.C., les Achéens venus du Nord envahissent le Péloponnèse et créent à Mycènes, Tyrinte, Pylos, une civilisation brillante dont l'apogée se situe vers 1 200 avant J.C., lors de la guerre de Troie, à laquelle on a donné l'appellation de civilisation mycénienne, parce que les tombes d'Agamemnon (roi de Mycènes) et de Clytemnestre se trouvent à Mycènes. Au début du premier millénaire avant J.C., le bassin méditerranéen est sous l'influence de la Grèce, mais aussi sous celle de l'Etrurie, de l'Egypte et de la Phénicie, qui possède de nombreux comptoirs (Cadix, Gibraltar, Carthage, la Sicile, la Sardaigne). Dans ce cadre, la Grèce prend un rôle prédominant en créant les colonies de Gaule méridionale, dont Massilia (Marseille), la "Grande Grèce" (Italie du Sud et Sicile), la Cyrénaïque, l'Asie Mineure et la Mer Noire.

On convient généralement de situer la vie d'Homère au XIX<sup>e</sup> siècle avant J.C., alors que certains auteurs le disent contemporain du siège de Troie, vers 1250 avant J.C. On trouve dans l'époque homérique des informations intéressantes sur la géographie et la météorologie.

### ■ L'École Ionienne

L'Ionie, en Asie Mineure, avec sa capitale intellectuelle Milet sera, à partir du 6<sup>e</sup> siècle avant J.C., le foyer d'une brillante civilisation. Ce siècle fut marqué par la fin de la colonisation grecque, mais aussi par les vies de Bouddha, de Confucius et de Lao Tsé (père du taoïsme), de Thalès de Milet (625-547), qui introduisit en Grèce la géométrie abstraite et fut astronome et physicien. En qualité d'astronome, il est surtout célèbre par la prédiction d'une éclipse de soleil qui mit fin en - 585 à la guerre entre les Mèdes et les Lydiens. Hecathée de Milet est à l'apogée de sa carrière à la fin du VI<sup>e</sup> siècle et au début du V<sup>e</sup> siècle. Il est l'auteur du premier traité de géographie descriptive intitulée "voyage autour du monde", dans lequel il consigne ses étapes, ses observations sur les populations rencontrées, le climat, la végétation, les modes de vie et d'alimentation des populations rencontrées. Ses informations, rassemblées sous le nom de "périple", indiquent qu'elles relèvent souvent d'un cabotage le long des pays visités.

Les plus importants périple aux VI<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> siècles sont les suivants :

- Le périple de Nécho II, roi d'Egypte, battu en - 605 par Nabuchodonosor, ayant armé une expédition à base de navigateurs phéniciens. Circuit : Mer Rouge, Afrique orientale, Le Cap, retour en Méditerranée par Gibraltar (colonnes d'Hercule)
- Le périple d'Euthymène (env - 530 avant J.C.) : de Massilia (Marseille) à l'oued Draa et retour.
- Le périple de Scylax (env - 510 avant J.C.), ordonné par Darius, pour établir une liaison Inde-Méditerranée.
- Le périple d'Hannon (entre 500 et 450 avant J.C.), amiral carthaginois, sur la côte Ouest d'Afrique, qui ne semble pas avoir dépassé l'archipel des Canaries.

### ■ L'École Pythagoricienne

Pythagore naquit en 570 avant J.C., à Samos, et mourut en 480 avant J.C. Menacé par les Perses, il se réfugia en Italie du sud à Crotona pour s'établir ensuite à Métaponte (près de Tarente).

Il voyagea en Asie Mineure et en Egypte. Il aurait étudié chez les mages de Perse, chez les Chaldéens et les Brahmanes. Il fonda l'École Pythagoricienne, qui eut une grande influence en Italie du sud, en Grèce et en Asie Mineure. Les Pythagoriciens forment une association à la fois scientifique, philosophique, politique et religieuse. Au point de vue scientifique, ils étudient les mathématiques (surtout l'arithmétique), l'astronomie, la musique, la médecine. Ils accordent une grande importance aux oppositions (limité-illimité, pair-impair, un-multiple, droit-courbe, etc.)

Pythagore bouleverse les conceptions antérieures du monde en donnant à la Terre une forme sphérique. Il est le premier à découvrir que "l'étoile du soir" est la même que celle du matin et qu'il s'agit en fait de Vénus. D'après Censorinus (III<sup>e</sup> siècle après J.C.), il place la Terre au centre du monde, puis l'eau, l'air, le feu, la Lune, Mercure, Vénus, le Soleil, Mars, Jupiter, Saturne, et enfin la sphère des fixes supportant les étoiles. Il est le premier à affecter aux planètes des distances à partir de la Terre et à avoir donné le premier ordre correct des corps célestes ; à avoir conçu un système faisant intervenir les relations mathématiques, qui permettront à Kepler de percer le secret de l'Univers ; à avoir affirmé la forme sphérique de la Terre. Il est aussi l'initiateur de la Science expérimentale, notamment en acoustique.

### ■ Conclusions sur la science grecque des VI<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> siècles avant J.C.

Concernant la structure de la matière, "La Science antique et médiévale" tome I de "l'histoire générale des Sciences" donne la synthèse des conceptions élaborées par les philosophes grecs. Elle se caractérise par :

- La multiplicité des substances dès l'origine (cf Anaximandre, Anaxagore)
- La pluralité limitée à certaines substances élémentaires, dont les combinaisons engendrent des composés accessibles à nos sens : les quatre racines sont pour Empédocle la terre, l'eau, l'air et le feu.

- Une seule substance primordiale, l'eau ou l'air, ou le feu susceptible de se transformer dans toutes les autres, pour Thalès, Anaximène, Héraclite.
- Une seule substance, sans qualité, mais divisée en particules distinctes, éléments derniers (atomes) dont l'agencement permet la formation de différents corps, pour Leucippe et Démocrite.
- Tout dérive du nombre entier, ce qui implique la discontinuité de la matière et annonce l'atomisme et la formation de molécules répondant à diverses combinaisons numériques (cf. Les Pythagoriciens)

De toutes ces théories, c'est celle d'Empédocle, relative aux quatre éléments, qui exercera la plus grande influence sur l'évolution des sciences géographiques, avec Aristote, puis avec les auteurs du Moyen-Âge, jusqu'au XVI<sup>e</sup> siècle.

Concernant les conceptions cosmogoniques, en exceptant celles d'Anaximandre, très élémentaires, et celles de ses successeurs (Ecole Ionienne, Ecole d'Elée), bien naïves, le seul système digne d'être retenu est celui de l'Ecole Pythagoricienne, qui affirme la sphéricité de la Terre et le mouvement des corps célestes, selon des cercles concentriques à la Terre. Le modèle de Philolaos marque une étape importante en reconnaissant le mouvement de la Terre dans l'espace, autour du "feu central". On ne peut qu'admirer le génie spéculatif de philosophes grecs des VI<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> siècles avant J.C., en ce qui concerne la structure de la matière et l'agencement de l'Univers.

Concernant l'astronomie, les astronomes des VI<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> siècles avant J.C. s'attachent surtout par leurs observations à résoudre des problèmes de calendrier conformément à la finalité assignée à l'astronomie par Socrate, dans le "Gorgias".

L'acquis de ces premières écoles est relativement modeste, comparé à celui des Babyloniens.

**Les héritiers de l'Égypte des Pharaons sont sans conteste les Grecs qui ont puisé, dans leurs développements pratiques, les éléments de l'épanouissement de leur science.**

**R. D'HOLLANDER décompose le sujet de manière chronologique, dans onze chapitres consacrés à la période grecque. Il présente tour à tour, les liens entre géographie et astronomie, la première ne pouvant se développer sans la seconde ; la science se constitue alors en une discipline autonome, libérée des aspects purement techniques, tout en s'y appuyant pour ses applications.**

**La sphéricité de la Terre est affirmée vers la fin du V<sup>e</sup> siècle avant notre ère et l'on s'emploie bientôt à établir des cartes pour la navigation en Méditerranée, mer qui occupe le centre des terres habitées. Parmi les navigateurs les plus célèbres figure Pythéas dont le souvenir demeure très vivant à Marseille. Eudoxe s'efforce de préciser les dimensions du globe terrestre, tandis qu'Aristote et Dicéarque de Messine s'emploient à l'étude des aspects géographiques du sujet, décrivant alors l'œcumène. Il faut attendre Eratosthène et la grande époque d'Alexandrie pour parvenir à des progrès décisifs. Cette évolution se fonde sur l'héritage de Platon et d'Aristote mais aussi sur des éléments plus orientaux. La géodésie grecque, fondement d'une cartographie précise, se base sur les propriétés du cercle, tandis qu'Apollonius de Perge traite des coniques ; ces derniers joueront un rôle important pour les représentations cartographiques de la sphère terrestre sur un plan. La géographie mathématique atteindra son apogée en quatre siècles, de l'époque d'Eratosthène à celle de Ptolémée en passant par Hipparque. Le premier, Eratosthène, réalise la "mesure de la Terre" entre Syène (de nos jours Assouan) et Alexandrie par une méthode originale. Pour l'œcumène, il en améliore la représentation, tandis qu'Hipparque, par observations astronomiques, jette les bases de la cartographie mathématique. Le troisième, Ptolémée, est celui dont la "Géographie" marquera, pour longtemps ce domaine ; peut être s'appuyait-il sur les travaux de Marin de Tyr !**

Suzanne Debarbat

## Géographie et astronomie grecques durant la deuxième moitié du V<sup>e</sup> siècle et le IV<sup>e</sup> siècle avant J.C.

**D**urant la deuxième moitié du V<sup>e</sup> siècle et le IV<sup>e</sup> siècle avant J.C., on assiste à un véritable épanouissement de la géographie et de l'astronomie grecques.

Hérodote opère la transition entre la géographie ionienne primitive et une géographie plus élaborée.

Après lui, le célèbre philosophe Platon portera un grand intérêt aux sciences géographiques et aura une influence considérable sur l'astronomie grecque. Autolycus apportera, par considérations uniquement géométriques les élé-

ments nécessaires à la prédiction des levers et des couchers héliques des étoiles, qui jouaient un grand rôle dans la vie pratique des grecs.

Eudoxe fut le premier à proposer un modèle cinématique rationnel de l'Univers, expliquant notamment les stations et les rétrogradations des planètes. Son modèle fut perfectionné par Callipe et Aristote, qui conservera durant des siècles un prestige immense. Son œuvre aura sur la pensée médiévale, tant arabe qu'occidentale, une influence prépondérante. Le

■ ■ ■ grand géomètre de l'Antiquité Euclide s'est aussi intéressé à l'astronomie. Alexandre le Grand, disciple d'Aristote, par son expédition en Asie, étendit considérablement l'oecumène grec en longitude, alors qu'à peu près au même moment Pythéas, astronome et géographe massaliote (marseillais), l'étendait en latitude, par son voyage maritime au Nord de l'Europe. Nous allons développer quelque peu les biographies des personnages ci-dessus, qui ont marqué la deuxième moitié du V<sup>e</sup> siècle et le IV<sup>e</sup> siècle avant J.C.

## Hérodote (484-425)

### ■ Hérodote historien et géographe

Hérodote naquit à Halicarnasse, ville dorienne de la Carie en 484 avant J.C, alors que Xerxès envahissait la Grèce. Il se réfugia à Samos (sa seconde patrie). Après un long voyage, Hérodote se fixa vers 446 à Athènes, où il devint ami de Périclès et Sophocle. Hérodote fut à la fois historien et géographe. Il eut le mérite de concevoir une histoire universelle de la lutte de la Grèce contre Xerxès, dans un contexte historique, en décrivant les événements, les peuples et les lieux. En tant que géographe il conserve une Terre plate.

### ■ Les voyages d'Hérodote

Hérodote fut un voyageur curieux, attentif, observant les mœurs des peuples et recueillant des informations de toute sorte. Il visita l'Égypte, d'où il rapporta la conviction que le Nil ne s'alimente pas dans "l'Océan circulaire" : le Nil ayant une embouchure face à celle du Danube, c'est à dire à peu près à la même longitude, les sources des deux fleuves devaient être aussi face à face. Aussi fit-il décrire au Nil une large boucle à peu près symétrique de celle du Danube, à partir d'une source située dans l'Atlas. Ainsi le Nil "vient de l'Ouest" et il "coupe la Libye par le milieu". On voit apparaître pour la première fois sur le Nil le nom de Syène (l'actuelle Assouan) qu'Hérodote ne dépassa pas ; mais d'après les renseignements qu'il recueille, il ajoute Méroë, cité royale des Ethiopiens. On désignait par Ethiopie la Haute Égypte et

toute la zone soudanaise, les Ethiopiens orientaux étant les peuples qui vivaient entre la Perse et l'Indus. Il visita aussi Cyrène et une partie de la Libye. Il visita aussi la Mésopotamie, où il observa la mise en valeur du pays : canaux d'irrigation, culture intensive des céréales, plantations de palmiers dattiers. Il mentionne Babylone sur l'Euphrate, Suse sur un affluent du Tigre. Il visita également les colonies grecques du Pont Euxin. Hérodote n'a évidemment pas visité toute l'étendue de sa mappemonde. Durant longtemps encore, les Grecs connaîtront très mal la Celtique, et ils confondront les Pyrénées avec les Alpes sous le toponyme commun de Pyrène. Comme Hécatée, Hérodote emprunte au "périple de Syllax" tout ce qui concerne l'Inde, qu'il limite aux provinces riveraines de l'Indus et du Nord-Ouest du pays ; il ne dispose pas d'informations sur le Gange ; au-delà de l'Inde l'Asie n'est plus "qu'un désert sur lequel on ne sait rien"

## Platon (424 – 347)

Le berceau de la science grecque était depuis le VI<sup>e</sup> siècle avant J.C à Milet et en Ionie (Asie Mineure). Après un déplacement en Grande Grèce, avec l'École Pythagoricienne, le foyer de l'hellénisme va se fixer pendant un certain temps en Grèce continentale, à Athènes et autour d'Athènes avec Platon et Aristote. A la naissance de Platon, en 424 avant J.C., l'Attique était parvenue à un haut degré de civilisation (citons seulement Phidias, Praxitèle, Euripide, Sophocle, Aristophane, Socrate, Alcibiade).

A la mort de Socrate, Platon quitte Athènes, visite l'Italie, l'Afrique et la Perse. Après dix ans d'absence, il revient en Italie et passe en Sicile où il est vendu comme esclave. En 388, il est à Athènes, où il fonde "l'Académie".

### ■ Le système du monde de Platon

Comme les Pythagoriciens, Platon affirme la sphéricité de la Terre et de tous les corps célestes. La Terre est immobile et occupe une position centrale, autour de laquelle les astres accomplissent leurs révolutions à distances variées, selon des mouvements

circulaires uniformes. La Terre est immobile au centre du Monde, en contradiction avec les Pythagoriciens, mais Platon reviendra sur cette affirmation à la fin de sa vie.

Le dogme platonicien de la sphère et du cercle, figures parfaites qui doivent être parcourues par les corps célestes selon des mouvements uniformes, allait jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle obliger les astronomes à mettre au point des systèmes sophistiqués pour expliquer le mouvement des planètes, leur stations et leurs rétrogradations. Le premier des ces systèmes est celui des sphères homocentriques d'Eudoxe. Il faudra attendre Kepler, c'est à dire plus de 19 siècles pour mettre fin au dogme du mouvement circulaire des planètes.

## Autolycus de Pitane (300 avant J.C.)

Autolycus est originaire de Pitane en Eolide. Il florissait vers 330 avant J.C. Faute d'une approche trigonométrique pour laquelle il faudra attendre Hipparque, l'astronomie mathématique ne pourra s'appuyer que sur des approches purement géométriques, comme ce fut le cas avec Autolycus, en ce qui concerne le mouvement diurne et la sphéricité de la terre, dans ses deux ouvrages "la sphère en mouvement" et "les levers et couchers des étoiles". "La sphère en mouvement" est le plus ancien traité d'astronomie qui nous soit parvenu des grecs. Les deux ouvrages d'Autolycus sont aussi les deux premiers ouvrages d'une collection grecque que l'on appelle "la Petite Astronomie" par opposition à la "Grande Syntaxe Mathématique" de Ptolémée, plus connue sous le nom "d'Almageste" que lui ont donné les Arabes. Dans "Les levers et couchers des étoiles", Autolycus aborde le problème de l'établissement des repères chronologiques durant l'année grâce aux levers et au coucher des étoiles. En effet, les travaux agricoles étaient réglés sur le lever et le coucher héliaques de certaines étoiles, d'où l'importance de prévoir ceux-ci. Ce problème est naturellement lié à celui de l'établissement du "parapegme", c'est à dire de l'almanach d'étoiles.

## L'astronomie grecque D'Eudoxe de Cnide à Euclide IV<sup>e</sup> siècle avant J.C.

L'astronomie géométrique amorcée par Autolycus va connaître son apogée avec Eudoxe de Cnide, l'un des plus grands astronomes grecs, né vers 408 avant J.C., à Cnide, île de la mer Egée. Eudoxe se rendit à Athènes pour suivre les leçons de Platon qu'il quitta par la suite. Il fit de nombreux voyages, au cours desquels il effectuera des observations de levers et couchers d'étoiles, qui l'aideront à dresser sa sphère céleste (sphère d'Eudoxe). Les ouvrages composés par Eudoxe ont malheureusement été perdus.

D'après Pline, Eudoxe aurait rapporté d'Égypte l'année de 365 jours 1/4, soit le cycle de 4 années de 365 jours et une année de 366 jours. Ce cycle commençait à un solstice d'été qu'il avait observé et que l'on a pu situer au 13 juillet 381 avant J.C.

D'après Archimède, il donnait au soleil un diamètre réel de 9 fois plus grand que celui de la lune.

Selon Vitruve (1<sup>er</sup> siècle avant J.C.), on attribue à Eudoxe le cadran solaire horizontal, pourvu de courbes pour lire l'heure et la date. Excellent géomètre, Eudoxe a vraisemblablement eu l'idée de la projection stéréographique dont dérive l'astrolabe. Astronome, il avait un profond mépris pour l'astrologie.

### L'œuvre d'Eudoxe

L'œuvre d'Eudoxe est immense et nous n'en présentons que quelques aspects : La sphère d'Eudoxe est un globe céleste sur lequel étaient tracés l'équateur, les deux tropiques, les "cercles arctiques", les cercles horaires (dont les colures d'équinoxes et de solstices), l'écliptique (baptisé "cercle médian"), les étoiles. Elle servit de modèle pour les globes célestes à l'usage des marins (sphère d'Aratus), en particulier pour la détermination approximative de l'heure de nuit par un parapégme, sorte d'almanach donnant les dates des levers héliques des principales étoiles.

L'œuvre géographique d'Eudoxe est une "description de la Terre" en 7 livres, malheureusement perdue. Eudoxe a

été le premier à lier la géographie à l'astronomie. Il a relevé astronomiquement des latitudes en Égypte, à Cyzique et à Cnide. Il a également déterminé la longueur de la circonférence terrestre à partir d'une mesure entre Cnide (Rhodes) et Héliopolis, décomposée en deux segments : Rhodes-Alexandrie et Alexandrie-Héliopolis. Il détermina aussi la position du pôle céleste, distant à l'époque de plus de 8° des étoiles les plus proches. Sa détermination sera ultérieurement améliorée par Pythéas. Tout en respectant la conception géocentrique de l'Univers, le modèle des sphères géocentriques d'Eudoxe constitue la première tentative d'explication rationnelle des mécanismes de l'Univers et en particulier des "stations" et des "rétrogradations" des planètes. Le système d'Eudoxe comportait 27 sphères homocentriques, qui représentaient assez bien les mouvements du soleil et de la lune.

### Euclide d'Alexandrie (env 295 avant J.C.)

Euclide vécut à Alexandrie à la fin du IV<sup>e</sup> siècle et au début du III<sup>e</sup> siècle avant J.C. C'est le plus célèbre géomètre de l'Antiquité. Ses "éléments de géométrie" restent la base de ce qu'on appelle la "géométrie euclidienne". On y trouve des théorèmes importants sur la nature des triangles et sur la proposition connue sous le nom de théorème de Pythagore, qui est le fondement de la doctrine des cordes (et des sinus), base de la trigonométrie. Dans un autre ouvrage d'astronomie, intitulé "les Phénomènes", qui contient toutes les connaissances que l'on avait en Grèce au début du III<sup>e</sup> siècle avant J.C., il énonce notamment 18 théorèmes. Euclide y définit le concept de "parallèle céleste", cercle décrit par une étoile dans le mouvement diurne et ayant dans l'hémisphère nord le pôle céleste boréal pour pôle géométrique. Il définit aussi la notion "d'étoile circumpolaire", qui n'a ni lever ni coucher. Il met clairement en évidence que le lever et le coucher d'une étoile impliquent l'existence d'un "cercle horizon", appellation dont il semble être l'auteur.

Euclide démontre en géomètre que le monde est sphérique et tourne autour

de l'axe des pôles célestes. Il appelle "méridien" un cercle passant par l'axe des pôles, contenant la verticale du lieu, perpendiculaire à l'horizon. Il désigne le "zénith" par le pôle de l'horizon et l'écliptique par le cercle oblique du zodiaque. Euclide n'a rien découvert de fondamental en astronomie, mais il a eu le mérite d'énoncer dans un langage clair des notions connues avant lui, mais souvent confuses. Il est aussi l'auteur d'un traité d'optique dont certaines propositions concernent l'astronomie.

### Aristote. Alexandre le grand et l'extension de l'oecumène

#### ■ Aristote (384-322)

Aristote naquit en 384 ou 383 avant J.C. à Stagire (Thrace). Dans sa jeunesse, il vint à Athènes, où il fut élève de Platon. En 343 ou 342 avant J.C., le roi Philippe de Macédoine le fit venir à sa cour de Pella pour faire l'éducation de son fils Alexandre. Six ans plus tard, après la mort de Philippe et l'avènement d'Alexandre, Aristote rejoignit Athènes et y fonda son école dans un gymnase consacré à "Apollon Lycéen", d'où le nom de Lycée donné à cette école qui supplantera l'Académie de Platon. L'enseignement s'y donnait "ex cathedra", mais se poursuivait en promenade du maître et de ses disciples, d'où l'expression d' "école péripatéticienne".

#### ■ L'œuvre d'Aristote comprend trois groupes d'ouvrages :

Les traités logiques, l'histoire naturelle, les physiques. Contrairement à Platon, Aristote accorde une grande importance à l'observation. Pour lui, l'Univers est limité et clos. Reprenant le mythe platonicien, le monde sublunaire pour Aristote est soumis aux changements, synonymes de dégénérescence et corruption. Mais au-dessus de la sphère de la lune, les cieux se maintiennent inaltérables.

#### ■ La géographie d'Aristote

##### Extension de l'oecumène

Aristote est le premier philosophe grec à donner des arguments pour prouver la sphéricité de la Terre (dans les éclipses de lune, l'ombre de la terre sur la lune a une

■ ■ ■ forme circulaire). La zone habitable (œcumène) est resserrée dans sa largeur, d'un côté par la zone polaire, de l'autre par la zone tropicale. Pour Aristote le monde se partage en trois grandes parties : l'Europe, l'Asie, et la Libye (Afrique)

## Géographie physique

Aristote est le fondateur de la géographie physique. Il explique dans les "Météorologiques", que le moteur des transformations est le mouvement double du soleil : le mouvement quotidien avec l'alternance jour-nuit et le mouvement annuel avec les variations de déclinaison. Les tremblements de terre sont provoqués par les mouvements de l'air souterrain. Les marées sont dues aux vents.

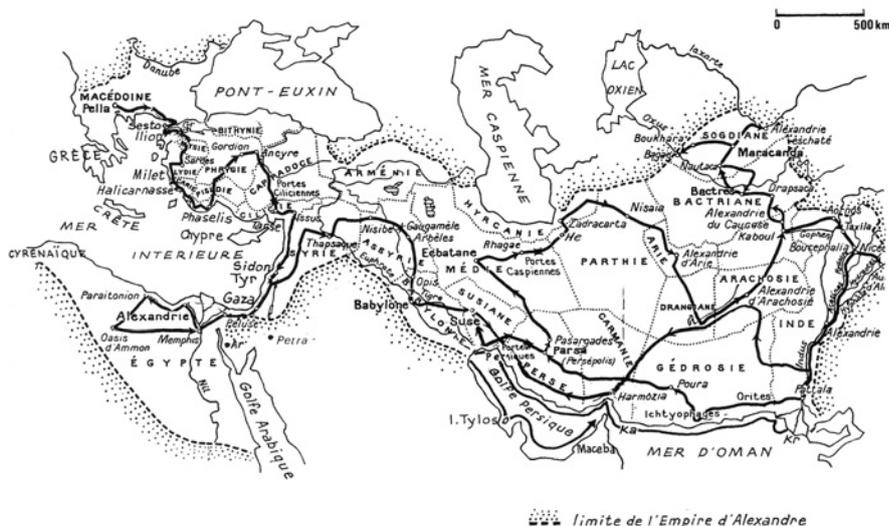
## Les connaissances géographiques d'Aristote

Aristote connaît trois grandes îles : la Grande Bretagne, l'Irlande, l'île Taprobane (Ceylan ou Sri Lanka), dans la "mer Erythrée" (océan indien). Il n'améliore pas les notions confuses des Grecs sur la partie occidentale de l'œcumène et sur la Celtique, où les Alpes ne sont pas distinguées des Pyrénées. Aristote fut un excellent naturaliste pour son époque, en décrivant 400 espèces animales. On lui doit la grande division du règne animal entre vertébrés (sanguins) et invertébrés (exsangues), ainsi que la notion capitale d'espèce animale.

## L'itinéraire d'Alexandre le Grand (-334-323)

Avant d'aborder "l'itinéraire d'Alexandre le Grand", il n'est pas inutile de rappeler une autre expédition militaire, en 401 avant J.C., appelée "Anabase de Xénophon", qui fit parcourir à son auteur l'Assyrie, l'Arménie, les bords de la Mer Noire, les Monts du Kurdistan et le sud du Caucase, ce qui était une "première" pour un grec.

Alexandre le Grand, élève d'Aristote, fut un prodigieux homme de guerre, doublé d'un homme éclairé, à l'esprit ouvert, qui se faisait accompagner par des philosophes et des ingénieurs, dont les fameux "bématistes", chargés de l'arpentage des pays conquis. En 336 avant J.C., Alexandre mène campagne contre les Thraces.



Carte 5.4 Limite de l'Empire d'Alexandre  
Ar : Arsinoë  
He : Hécatompylos  
Ka : Karpella (près du Cap Jask)  
Kr : Krokala

## ■ Itinéraire d'Alexandre de Pella (Macédoine) à l'Indus

En 334, à la tête de son Armée, Alexandre pénètre en Asie et remporte contre les Perses la bataille du Granique (Gr sur la carte 5.4 jointe). Il conquiert l'Asie Mineure, la Syrie, l'Égypte, (poussant jusqu'à l'oasis d'Ammon). Au retour, il passe à Thapsaque, Nisibe, remporte une victoire à Gaugamèle, entre en 331 à Babylone et atteint Suse. Il arrive à Persépolis et à Pasargades, qu'il atteint en 330. Traversant la Perside, berceau des Perses, il rejoint la Médie et Ectabane, d'où Darius s'était enfui. Puis il franchit les "Portes Caspiennes", contourne le massif de l'Elbrouz, arrive dans une plaine florissante, jouxtant la Mer Caspienne, où il regroupe son armée. Il poursuit vers l'Est, puis oblique vers le sud, fonde Alexandrie d'Aris (Hérat).

Il continue vers le sud et atteint fin 330 le fleuve Helمند, qui se jette dans une dépression fermée en Drangiane. Il remonte ce fleuve, fonde Alexandrie d'Arachosie, pénètre en Afghanistan et atteint Kaboul. Au printemps 329, il franchit l'Hindou-Kouch et conquiert Bactres. Ayant franchi l'Oxus (actuellement l'Amou Daria), il pousse une reconnaissance en Sagdiane où il conquiert Maracanda (actuellement Samarcande) ; sur la rive gauche de l'Iaxarte (actuellement Syr Daria) il fonde Alexandrie Eschaté.

Dans le trajet de Suse à Samarcande, Alexandre et les bématistes qui l'accompagnent avaient noté l'orientation des chaînes de montagnes, des fleuves et rivières, ils avaient constaté des reliefs prodigieux, avec des gorges profondes et étroites, tels qu'il n'en avaient jamais vus.

Au printemps 327, Alexandre quitte Bactres, franchit à nouveau l'Indou Kouch, repasse à Kaboul, traverse l'Indus et parvient à Taxila, haut lieu du Brahmanisme, d'où il part pour la conquête du Pendjab. Il traverse une série de rivières, mais arrivé à Hyphase il s'arrête, car son armée, épuisée refuse de le suivre plus en avant. Il fait marche arrière, rejoint l'Hydapse, affluent de l'Indus et fait construire une flotte avec des bois des pentes de l'Himalaya.

## ■ La descente de l'Indus

La flotte d'Alexandre comportait environ 2000 navires, dont 800 vaisseaux de guerre et de transport. L'armée d'Alexandre est évaluée à 120 000 hommes. La plus grande partie de cette armée embarque à Nicée le 23 octobre 327 avant J.C. Au cours de la descente de l'Indus, Alexandre dirigea plusieurs opérations militaires et fonda Alexandrie des Sogdes. Avant d'arriver à Pattala, il ordonna à Cratès de rejoindre la Carmanie par le milieu des terres afin de procéder à la reconnaissance et à l'arpentage de cette partie intérieure de son

empire, alors que lui-même avait décidé de prendre l'itinéraire le plus pénible, passant par le désert de Gédrosie. A Pattala, il arriva environ 10 mois après son départ de Nicée.

### ■ L'itinéraire de retour de Pattala à Babylone

De Pattala, Alexandre traversa le désert de Gédrosie sous une chaleur accablante et fit une première jonction avec sa flotte près du détroit d'Ormuz. A Persépolis, il ferma l'immense boucle de son itinéraire, opéra ensuite une nouvelle jonction avec sa flotte au fond du Golf Persique, puis rejoignit Suse, où il procéda à la distribution de gratifications pour son armée. Il avait déjà épousé Roxane, fille du Satrape de Bactriane ; à Suse, en 324, il épousa Barsine, fille de Darius. Ses principaux officiers épousèrent aussi les filles des plus nobles familles persanes.

De Suse, il partit reconnaître une partie de la péninsule arabique et il pressentit qu'elle était aussi vasque que l'Inde. Il mourut à Babylone en 323 avant J.C., à l'âge de 33 ans, après avoir contracté 8 blessures en 11 années d'expéditions.

### ■ L'expédition de Néarque

Alexandre avait confié à Néarque le commandement de sa flotte, avant de l'avoir quitté à Pattala au début de l'automne 326.

Néarque avait reçu l'ordre de reconnaître les côtes de la Mer d'Oman et du Golfe Persique jusqu'aux bouches du Tigre et de l'Euphrate. Néarque descendit la branche occidentale de l'Indus, de Pattala à Krokala, qui fut le premier port maritime des Indes dans lequel des vaisseaux grecs, construits en Inde, aient pu jeter l'ancre. Les Barbares ayant commencé des attaques, la flotte mit à la voile en automne (on a pu reconstituer la date d'appareillage de la flotte d'après un lever de constellation, soit environ 23 jours après l'équinoxe d'automne de l'année 326 avant J.C.) La première partie de la navigation de Néarque s'effectua de Krotala au cap Jask, situé tout près de la Karpella de Ptolémée. Il reconnut la côte des Orites, celle des Ichtyophages (qui se nourrissaient uniquement de poisson séché). Tous les caps, baies et accidents du trait de côte furent notés. La deuxième par-

tie de la navigation de Néarque eut lieu du cap Jask à l'embouchure du Pasitigris. Il pénètre ensuite dans le Golfe Persique, atteint Minab où il retrouva Alexandre et une partie de son armée. Il arriva à Suse fin février 325 avant J.C. après environ 4 mois de navigation depuis Krotala et après avoir rempli parfaitement ce que lui avait confié Alexandre. Dans l'ensemble le bilan géographique de l'expédition de Néarque est important. Il porte notamment sur la description des côtes, l'étude des habitants, de la faune, de la végétation, des climats, des paysages, des productions : riz, coton, belles mousselines, canne à sucre, soie.

Néarque a ouvert une voie commerciale nouvelle, qu'avait imaginée Alexandre pour importer des marchandises en Grèce.

### ■ Bilan de l'expédition d'Alexandre le Grand

Alexandre avait en 11 ans quasi doublé la surface de l'oecumène grec. Les itinéraires à grand parcours levés par les bématises d'Alexandre reçurent un tracé bien défini, devinrent de grandes voies commerciales et militaires dans les royaumes nés de l'Empire d'Alexandre, fixant les grands itinéraires caravaniers de la Chine et de l'Inde vers la Méditerranée. La longue voie longitudinale qui partait du Tyr, puis gagnait le Pamir et la Chine, fut pendant des siècles "la route de la soie". En 1931, la "croisière Jaune" d'André Citroën emprunta dans sa traversée de l'Iran et de l'Afghanistan, le parcours suivi par Alexandre le Grand vingt siècles auparavant.

Alexandre fonda 7 villes portant le nom d'Alexandrie. Alexandrie d'Egypte, dont le choix du site fut particulièrement heureux, contribuera largement au rayonnement de la culture grecque à partir du III<sup>e</sup> siècle avant J.C. Il fit aussi construire des ports, des digues, des canaux, des ponts et recenser les productions des pays conquis.

### Pythéas et l'extension de l'oecumène

Né à Massalia (Marseille) Pythéas (320-300 ou 380-360 avant J.C.) est présenté par la plupart des auteurs anciens

comme un homme pauvre, grand explorateur et bon astronome. Il lui revient d'avoir étendu l'oecumène en latitude. Malheureusement son œuvre a été perdue et beaucoup de problèmes se posent à son sujet.

### ■ La détermination de la latitude de Massalia par Pythéas

On doit à Pythéas une détermination de la latitude de Massalia effectuée lors de la culmination du soleil au solstice d'été en utilisant le gnomon. Elle donne la valeur arrondie de 43°13' pour la latitude, à comparer à celle de la cartographie actuelle de l'IGN de 43°18', soit un écart de 5'. Il s'agit donc d'un résultat fort honorable.

### ■ Le voyage d'exploration de Pythéas

Pour son voyage dans le nord, Pythéas avait besoin de savoir déterminer la position du pôle céleste boréal à partir des étoiles. Pour cela, en observant la direction "β" Petite Ourse - "k" du Dragon, il devait connaître la correction à apporter à la hauteur d'une de ces étoiles pour obtenir la hauteur du pôle, donc la latitude.

Pythéas avait peut être suivi l'enseignement d'Eudoxe de Cnide. Il avait une bonne réputation d'astronome et ses compatriotes le choisirent pour un voyage d'exploration dans les mers du Nord destiné à reconnaître les régions où l'on exploitait l'ambre et l'étain (métal précieux pour la fabrication du bronze). Or le commerce de l'étain et de l'ambre était le monopole des carthaginois, qui verrouillaient habituellement les colonnes d'Hercule (Gibraltar).

On admet généralement que Pythéas a fait tout son itinéraire sur un navire marseillais. Faute de sources sûres, on attribue au voyage de Pythéas une durée comprise entre 4 mois et 6 ans. Les deux ouvrages de Pythéas "Sur l'océan" et "Description de la Terre" ont été perdus. L'expédition de Pythéas n'est donc connue que par ses admirateurs, tels Dicéarque, Timée de Tauroménium, Eratosthène, Hipparque et ses détracteurs, tels Polybe et Strabon.

La carte jointe donne l'itinéraire de Pythéas, avec ses variantes en tireté. A partir des données de localisation et de



Itinéraire de Pythéas

- description, trois hypothèses principales ont été émises concernant la position géographique de Thulé :
  - Thulé serait une île de l'archipel des Féroë ; cette hypothèse est plausible
  - Thulé serait l'Islande : Pythéas a indiqué que Thulé était habitée et l'Islande ne l'a pas été avant le VIII<sup>e</sup> siècle. En outre, il n'est pas possible de faire une traversée à partir de la Grande Bretagne en 6 ou 7 jours de navigation. Par contre, l'Islande se trouve située entre le parallèle 63°20' et le cercle polaire de latitude actuelle 66°33', de sorte que la latitude de 65° atteinte pourrait être celle d'un des caps orientaux de l'île.
  - Thulé serait sur la côte norvégienne : les partisans de la Norvège estiment que Pythéas ne pouvait atteindre l'Islande en 6 à 7 jours à partir du nord

de la Grande Bretagne. Déporté par de forts vents d'ouest, Pythéas aurait atteint la côte norvégienne à une latitude à peu près égale à celle des îles Féroë, ou éventuellement plus au nord.

Le périple de Pythéas a été estimé à 185,5 jours de navigation.

### ■ Conclusion sur Pythéas

Pythéas affirmait avoir vu des Celtes à 6300 stades de Marseille, ce qui donne environ 52° de latitude, qui est la latitude des Bouches du Rhin. Il avait raison contre Strabon qui fixait la limite nord de la Celtique, d'ouest en est de l'île d'Ouessant aux Bouches du Rhin, à la latitude à peu près uniforme de 3800 stades à partir de Marseille, soit environ 49° de latitude. Pythéas avait vu juste. On n'a que peu de renseignements sur

les observations faites par Pythéas au cours de son expédition, et notamment sur les instruments utilisés pour viser le soleil et les étoiles les plus proches du pôle et la détermination des climats de 16h, 17h, 18h, 19h.

Ce navigateur massaliote a cependant été l'un des plus grands explorateurs grecs; le premier, il a décrit la (Grande) Bretagne ; il en a fixé la forme en exagérant toutefois ses dimensions.

## L'astronomie grecque à la fin du IV<sup>e</sup> siècle et du III<sup>e</sup> siècle avant J.C.

L'histoire de l'astronomie grecque à la fin du IV<sup>e</sup> siècle et du III<sup>e</sup> siècle avant J.C. est marquée par deux faits saillants :

- La réfutation du dogme de la fixité de la Terre qu'Héraclide du Pont (375-310) fait tourner sur elle-même et qu'Aristarque de Samos (310-230) fait à la fois tourner sur elle-même et autour du soleil, concevant ainsi l'héliocentrisme 18 siècles avant Copernic.
- Des essais de détermination des dimensions du système solaire par Aristarque de Samos et par Archimède.

On ignore l'auteur de la détermination de la longueur de la circonférence terrestre utilisée par Archimède, basée sur les considérations suivantes. A Lysimachie (Thrace) la tête du Dragon passe au zénith, alors que c'est le Cancer qui passe au zénith de Syène (Assouan). L'arc compris entre le Dragon et le Cancer représente un quinzième du méridien terrestre, soit  $360/15 = 24^\circ$ . Comme la distance de Syène à Lysimachie est de 20 000 stades, la longueur de la circonférence terrestre est :  $L = 15 \times 20\,000 = 300\,000$  stades, chiffre que Cléomède compare à la longueur obtenue par Eratosthène de 250 000 stades. La différence de latitude entre Syène et Lysimachie étant d'après cette détermination de  $24^\circ$  et Syène étant sur le tropique à environ  $24^\circ$  de latitude, la latitude de Lysimachie aurait dû être de  $48^\circ$ , alors que cette latitude ne dépasse pas  $40^\circ,5$ . Par ailleurs la distance en stades d'Eratosthène entre Lysimachie et Syène n'est que de 12 000 stades au lieu de 20 000. Ainsi la différence de lati-



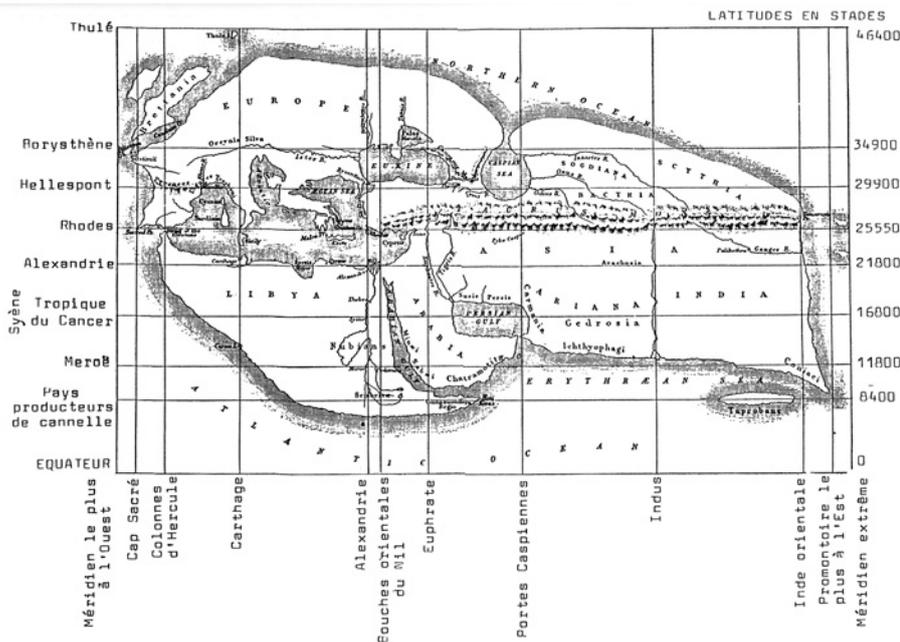


Figure 8.10 Reconstitution de la carte d'Eratosthène

■ ■ ■ de 38 000 stades et une "longueur" de 78 000 stades. Les méridiens et parallèles forment un réseau perpendiculaire. Le passage des stades aux degrés (à raison de 700 stades par degré) aurait été facile, mais Eratosthène continua à numéroter ses méridiens et parallèles en stades. L'emploi du degré sera généralisé plus tard par Hipparque, puis par Ptolémée. En ce qui concerne Thulé, Eratosthène se conforme à la relation de Pythéas qui affirme avoir atteint le cercle arctique ( $66^{\circ} \text{ N} - 46\,400$  stades). Pour déterminer les longitudes, on utilisait les éclipses de lune. Ces mesures étaient rares et entachées d'incertitude (atteignant le tiers de la quantité à mesurer). Aussi Eratosthène utilisait-il les mesures des itinéraires, terrestres et maritime. Les longueurs estimées étaient conservées sur le parallèle de Rhodes. Des corrections étaient apportées pour tenir compte de l'inclinaison de la direction du segment vis à vis de celle du parallèle et pour compenser la non convergence des méridiens dans la projection d'Eratosthène. La différence de longitude donnée par Eratosthène entre les Colonnes d'Hercule et l'embouchure du Gange est de 68 000 stades, soit  $97^{\circ},14$  alors que la différence de longitude exacte est de  $95^{\circ},5$ . L'erreur est donc inférieure à  $2^{\circ}$  et cela malgré l'erreur de  $11^{\circ}$  entre Carthage et Arbelles. Il y avait donc d'heureuses compensations d'er-

reurs ! Malgré ses défauts, la carte d'Eratosthène, avec sa grille de méridiens et parallèles, constitue un progrès sensible par rapport à la carte de Dicéarque. Prenant en compte d'une part les mesures des bématises de l'expédition d'Alexandre le Grand, d'autre part les déterminations de Pythéas, la carte d'Eratosthène apparaissait pour l'époque comme une carte moderne, qui restera le fondement de la vision de l'oecumène durant presque 300 ans jusqu'à la carte de Marin de Tyr.

### ■ La géographie descriptive d'Eratosthène

Dans son traité de géographie Eratosthène donne la description des différentes régions : données physiques, ethnographiques, économiques. Pour l'Inde, par exemple, après avoir étudié les limites naturelles, il analyse le rôle essentiel des deux grands fleuves, l'Indus et le Gange pour la vie du pays ; il indique comment leurs inondations commandent la vie agricole, il dépeint la riche faune fluviale. Il décrit aussi les populations : les Ethiopiens à peau foncée, les Egyptiens à teint clair.

### ■ Conclusion sur Eratosthène

Eratosthène apparaît comme un véritable génie polyvalent en astronomie, géographie, cartographie.

- En astronomie, il lui revient le mérite d'avoir assigné à l'obliquité de l'écliptique la valeur  $23^{\circ}51'20''$ .
- Sa détermination de la longueur de la circonférence terrestre est la première relativement précise concernant la dimension de la Terre.
- Son canevas de méridiens et de parallèles, non équidistants, n'en constitue pas moins un progrès considérable par rapport aux cartes antérieures.
- Il accumula une énorme documentation, en corrigeant les informations antérieures.

## Timosthène (3<sup>e</sup> siècle avant J.C.)

Premier pilote ou amiral de Ptolémée Philadelphie, Timosthène est l'auteur d'un ouvrage "Sur les ports", en 10 livres, composés entre 270 et 240 avant J.C., sorte de routier avant la lettre, où étaient décrits tous les ports de la Méditerranée et de la Propontide (Mer de Marmara) et où étaient indiquées en stades les distances sur terre ou estimées en mer. L'ouvrage était accompagné d'une carte. L'ensemble fut très consulté par Eratosthène qui le couvre d'éloges. Quoique de précision assez faible, la carte, accompagnée de l'ouvrage, fut couramment utilisée par les marins grecs jusqu'à l'apparition de la carte de Marin de Tyr. Mais Timosthène est surtout célèbre par sa rose des vents, connue sous le nom de "rose grecque de Timosthène", à 12 directions espacées entre elles uniformément de  $30^{\circ}$ . ●

### Pour en savoir plus sur le sujet

Consultez l'ouvrage de M. Raymond D'Hollander "Sciences Géographiques dans l'Antiquité, Connaissance du Monde et Conception de l'Univers" en vente au prix de 49 € + 6,10 € de frais d'envoi à :  
 l'AFT 2, avenue Pasteur  
 94165 SAINT-MANDE CEDEX  
 Tel : 01 43 98 84 80  
 Fax : 01 43 74 72 80  
 E mail : info@aftopo.org