

# SCIENCES GÉOGRAPHIQUES, CONNAISSANCE DU MONDE ET CONCEPTION DE L'UNIVERS DANS L'ANTIQUITÉ

Par Raymond d'Hollander, ingénieur général géographe

## CHAPITRE 6. PYTHÉAS ET L'EXTENSION DE L'ŒCUMÈNE (SUITE)

Né à Massalia (Marseille) **Pythéas** (fl 320-300 ou 380-360 avant J.C.) a peut être été l'élève d'**Eudoxe**. Il est présenté par la plupart des auteurs anciens comme un homme pauvre, grand explorateur et bon astronome. Si **Alexandre le Grand** avait étendu l'œcumène en longitude, il revient à Pythéas de l'avoir étendu en latitude.

Malheureusement son œuvre a été perdue et beaucoup de problèmes se posent à son sujet.

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

On doit d'abord à Pythéas une détermination de la latitude de Massalia, effectuée lors de la culmination du Soleil au solstice d'été en utilisant le gnomon. D'après **Strabon**, qui rapporte **Hipparque**, Pythéas aurait obtenu entre les longueurs de l'ombre (retrait  $r$ ) et du style  $g$  du gnomon le rapport (fig. 6.1) :

$$\tan z_s = \frac{r}{g} = \frac{42 - 1/5}{120} = \frac{41,8}{120}$$

$$z_s = 19^\circ 12' 18''$$

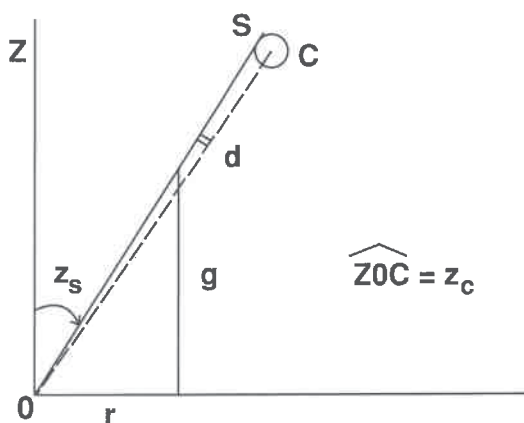


Fig. 6.1

Cette distance zénithale correspond au bord supérieur du Soleil. Si on corrige de la réfraction on obtient :  $z'_s = 19^\circ 12' 40''$ .

La distance zénithale correspondant au centre du Soleil est (fig. 6.1) :

$$z_c = z_s + d$$

où  $d$  est le demi-diamètre apparent du Soleil égal à 16' environ, d'où  $z_c = 19^\circ 28' 40''$  et en corrigeant de la parallaxe du Soleil, qui n'est que de 3'', on obtient :

$$z'_c = 19^\circ 28' 37''$$

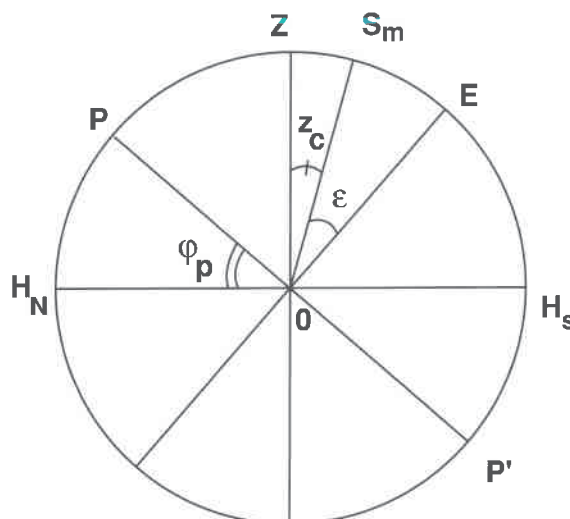


Fig. 6.2

Si on appelle  $\varepsilon$  l'obliquité de l'écliptique, le centre du Soleil atteint au solstice d'été sa déclinaison maximale :  $\delta_m = \varepsilon$  ; au temps de Pythéas  $\varepsilon$  valait :  $\varepsilon = 23^\circ 44' 7''$ .

Comme la latitude d'un lieu est l'angle qui fait la verticale du lieu OZ avec la direction de l'équateur OE, on a pour la culmination  $S_m$  du Soleil au solstice d'été à Marseille :

$$EOZ = \phi_p = \varepsilon + z_c = 23^\circ 44' 7'' + 19^\circ 28' 37''$$

$$\phi_p = 43^\circ 12' 44'' \approx 43^\circ 13'$$

La valeur de la latitude du vieux port de Marseille, donnée par la cartographie IGN, est :

$$\phi_M = 43^\circ 17' 44'' \approx 43^\circ 18'$$

Il est vraisemblable en effet que Pythéas a déterminé la latitude du port de sa ville natale, qui correspond au vieux port actuel.

L'écart entre la latitude  $\varphi_p$  déterminée par Pythéas et la latitude moderne est donc d'environ 5'.

Hipparque, qui rapporte Pythéas, a donné pour la latitude de Marseille 30 300 stades. La division de la circonférence terrestre en degrés n'était pas encore en usage au temps de Pythéas et Hipparque lui-même, qui introduisit l'usage des degrés en astronomie, continuait à évaluer les latitudes en stades (700 stades au degré).

Or c'est cette valeur de 30 300 stades convertie en degrés :

$$\varphi'_p = \frac{30\,300}{700} = 43^\circ,2857 = 43^\circ 17' 9''$$

que l'on a comparée à celle de la mesure effective en 1636 par Gassendi, soit  $43^\circ 17' 50''$  et voici ce qu'écrit **Vivien de St Martin** (Bibl 2) à propos de la détermination de Pythéas : «une pareille précision est unique dans les fastes de l'ancienne géographie astronomique, elle ne fait pas un médiocre honneur à l'observateur massilien».

C'est par une heureuse compensation d'erreurs concernant : la non prise en compte du demi-diamètre apparent du Soleil, la valeur de l'obliquité de l'écliptique, l'arrondissement à un nombre rond de centaines de stades, que la latitude ainsi obtenue ne diffère de celle de Gassendi que de 41".

En réalité l'observation au gnomon de Pythéas donne -toutes corrections faites- une latitude pour Marseille qui présente un écart de 5' avec la latitude moderne, ce qui est un résultat fort honorable, compte tenu de la méthode utilisée.

## 6.2 Détermination du pôle céleste par Pythéas

Pythéas a su déterminer la position du pôle céleste boréal, à partir des étoiles, qui à son époque en étaient les plus proches. Nous avons déjà vu en 2.1, à propos de Thalès, que par suite de la précession des équinoxes le pôle céleste se déplace parmi les constellations et qu'au cours des temps l'étoile  $\alpha$  de la Petite Ourse n'a pas été comme actuellement «l'étoile polaire», c'est-à-dire la plus proche du pôle.

D'après Strabon la détermination du pôle faite par Pythéas était plus précise que celle de son prédécesseur Eudoxe de Cnide.

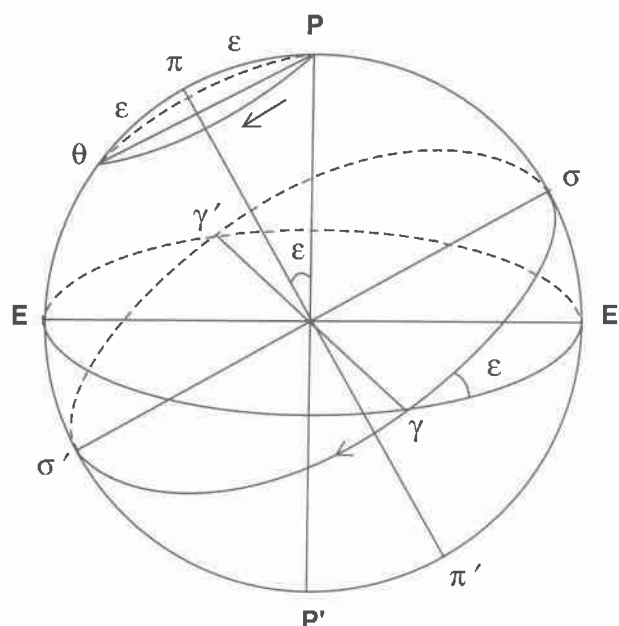


Fig. 6.3

Le mouvement de précession des équinoxes consiste en une rotation de l'axe des pôles terrestres PP' autour de l'axe des pôles de l'écliptique  $\pi\pi'$  en 26 000 ans environ ; elle s'effectue dans le sens de la flèche de la fig. 6.3, elle entraîne la rotation de l'équateur céleste E'E et par conséquent celle du point  $\gamma$  qui rétrograde chaque année de  $50'',2$ .

Dans ces conditions le pôle céleste P décrit sur la sphère céleste un cercle de latitude écliptique :  $\beta = 90^\circ - \varepsilon$ , dont la valeur actuelle est  $\beta = 90^\circ - 23^\circ 26' = 66^\circ 34'$ , cercle que nous avons représenté partiellement sur la fig. 6.4 et où nous avons marqué la position du pôle céleste

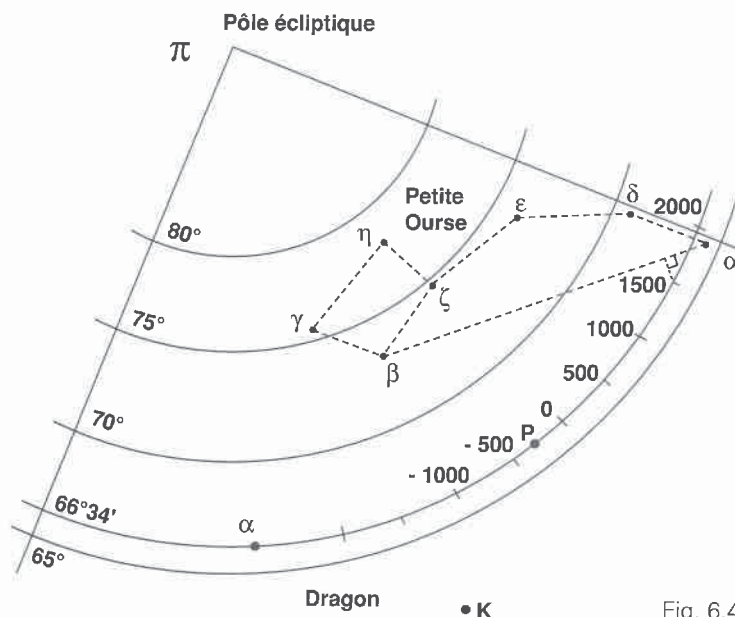


Fig. 6.4

# SLOM-ESSILOR, la mesure s'impose.

## Les satellites au service des topographes.

GPS : le système de positionnement universel le plus performant du marché.



Le GPS ASHTECH est précis au millimètre près, rapide en observation (quelques minutes), même sur plusieurs kilomètres. Il permet de nombreuses applications : topographie, cartographie, géodésie, cadastre, contrôle d'ouvrages d'art, etc...

D'un poids total de 3,8 kg, il possède 12 "super canaux" parallèles, sur fréquence 1.1. Sa capacité de stockage est de 1 Mo, dans une RAM interne.

Formation, assistance, mise à jour des logiciels d'accompagnement, avec le GPS, tous les services SLOM vous sont proposés.

SLOM, c'est la garantie d'une expérience de plus d'un siècle en matériel de topographie et géodésie.

Département topographie d'ESSILOR, un des grands noms de l'optique, SLOM est votre partenaire privilégié.

Niveaux, théodolites, tachéomètres, lasers, systèmes de positionnement G.P.S., accessoires, notre gamme est à la pointe de l'innovation. Service après-vente, réparation, location, location-assistance, vous trouvez écoute et conseil dans chacune de nos dix antennes régionales.



Station totale électronique

**CTS-1**



Théodolite de précision

**ETL-1**



Niveau électronique

**SNELB**



Laser rotatif

**050 H**



Système de positionnement

**GPS**



Niveau d'ingénieur

**SNA 24**

Instruments de topographie et géodésie SLOM  
1, rue Thomas Edison - 94028 Créteil Cedex.



Téléphone : (1) 48 98 70 10  
Télécopie : (1) 48 98 70 13



boréal tous les 500 ans à partir de -1000 (1000 ans avant J.C.). Vers 350 avant J.C., à l'époque de Pythéas, le pôle était au point P et les étoiles les plus proches du pôle étaient  $\alpha$  et  $\beta$  du Dragon et  $\gamma$  de la Petite Ourse. Ces trois étoiles formaient avec le pôle un quadrilatère dont la diagonale : pôle, étoile  $\alpha$  du Dragon constituait un axe de symétrie. Cette configuration (fig. 6.5) est confirmée par Hipparque, qui indique que dans la région polaire de la sphère céleste il y avait une zone vide d'étoiles.

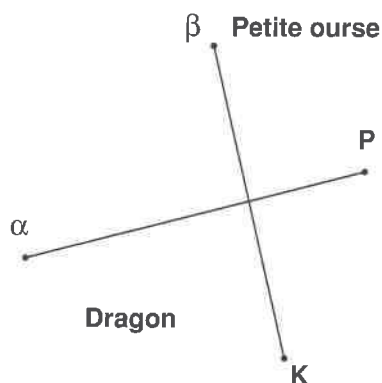


Fig. 6.5

Vers 1500, à l'époque des grandes découvertes, les étoiles  $\alpha$  et  $\beta$  de la Petite Ourse formaient dans le ciel une ligne invisible qui durant la nuit jouait le rôle d'une horloge nocturne, la rotation complète de  $\alpha\beta$  autour du pôle s'effectuant en 24 heures de temps sidéral, soit 23 h 56 mn de temps solaire : l'étoile  $\alpha$ , à  $3^{\circ},5$  du pôle, décrivait le «cercle de la polaire» de la figure 6.6.

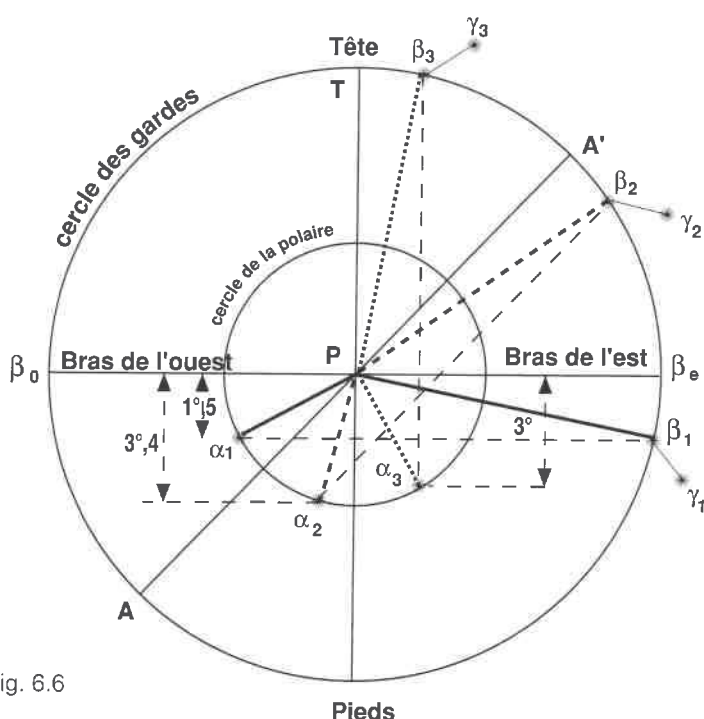


Fig. 6.6

Quant à l'étoile  $\beta$  que l'on associait à l'étoile  $\gamma$  de la Petite Ourse, elle décrivait «le cercle des gardes», car on désignait les étoiles  $\beta$  et  $\gamma$  par les gardes.

D'après la direction de  $\alpha\beta$  dans le ciel on pouvait connaître la correction au  $1/2^{\circ}$  près qu'il fallait apporter à la hauteur de la polaire  $\alpha$  pour obtenir la hauteur du pôle, c'est-à-dire la latitude.

Les marins portugais utilisaient des règles empiriques faisant intervenir un homme imaginaire ayant sa tête en T, ses pieds au point diamétralement opposé par rapport au pôle et étendant ses bras horizontalement : le bras droit selon  $P\beta_0$  : bras de l'ouest, le bras gauche selon  $P\beta_E$  : bras de l'est.

Dans la position  $\alpha_1\beta_1$  où la direction  $\alpha\beta$  était parallèle au bras de l'Est la correction à apporter à la hauteur de l'étoile polaire pour avoir la hauteur du pôle était de  $+1^{\circ},5$  ; dans la position  $\alpha_2\beta_2$  où la direction  $\alpha\beta$  était parallèle à AA', direction à  $45^{\circ}$ , dite «ligne du bras de l'Est» la polaire se trouvait un peu avant son passage inférieur et la correction était exactement de  $+3^{\circ},4$ , assimilé à  $3^{\circ},5$  ; dans la position  $\alpha_3\beta_3$ , où  $\alpha\beta$  a la direction de la Tête, la correction était de  $+3^{\circ}$ , etc... La différence d'ascension droite entre les étoiles  $\alpha$  et  $\beta$  était de  $140^{\circ}$ .

On peut penser que Pythéas avait mis en évidence une règle analogue ; en observant la direction  $\beta$  Petite Ourse -  $\gamma$  du Dragon, il devait connaître la correction qu'il fallait apporter à la hauteur d'une de ces étoiles pour obtenir la hauteur du pôle, donc la latitude.

Il avait pu de cette manière déterminer la latitude  $\varphi$  de Marseille, sans se servir du Soleil, méthode où il faut connaître l'obliquité de l'écliptique.

Revenons à la relation :  $\varphi = \varepsilon + z$ , où  $z$  est la distance zénithale méridienne du Soleil mesurée au solstice d'été. Nous en déduisons :

$$\varepsilon = \varphi - z$$

Pythéas avait ainsi déterminé l'obliquité de l'écliptique, dont il avait besoin pour les déterminations des latitudes dans son voyage en mer du Nord et en mer Baltique ; cette détermination devait être plus précise que celle d'Eudoxe, qui avait admis  $\varepsilon = 24^{\circ}$ .

### 6.3 Le voyage d'exploration de Pythéas

Pythéas, nous l'avons vu, avait peut être suivi l'enseignement d'Eudoxe de Cnide. Il avait une réputation bien assise de bon astronome, de sorte que 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, ce métal étant particulièrement important puisqu'il intervenait dans la fabrication du bronze. Or le commerce de l'étain et de l'ambre était le monopole des Carthaginois. Ceux-ci verrouillaient les Colonnes d'Hercule (détroit de Gibraltar), sauf au moment où ils avaient eu à se défendre contre les Syracusains, qui avaient déjà débarqué sur leur sol. Ceci se passait entre 310 et 306 avant Jésus-Christ et ce serait dans cette période que, selon certains auteurs, Pythéas aurait effectué son voyage par mer franchissant les Colonnes d'Hercule à l'aller et au retour. Pour d'autres historiens l'activité de Pythéas se situerait bien plus tôt, entre 380 et 360 avant Jésus-Christ.

On admet généralement que Pythéas a fait tout son itinéraire sur un navire marseillais, mais certains historiens prenant en considération le verrouillage des Colonnes d'Hercule par les Carthaginois, ont émis l'hypothèse que Pythéas aurait traversé la Celtique (la Gaule) par terre ferme, soit à l'aller et au retour, soit au retour seulement, le reste du trajet maritime aurait été effectué avec un vaisseau d'emprunt.

Faute de sources sûres, les historiens s'en sont donnés à cœur joie d'émettre les hypothèses les plus diverses, concernant le trajet suivi par Pythéas et la durée de celui-ci, qui varie, selon les uns et les autres, de 4 mois à 6 ans !

En effet les deux ouvrages : «Sur l'Océan» et la «Description de la Terre», écrits par Pythéas ont malheureusement été perdus ; certains auteurs pensent que ces deux ouvrages n'en faisaient qu'un, auquel on aurait donné des titres différents. Nous ne connaissons donc l'expédition de Pythéas que par ses commentateurs, dont les uns sont admiratifs : Dicéarque, Timée de Tauroménium (Sicile), Erastosthène, Hipparque ; mais Pythéas eut aussi ses détracteurs, tels Polybe et Strabon, qui mirent en doute certaines parties de son voyage et le traitèrent de menteur.

### 6.3.1 Le trajet de Pythéas de Marseille à Thulé

#### Latitude de Thulé (carte n° 6.7)

Nous conserverons l'hypothèse la plus commune, celle d'un trajet entièrement maritime.

Pythéas quitte Marseille, longe le littoral méditerranéen de Celtique et d'Ibérie, franchit le détroit des Colonnes d'Hercule, passe devant Gadès (Cadix) où il repère l'étoile Canope culminant à peine au dessus de l'horizon, comme à Cnide ; il en déduit que Gadès et Cnide ont à peu près la même latitude. Il observe aussi

l'ampleur des marées dans le détroit de Gibraltar et selon Plutarque le fait que les marées de vive eau correspondent à la nouvelle lune, celles de morte-eau à la pleine Lune, ce qui est inexact. Aussi beaucoup d'historiens sont-ils admiratifs devant le génie de Pythéas, qui deux mille ans environ avant Newton constate le lien entre les marées et les phases de la Lune. Pour d'autres auteurs la phrase de Plutarque constitue plutôt une charge contre Pythéas, puisque les marées de morte-eau se produisent lorsque le Soleil et la Lune sont en quadrature et non à la pleine Lune. Enfin d'autres historiens encore admettent que Plutarque aurait mal rapporté les observations de Pythéas.

Celui-ci, après Gadès, franchit le cap sacré, remonte le long du littoral ibérique jusqu'au cap Ortégal (N.E. de la Corogne). A partir de là les historiens ont reconstitué deux trajets notablement différents.

#### Première version

D'après **G.E. Broche** (Bibl 4) Pythéas navigue en ligne droite du cap Ortégal vers le cap Kalbion, qui est vraisemblablement le cap Gabaïon de Ptolémée (cap St Mathieu ou Pointe du Raz) ; il note le caractère de puissante avancée de la Celtique vers l'ouest, mais il exagère la poussée de l'Armorique. Selon G.E. Broche, poussé par de forts vents d'ouest, il n'a pas su estimer sa lente dérivation vers l'Est, puisqu'il place le cap Kalbion à peu près sur le méridien du cap Sacré, alors qu'il est en retrait par rapport à celui-ci de plus de 4° vers l'Est.

Après trois jours de navigation, sans que Strabon précise à partir d'où, Pythéas atteint l'île d'Uxisama que l'on a de bonnes raisons d'identifier avec Ouessant. Broche admet que les trois jours de navigations ont été effectués à partir du cap Ortégal.

#### Deuxième version

On reproche à la version précédente le fait qu'il était pratiquement impossible de faire le trajet Cap Ortégal-Ouessant en trois jours. Aussi certains historiens, dont **Paul Fabre**, (bibl 8) considèrent que Pythéas a rejoint Ouessant après trois jours de navigation à partir de Corbilo, port de la Basse-Loire, où Strabon indique que Pythéas s'est arrêté, mais sans préciser si c'est à l'aller ou au retour de son voyage ; dans cette version on suppose que Pythéas a longé les côtes du golfe de Gascogne et de la Celtique. Les deux versions de l'itinéraire sont matérialisées sur la carte n° 6.7 ci-après.

Tout le monde est d'accord pour indiquer que Pythéas appelle Ostimiens ou Ostimniens les habitants de l'Armorique et qu'après

Uxisama il navigue vers la (Grande) Bretagne\*.

Pythéas reconnaît les Iles Cassitérides, îles à étain, actuellement Iles Sorlingue et il atteint au bout d'un jour de navigation le cap Béleiron, le Lands-End britannique, région des fameuses mines d'étain. On a un résumé des observations de Pythéas sur le travail d'extraction du métal, de son lavage et de sa purification. Il décrit aussi les opérations commerciales ; l'étain fondu en forme d'osselets ou de dés est transporté dans une île britannique : Ictis ou Vectis, que l'on assimile, soit à l'île de Wight, soit à l'île de Thanet. Des marchands viennent en prendre livraison et transportent les ballots d'étain sur la côte de la Celtique, d'où en trente jours, à dos de cheval, ils parviennent à Marseille.

Ensuite Pythéas se dirige vers le cap Kantion (cap Dungeness), proche de la côte celtique ; il estime le détroit à 100 stades de large, soit à 16 km environ, alors qu'il en a le double. Le cap Kantion doublé, Pythéas se dirige vers le Nord-Est, puis vers le Nord en longeant le littoral oriental de la (Grande) Bretagne. Il atteint le cap Orcas, dans les parages duquel Pline assure que Pythéas a vu des vagues de 80 coudees de haut (35 m environ). On a interprété cette remarque comme s'appliquant aux marées, qui à cet endroit n'ont pas d'ampleur extraordinaire. Pythéas aurait plutôt assisté à une violente tempête.

A partir du Nord de la (Grande) Bretagne le trajet suivi par Pythéas demeure mystérieux. Tout ce qu'on sait c'est qu'il a atteint **Thulé** et voici les principales sources de renseignements à ce sujet.

- D'après **Strabon** Thulé est au Nord de la (Grande) Bretagne, à six jours de route de celle-ci, à proximité de la mer cronienne (mer gelée) ; Pline confirme le même éloignement.

- **Solin** qui semblait disposer de la relation de **Timée**, indique que Thulé est à sept jours de route du nord de la (Grande) Bretagne et à 5 jours et 5 nuits de route de Nérigos ou (Nérigon) que l'on a identifié soit avec l'île de Mainland dans les Shetlands actuels, soit avec un point de la côte norvégienne.

- D'après Strabon toujours, la dernière contrée au Nord de la Bretagne était Thulé et pour ce pays le tropique d'été se confondait avec le cercle polaire, ce qui est confirmé par Cléomède, l'appellation cercle polaire doit être prise dans son sens moderne, car Strabon est postérieur à **Posidonius**, qui a limité les zones

terrestres selon des critères purement astronomiques.

- D'après Solin encore « *Thulé est la plus reculée et où au solstice d'été le Soleil traversant le signe du Cancer, il n'y a plus de nuit, de même au solstice d'hiver pas de jour* ». Ainsi donc Pythéas qui connaissait la valeur de l'obliquité de l'écliptique :  $\varepsilon \approx 24^\circ$ , pouvait en déduire la déclinaison du Soleil au solstice d'été :  $\delta_m = \varepsilon \approx 24^\circ$  et la latitude de Thulé située sur le cercle boréal arctique à  $90^\circ - 24^\circ = 66^\circ$ .

- **Geminus**, auteur du premier siècle avant notre ère, rapporte d'après Pythéas : « *les Barbares nous montraient les points où le Soleil se couchait, car dans ces lieux il se trouvait que les nuits étaient très courtes, pour les uns de deux heures, pour les autres de trois heures, de telle sorte que le Soleil à peine couché reparaissait presque aussitôt* ». Il s'agit évidemment des durées de la nuit aux environs du solstice d'été ; or une durée de nuit de 2 heures correspond à une durée de jour solsticial de  $M = 22$  h, soit  $H = 11$  h  $11 \times 15 = 165^\circ$ . Considérons la relation :

$$\cos H = -\tan \delta_m \cdot \tan \varphi$$

Faisons  $\gamma \quad H = 165^\circ$  et  $\delta_m = \varepsilon = 23^\circ,75$ , valeur à l'époque de Pythéas. On trouve :

$$\tan \varphi_1 = -\frac{\cos H}{\tan \varepsilon} = 2,1952, \text{ d'où } \varphi_1 = 65^\circ,509$$

Une durée de nuit de 3 heures correspond à une durée de jour solsticial  $M = 21$  h, soit  $H = 10$  h,5  $10,5 \times 11 = 157^\circ,5$ , qui donne de la même manière :

$$\varphi_2 = 64^\circ,533$$

En prenant la moyenne de  $\varphi_1$  et de  $\varphi_2$  on trouve une latitude d'environ  $65^\circ$ .

- **Eratosthène**, d'après Strabon a tracé par Thulé un parallèle qu'il situe à 11 500 stades (chiffre contesté par Strabon) de l'embouchure du Borysthène, lui-même situé à 3 700 stades au nord de Marseille, dont nous prendrons la latitude égale à  $43^\circ 18'$  (voir n° 6.1), de sorte qu'en admettant toujours 700 stades au degré, la latitude de Thulé est :

$$\varphi_T = 43^\circ 18' + \frac{11\,500 + 3\,700}{700} = 43^\circ 18' + 21^\circ 43' = 65^\circ 01'$$

- Pline, d'après **Isidore de Charax**, indique que la « distance » de Thulé aux bouches de Tanaïs (Don) est égale à l'équivalent de 10 000 stades et que les bouches de Tanaïs sont à l'équivalent de 2 000 stades de l'embouchure du Palus Météotide (Mer d'Azov), dans le Pont Euxin (Mer Noire), ce qui correspond au Panticapaeum de Ptolémée, que celui-ci situe à

\* Dans l'Antiquité « Bretagne » désigne la Grande Bretagne actuelle.

# DU NOUVEAU CHEZ GEOTRONICS

Geotronics devient  
distributeur exclusif  
pour la France  
des récepteurs  
GPS TRIMBLE  
pour la topographie.

Nouvelle génération  
de récepteurs GPS miniaturisés  
4000 SE TRIMBLE



## et toujours une gamme complète de stations totales pour la topographie



NUMÉRIQUE

ALPHANUMÉRIQUE

MOTORISÉ



ONE MAN SYSTEM



Si vous désirez des renseignements, téléphonez ou retournez-nous  
ce coupon.

Nom \_\_\_\_\_

Société \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Tél. \_\_\_\_\_

souhaite une documentation sur :

- ☐ GPS
- ☐ Station totale
- ☐ Station motorisée
- ☐ Une démonstration

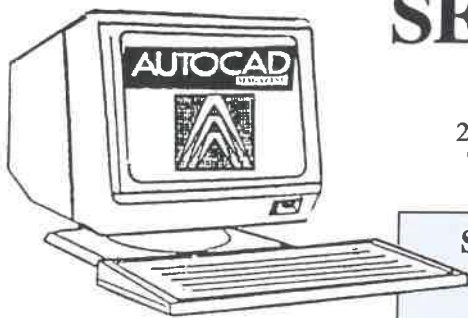


Parc d'activité Les portes de la forêt  
Allée du Clos des Charmes  
77090 COLLÉGIEN

Téléphone : (1) 60.05.13.14

Télex : 693 099 Géodata

Télécopie : (1) 60.17.40.56



# SETAM Informatique

Systèmes clés en main sur P.C. et réseau NOVELL  
**Au service du géomètre depuis 1973**  
 2, rue du Square Jean.Gibert - 78114 Magny-les-Hameaux  
 Tél : 16 (1) 30 52 40 49 - Fax : 16 (1) 30 52 11 25

**SPECIALISTE AUTOCAD** Autocad Authorized  
 Dealers

Conseils - Formation - Assistance

**\* 101 Références. Géomètres dans toute la FRANCE**

## TOPOLISP<sup>r</sup>

**Un des plus efficaces logiciels développé par SETAM sous AUTOCAD et appliqué à la profession du géomètre.**

Puissantes commandes de constructions géométriques, faciles à utiliser et permettant d'effectuer tout type de plans : plan d'intérieur, plan topographique, plan de division, profils en long et en travers T.N., lotissements, implantations, courbes de niveau, etc...

Développement spécifique en AUTOLISP : Hébergés ; Gaz de France ; S.N.C.F.

Interfacé avec la plupart des logiciels topo. (Fichiers points-code) **Interface MOSS.**

## POLYACAD

Génération de 60% à 80% d'un plan sur un poste secondaire pour AUTOCAD.

## GEOSET

\* Transfert de carnets électroniques - \* Calculs topo - \* Report imprimantes - tables traçantes - \* Digitalisation - \* Interpolation et Dessin des courbes de niveau - \* M.T.N.(DXF pour Autocad) - \* Cubatures - \* Ouvrages - \* Profils.

**31EME CONGRES NATIONAL DE L'ORDRE DES GEOMETRES EXPERTS**

**STRASBOURG 25 ET 27 MAI 1992**



**"TIMS R11" (Total Information Management Systems)**

GESTION TOTALE DES BASES DE DONNEES GRAPHIQUES ET ALPHANUMERIQUES

UNE PERCEE REALISTE ET ECONOMIQUE - APPRENTISSAGE ET UTILISATION FACILE

**TOTALEMENT INTEGRE A LA VERSION 11 D'AUTOCAD**

**AUTOCAD : La Sécurité d' un Standard Mondial en continuelle évolution + TOPOLISP : Les Applicatifs pour le géomètre + une FORMATION en topo sur site + une EXPERIENCE de 25 ans dans l'environnement du géomètre = Le Confort de votre cabinet.**

12.Demande de renseignements sans engagement de ma part : à l'attention de M. FORLANI Pierre.

Nom : ..... Tél : .....

Adresse : ..... Fax : .....



carte 6.7. Itinéraire de Pythéas.

Légende

- Itinéraire de Pythéas selon G.E. Broche (Thulé = Islande).
- Itinéraire de Pythéas selon P. Fabre (Thulé = Féroë).
- Parties d'itinéraires communs Broche-Fabre.
- ..... Autres itinéraires imaginés (Thulé en Norvège).
- Différentes localisations de Thulé.

Pour la lisibilité de la carte seul le trajet aller de Pythéas a été figuré. Dans toutes les hypothèses l'itinéraire retour longe les côtes du Jutland, des Pays-Bas, de Belgique, de France, d'Espagne.

47°55' de latitude. Cela donne pour Thulé la latitude :

$$\varphi_T = 47^\circ 55' + \frac{10\,000 + 2\,000}{700} = 47^\circ 55' + 17^\circ 8' = 65^\circ 03',$$

qui est fort proche du résultant précédent :

$$\varphi_T = 65^\circ 01'$$

Ainsi donc beaucoup de textes anciens donnent pour Thulé une latitude élevée de l'ordre de 65° (voir carte 6.7). Vivien de St Martin (Bibl 2) situe le parallèle de Thulé à 46 400 stades, soit une latitude de 66°,29'.

Mais Strabon et d'autres géographes grecs (Polybe notamment) considèrent que Pythéas est un menteur et ils situent Thulé près du Nord de la (Grande) Bretagne, lui assignant une latitude de 61°.

**Marin de Tyr**, puis **Ptolémée** ont donné pour latitude de Thulé la valeur de 63°, qui correspond au 21e et dernier climat de Ptolémée, celui de 20h. On peut penser que Marin de Tyr et Ptolémée, en adoptant 63° pour la latitude de Thulé ont pris la moyenne entre les deux valeurs de 61° et de 65°.

Après ces données de localisation, examinons les éléments descriptifs concernant Thulé. D'après Strabon le pays ne produisait pas de fruits nobles et avait peu d'animaux ; les habitants s'y nourrissaient de millet, légumes, baies sauvages et racines. Là où il y avait des céréales et du miel, on en faisait une boisson (hydromel). On buttait le mil sous des granges à cause des pluies.

D'après Solin, Thulé est abondant et riche en fruits tardifs. Les habitants y vivent au début du printemps parmi leurs troupeaux et se nourrissent d'herbes, puis plus tard de lait ; pour l'hiver ils cueillent les fruits. Ils usent des femmes en commun, ne connaissant pas le mariage.

On constate des différences entre les deux relations, de sorte que certains historiens ont douté de ce qu'elles eussent comme source commune la narration de Pythéas.

A partir des données de localisation et de description, trois hypothèses principales ont été émises concernant la position géographique de Thulé :

- a) Thulé serait une des îles de l'archipel des Féroë,
- b) Thulé serait l'Islande,
- c) Thulé serait sur la côte norvégienne.

Examinons successivement les trois hypothèses.

a) les partisans d'une île Féroë, dont **Paul Fabre** (Bibl 8), et détracteurs de l'hypothèse Islande ont les arguments suivants : Pythéas a indiqué que Thulé était habitée et l'Islande ne l'a pas été avant le 8e siècle. Pythéas a entendu parler de miel, donc d'abeilles, qui ne vivent pas à une telle latitude. En outre il n'est pas possible de faire le trajet du nord de la (Grande) Bretagne à Thulé en sept jours. Enfin si Pythéas avait touché l'Islande, il n'aurait pas manqué d'être frappé par les phénomènes volcaniques de l'île.

b) Les partisans de l'Islande font valoir que cette île pouvait être atteinte à partir du Nord de la (Grande) Bretagne en 6 ou 7 jours de navigation. La distance étant de 830 km environ cela représenterait une allure journalière (jours de 24 h) : soit de 138, soit de 118 km, alors que les îles Féroë pouvaient être atteintes en un temps moitié.

L'Islande se trouve située entre le parallèle de latitude de 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. De plus les durées du jour solsticial indiquées par les habitants : 21h à 22h correspondent respectivement aux latitudes que nous avons calculées plus haut 64°,533 et 65°,509 et qui conviennent très bien pour l'Islande.

c) 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 très vraisemblablement par de forts vents d'ouest il aurait atteint la côte norvégienne à une latitude à peu près égale à celle des îles Féroë. Les éléments descriptifs de Strabon et de Solin s'accordent également pour une des îles Féroë (hypothèse a) et pour un point de la côte norvégienne, situé à peu près à la même latitude.

Mais si on prend en considération les éléments astronomiques, plaçant Thulé à 65 ou 66° de latitude, il faudrait situer l'île sur la côte norvégienne à cette latitude.

Selon Polybe, Pythéas aurait atteint la «mer cironienne» ou mer glacée depuis Thulé en un jour de navigation, ce qui semble confirmer la latitude élevée de Thulé.

Enfin ni Strabon, ni Eratosthène n'ont précisé que Thulé était une île, et Pythéas ne l'a vraisemblablement pas écrit. Si elle avait été une île, Pythéas en aurait fait le tour. Ce n'est que par la suite qu'on a considéré Thulé comme une île, parce que dans l'esprit des anciens grecs, il ne pouvait en être autrement pour l'extrémité du monde, par suite de la croyance en un grand océan circulaire entourant l'œcumène.

### 6.3.2 Suite du voyage de Pythéas

#### en mer du nord

Ici encore deux versions très différentes s'affrontent.

#### Première version

D'après **G.E. Broche** (Bibl 4), depuis Thulé, supposé en Islande, Pythéas reprend la route du Sud-Sud-Est pour s'engager dans le canal du Nord entre l'Ecosse et l'Irlande, traverse la mer d'Irlande, le canal St Georges. D'après Vivien de St Martin (Bibl 2), ce serait dans la ramification du canal St Georges, appelée maintenant «canal de Bristol» (estuaire de la Severn), que Pythéas aurait poursuivi ses observations concernant les marées et qu'il aurait pris conscience de leur ampleur. Parti de Thulé aux premiers jours d'avril, il arrive au cap Belerion mi-juillet après avoir fermé sa boucle et fait le tour complet de la (Grande) Bretagne. Il traverse à nouveau la Manche et le Pas de Calais, longe ensuite les côtes hollandaises et allemandes pour aller à la recherche de l'ambre.

#### Deuxième version

La première version a fait faire à Pythéas le tour de la Grande Bretagne, ce qui lui a permis aussi de donner une estimation de ses dimensions (voir paragraphe C ci-dessous).

Mais plusieurs historiens estiment que Pythéas a pu par des calculs géométriques déduire la longueur de la côte occidentale de la (Grande) Bretagne à partir de ses observations de la côte méridionale et de la côte orientale, aucun texte antique ne faisant état du passage de Pythéas entre la (Grande) Bretagne et l'Irlande. Dans cette deuxième version Pythéas serait revenu directement de Thulé (une des îles Féroë) en longeant le littoral norvégien.

Les deux versions ci-dessus ont été représentées sur la carte n° 6.7.

### 6.3.3 Estimation des dimensions

#### de la (Grande) Bretagne

Selon **G.E. Broche** (Bibl 4), Pythéas aurait donné les dimensions de la (Grande) Bretagne à vol d'oiseau, qu'a rapportées César. Les voici transformées en kilomètres :

	Côté Sud	Côté Est	Côté Ouest	Périmètre
Valeurs de César	740 km	1 180 km	1 035 km	2 955 km
Valeurs réelles	550 km	900 km	1 000 km	2 450 km

**Diodore** indique que Pythéas a donné les estimations suivantes, en tenant compte des

innombrables indentations des côtes britanniques:

	Côté Sud	Côté Est	Côté Ouest	Périmètre
Valeurs de Pythéas	1 181 km	2 362 km	3 140 km	6 693 km
Valeurs réelles	800 km	2 000 km	2 200 km	5 000 km

L'exagération des dimensions qu'aurait données Pythéas varie de 3,5 % à 33 % pour les valeurs des côtés à vol d'oiseau et de 18 % à 47 % pour les développements des côtes, mais on conçoit la difficulté d'estimer celles-ci à vue.

Pythéas avait reconnu la forme en triangle de la (Grande) Bretagne et il avait mis pied à terre partout où elle était accessible, parcourant le pays et décrivant la vie rudimentaire de ses populations.

### 6.3.4 Pythéas à la recherche de l'ambre

Ici aussi les reconstitutions du voyage divergent :

- a) selon certains historiens Pythéas n'aurait pas quitté la Mer du Nord,
- b) selon d'autres il aurait poursuivi au delà de la Mer du Nord et pénétré en Baltique.

Donnons la parole à Pline :

*«Les Guttons, peuple de la Germanie, occupent les bords d'un golfe de l'océan appelé Mentonomon, dont l'étendue est de 6 000 stades ; à une journée de navigation de ce golfe est l'île Abalus (que Timée nomme Basilia), où l'electrum (ambre), excrétion des flots, est au printemps jeté par la mer. Les habitants du littoral s'en servent pour combustible en guise de bois et les vendent aux Guttons leurs voisins.»*

On peut assimiler les Guttons aux Teutons.

a) Pour les premiers historiens Pythéas aurait dépassé l'embouchure de l'Elbe, accosté au Holstein, d'où il aurait rejoint l'île d'Helgoland, île centrale par rapport aux deux chapelets de la Frise : celui de la Frise néerlandaise, celui des îles frisonnes, du Nord, le long du Holstein. L'île d'Helgoland serait donc Abalus-Basilia et le Mentonomon la mer du Nord. D'autres historiens situent Albalus-Basilia dans une des îles frisonnes du nord. Mais l'étendue de 6 000 stades soit 952 km cadrent mal avec le golfe où se jette l'Elbe, dont les dimensions sont plus modestes.

b) Les autres historiens assimilent le Mentonomon à la Baltique, dont les dimensions concordent assez bien avec l'estimation de 6 000 stades de Pythéas.

D'après **P. Fabre** (Bibl 8) c'est en se rendant

en mer Baltique, dans le détroit du Kattegat que Pythéas aurait vu le fameux «poumon marin», qui a donné lieu à plusieurs sortes d'interprétation :

- mouvement régulier de la mer évoquant la respiration d'un animal,
- énorme amas de plancton gênant la progression du navire,
- aurore boréale pouvant donner l'impression des filaments de la méduse,
- brume épaisse sur des bancs de sable ou de vase, où l'on distingue mal la terre de la mer.

Pythéas affirme avoir vu ce poumon marin, alors qu'il avoue rapporter d'autres renseignements sur la foi d'autrui.

Mais les historiens qui font pénétrer Pythéas en Baltique sont en désaccord en ce qui concerne l'île de l'ambre : Abalus (ou Basilia).

Pour les uns, dont P. Fabre (Bibl 8) ce serait l'île de Bornholm, située à l'entrée de la Baltique. Pour G.E. Broche (Bibl 4) Abalus serait le Samland, située à l'Est de Gdansk (Dantzig) entre Pillau et Brusterort ; ce n'est plus une île actuellement, mais c'en était une au temps de Pythéas ; en 1860 sur la trentaine de km de rivage en question, on recueillait plus d'ambre que sur toutes les côtes de la mer du Nord et de la Baltique réunies.

Mais il y a généralement accord des auteurs pour assimiler le Tanaïs de Pythéas à la Dvina ou Duna dont le radical se rapproche de Don et de Tan de Tanaïs. La tradition grecque reliait le Tanaïs (Don) débouchant dans le golfe de Riga avec le Tanaïs se jettant dans le Palus Météotide (mer d'Azov), ce fleuve ayant donc deux embouchures. On conçoit l'intérêt pour les Anciens grecs de s'assurer de la continuité fluviale présumée. En outre pour Pythéas le Tanaïs constituait la limite entre l'Europe et l'Asie.

Broche et Fabre admettent donc que Pythéas a reconnu l'embouchure du Tanaïs dans le golfe de Riga ; après avoir interrogé les habitants, il aurait pris conscience que la voie fluviale n'était pas continue et qu'il fallait de longs portages. Il aurait alors renoncé à effectuer une expédition sur le fleuve : la légende du Grand Tanaïs permettant la jonction par eau entre la Baltique et le Palus météotide avait vécu.

Broche (Bibl 4) suppose ensuite que Pythéas est allé dans le golfe de Finlande, qu'il croyait relié à la Caspienne par des lacs et le fleuve Rha (la Volga actuelle) ; en effet selon un faux rapport de généraux d'Alexandre, on croyait que la Caspienne s'ouvrait sur l'océan septentrional, alors qu'Hérodote avait fermé la Caspienne.

Par contre Fabre (Bibl 8) fait remonter à Pythéas une partie du Guttalus (ou Niemen) qui

avec l'actuel Dniepr aurait pu constituer aussi une voie d'eau vers le Pont Euxin.

Dans chacun des deux cas les renseignements obtenus révélaient l'absence de continuité.

L'exploration en Baltique constituait une sorte d'échec pour Pythéas.

### 6.3.5 Le retour de Pythéas

Pour le retour, Pythéas aurait repris la même route en Baltique, puis il aurait contourné le Jutland, longé les côtes germaniques, des Pays Bas, de Celtique, s'arrêtant à Corbilon dans l'hypothèse de Broche. Il aurait poursuivi l'itinéraire de l'aller selon Fabre pour revenir à Marseille.

C'est en longeant les côtes de la Celtique que Pythéas, aux environs du solstice d'été, aurait fait l'observation suivante rapportée par Hipparque. Strabon écrit : «*Or Hipparque soutient que vers le Borysthène et la Celtique tout au long des nuits d'été le ciel est éclairé latéralement par les lueurs du Soleil, qui décrit un cercle du couchant au levant et qu'au solstice d'hiver le Soleil ne s'élève qu'à une hauteur de 9 coudées.*»

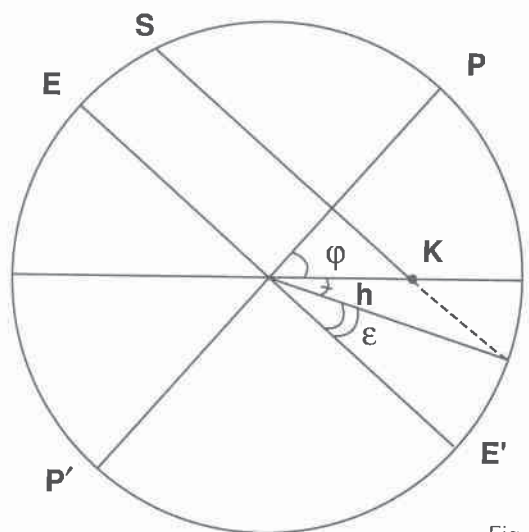


Fig. 6.8

Nous verrons ci-après qu'à une hauteur de Soleil de 9 coudées à midi au solstice d'hiver correspond une latitude de 49°.

Au solstice d'été la déclinaison du Soleil atteint son maximum  $\delta_m$  égal à l'obliquité de l'écliptique. Le Soleil décrit alors sous l'horizon du couchant au levant la portion de cercle KI, représentée en tirets dans le plan debout de la figure 6.8 ; S représente le passage supérieur du Soleil au méridien, I le passage inférieur. Les Anciens Grecs admettaient que la lueur crépusculaire était encore visible pour une hauteur  $h$  du Soleil au dessous de l'horizon égale à  $7/12$

d'un signe du zodiaque soit à :

$$\frac{7}{12} \times 30 = 17,^{\circ}5.$$

d'où  $h = 17,^{\circ}5$

Cherchons à quelle latitude  $\varphi$  le Soleil atteint, au solstice d'été, cette hauteur  $h$ . Il est clair sur la figure 6.8 que :

$$\varphi = 90^{\circ} - \varepsilon - h$$

En faisant  $\varepsilon = 24^{\circ}$  et  $h = 17,^{\circ}5$ , on trouve  $\varphi = 48,^{\circ}5$

par Ptolémée et parfois la position du cercle arctique, lorsqu'on ne ramenait pas celui-ci à l'horizon de Rhodes, mais à l'horizon du climat considéré.

Bien que ne dressant pas un tableau des climats de Pythéas, dans sa géographie, en II, 1.18 et II, 5.42, Strabon rapporte des données qu'il emprunte à Hipparque, qui lui-même les avait tirées de Pythéas. Ces données concernent les climats de 16h, 17h, 18h, 19h. Nous les avons rassemblées dans le tableau 6.9 ci-après.

Tableau 6.9 observations de Pythéas.  
Données brutes : colonnes 1,2,4.

1	2	3	4	5
M	hauteurs en nombres de coudées : n	$\Delta n$	nombre de stades à partir de Marseille : s	nombres de stades à partir de l'équateur : $s_E$
16h	9 au maximum	3	3 800	34 100
17h	6 tout au plus	2	6 300	36 600
18h	4	1	9 100	39 400
19h	moins de 3		12 500	42 800

A fortiori à la latitude de  $49^{\circ}$ , le phénomène décrit par Hipparque avait pu être bien visible par Pythéas, comme il l'est actuellement au Nord de Paris (latitude un peu inférieure à  $49^{\circ}$ ). A cette latitude on aperçoit la lueur du crépuscule, même à l'instant où le Soleil atteint le point le plus bas de sa trajectoire, donc aussi pour le reste de celle-ci. On constate une présence constante de lueur ne laissant pas place à une nuit véritable.

G.E. Broche (Bibl 4) a fait une estimation des durées de navigation de Pythéas, en journées strictement nécessaires aux déplacements, sans tenir compte des arrêts et séjours à terre pour lesquels on a très peu de renseignements. En comptant le détour qui longe la côte Ouest de la Grande Bretagne, contesté par certains historiens, le total s'élève à 185,5 jours de navigation.

### 6.3.6 Les observations astronomiques

#### de Pythéas

Les Anciens Grecs graduaient le globe terrestre en «climats» correspondant chacun à une durée bien déterminée M du jour solsticial d'été. Mais tout tableau de climats comportait en outre, en général, la hauteur du Soleil à sa culmination lors d'un solstice, la hauteur du pôle au dessus de l'horizon, c'est-à-dire la latitude, mot qui ne sera introduit que plus tard

Seule les colonnes 1, 2, 4, portent les données de Strabon.

Dans la première colonne M désigne la durée du jour solsticial d'été.

Dans la deuxième colonne n désigne la hauteur du Soleil, en nombre de coudées, lors de sa culmination au solstice d'hiver.

Dans la quatrième colonne s désigne le nombre de stades de latitude à partir de Marseille.

Colonne 3 nous avons porté les différences premières  $\Delta n$  entre deux valeurs n consécutives.

Colonne 5 nous avons porté la latitude en stades à partir de l'équateur :  $s_E$ , selon la relation  $s_E = s + 30\,300$  stades, 30 300 stades étant la latitude de Marseille déjà évoquée au paragraphe 6.1.

**Germaine Aujac** (Bibl 6), constatant que les différences premières  $\Delta n$  de n sont en progression arithmétique de raison 1, a émis l'hypothèse que les hauteurs n ci-dessus aient pu être déterminées par les Chaldéens et transmises à Pythéas par les Phéniciens de Gadès. Nous avons vu en effet, lors de l'étude de l'astronomie chaldéenne, la prédilection qu'avaient les Babyloniens pour les progressions arithmétiques ; nous verrons aussi ultérieurement

qu'Hipparque dressait de même ses tableaux de climats, en utilisant des progressions arithmétiques. Mais dans ce cas comment expliquer les nuances telles que 9 au maximum, 6 tout au plus, moins de 3 qui semblent bien résulter d'observations.

Pour voir clair dans les données du tableau 6.9, transformons les dans le même système d'unités : celui de latitudes exprimées en degrés, que nous porterons dans les colonnes 2,3,4 du tableau 6.12.

Colonne 2. Latitudes calculées d'après la durée du jour solsticial M. Désignons par H la demi durée du jour solsticial :  $H = M/2$

Pour  $M = 16h$   $H = 8h = 120^\circ$   
 $M = 17h$   $H = 8h,5 = 127^\circ,5$   
 $M = 18h$   $H = 9h = 135^\circ$   
 $M = 19h$   $H = 9h,5 = 142^\circ,5$

La relation qui lie H à la latitude et à la déclinaison  $\delta$  de l'astre est :

$$\cos H = -\tan \delta \times \tan \varphi$$

il suffit de faire  $\delta = \varepsilon$ , d'où

$$\tan \varphi = -\frac{\cos H}{\tan \varepsilon}$$

En faisant  $\varepsilon = 23^\circ,75$  et H successivement  $120^\circ$ ;  $127^\circ,5$ ;  $135^\circ$ ;  $142^\circ,5$  on obtient les latitudes  $\varphi_2$  de la colonne 2 du tableau 6.12

Colonne 3. Latitude  $\varphi_3$  calculées à partir des hauteurs du Soleil à sa culmination lors du solstice d'hiver, hauteurs exprimées en coudées astronomiques.

Si les observations de Pythéas avaient été au gnomon, celui-ci aurait donné le rapport du gnomon : r/g ou g/r. Comme les hauteurs du Soleil sont données en coudées, et faute de tout renseignement concernant l'instrument utilisé par Pythéas, il est assez logique d'admettre, comme le fait **La Guarda Trias** (Bibl 5), que Pythéas ait pu utiliser une sorte de prototype du dioptré d'Hipparque, appareil dont le principe était analogue à celui de l'arbalétrille ou bâton de Jacob, décrit en 1.2.1.4 à propos de l'astronomie chaldéenne. On faisait coulisser le «marteau» AB perpendiculaire à la tige OC, jusqu'à ce que (fig. 6.10) l'ombre portée du Soleil

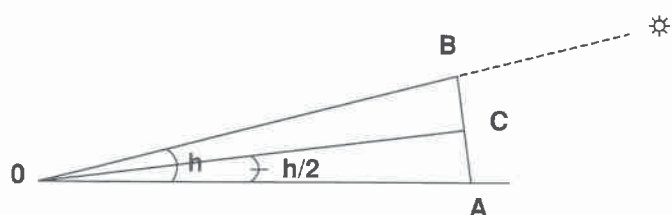


Fig. 6.10

par l'extrémité supérieur B vienne coïncider avec le centre O d'un petit écran placé à l'extrémité de l'instrument. Les observations étaient effectuées à terre et non en mer.

$$\text{Pour } \frac{OC}{AB} = 10, \text{ c'est-à-dire } \frac{OC}{AC} = 20$$

et pour OC égal à 4 coudées linéaires, La Guarda Trias admet que l'on convenait d'évaluer la hauteur de l'astre à 3 coudées astronomiques. Si on désigne par h la hauteur du Soleil observée en degrés, on a :

$$\tan \frac{h}{2} = \frac{AC}{OC} = \frac{1}{20}$$

d'où on tire  $h = 5^\circ,7248$ , correspondant à 3 coudées astronomiques, de sorte que la coudée astronomique valait :

$$C_a = \frac{5^\circ,7248}{3} = 1^\circ,90827$$

**Delambre** (Bibl 1) tire la valeur de la coudée astronomique d'un passage de Strabon, selon lequel  $17^\circ30'$  équivalent à 9 coudées astronomiques, ce qui donne pour valeur de la coudée :

$$C'_a = \frac{17^\circ,5}{9} = 1^\circ,9444$$

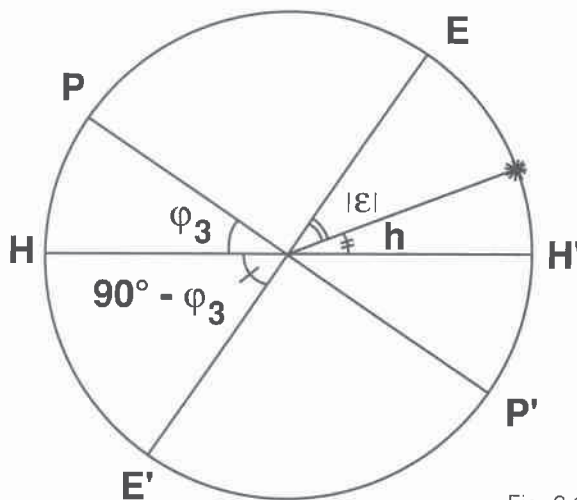


Fig. 6.11

En général, comme **Tannery**, on admet que la coudée astronomique vaut :  $C''_a = 2^\circ$ .

En admettant que pour des hauteurs faibles, la hauteur de l'astre varie proportionnellement au nombre n de coudées, on a :

$$h \approx n. C_a \approx n \times 1^\circ,90827.$$

Sur la fig 6.11 il est clair que :

$$90^\circ - \varphi_3 = h + |\varepsilon|,$$

où nous ferons  $\varepsilon = 23^\circ,45' = 23^\circ,75$ , valeur qu'avait l'obliquité de l'écliptique à l'époque

de Pythéas. On obtient :

$$\varphi_3 = 90^\circ - |\mathcal{E}| - h$$

En faisant successivement  $n = 9$ ,  $n = 6$ ,  $n = 4$ ,  $n = 3$  dans l'expression :  $h \approx n \times 1,90827$ , on obtient les valeurs de  $\varphi_3$  de la colonne 3 du tableau 6.12.

Colonne 4. Portons y les valeurs de  $\varphi_4$  d'après le nombre de stades à partir de Marseille. Il suffit de diviser les chiffres de la colonne 5 du tableau 6.9 par 700.

$$\varphi_4 = \frac{S_E}{700}$$

Colonne 5. Nous y avons porté les valeurs de  $\varphi_p$  d'après Ptolémée, extraite de sa géographie ou de l'Almageste.

Tableau 6.12

1	2	3	4	5
M	$\varphi_2$ d'après valeurs de M	$\varphi_3$ d'après valeurs de nombre n de coudées	$\varphi_4$ d'après le nombre de stades : s	$\varphi_p$ valeurs de Ptolémée
16h	48°,651	$\varphi_3 \leq 49^\circ,076$	48°,714	48°,533 (48°32')
17h	54°,141	$\varphi_3 \leq 54^\circ,800$	52°,286	54°,016 (54°1')
18h	58°,107	$\varphi_3 = 58^\circ,617$	56°,286	58°
19h	60°,986	$\varphi_3 \geq 60^\circ,525$	61°,143	61°

Bien entendu, à une valeur donnée par Pythéas par défaut pour n, correspond pour  $\varphi$  une valeur par excès et vice versa, d'après la relation :  $\varphi_3 = 90^\circ - |\mathcal{E}| - h$ .

Il y a une assez bonne cohérence entre les latitudes  $\varphi_2$  (col 2) et les latitudes  $\varphi_3$  (col 3), de sorte qu'on en déduit une bonne cohérence entre les hauteurs du Soleil en coudées, dont sont issues les latitudes  $\varphi_3$  et les durées du jour solsticial d'été M, dont sont issues les latitudes  $\varphi_2$ . Il est vraisemblable que si Pythéas a mesuré les hauteurs du Soleil au solstice d'hiver, il en déduisait la durée du jour solsticial d'hiver m, dont il tirait la durée du jour solsticial d'été :  $M = 24h - m$ .

Nous plaçant toujours dans l'hypothèse d'observations de la hauteur du Soleil aux environs du solstice d'hiver, les observations relatives au climat de 16h et 17h ont été faites comme l'indique Strabon en Celtique et en (Grande) Bretagne.

La troisième série d'observations, concernant le climat de 18h, ont pu être effectuées soit dans l'extrémité Nord de la (Grande) Bretagne, soit dans une des îles Sud des Orcades. Strabon est muet à propos du lieu où ces observations ont été faites.

Quant à la 4e série d'observations elles auraient été faites d'après Strabon à Thulé. Or d'après la latitude du 4e climat de 19h ces observations n'auraient pu être faites qu'aux îles Shetlands, où certains situent Nerigos, ou bien sur la côte norvégienne à la même latitude que les Shetlands. Peut être Pythéas a-t-il interpolé les données relatives au climat de 19h à partir d'observations faites plus au nord, à Thulé ?

Pythéas pouvait faire ses observations «solsticiales» durant plusieurs jours, encadrant le jour proprement dit du solstice d'hiver. Il devait savoir que durant ces jours la variation de déclinaison du Soleil est très faible ; actuellement on a :

$\delta = -23^\circ,17'$  le 16 Décembre

$\delta = -23^\circ,27'$  le 23 Décembre

$\delta = -23^\circ,17'$  le 29 Décembre

la variation n'est que de 10' en 7 ou 6 jours ; elle était du même ordre au temps de Pythéas. Ainsi pouvait-il à des latitudes différentes déterminer chaque fois la hauteur du Soleil, en considérant qu'il s'agissait d'observations faites au solstice proprement dit. En peu de jours il pouvait parcourir les 3 ou 4° de différence de latitude séparant deux climats, de sorte qu'en deux hivers, par exemple durant l'un à l'aller, durant l'autre au retour, il pouvait observer les quatre hauteurs méridiennes du Soleil aux environs du solstice d'hiver.

Par contre à l'exception de la latitude du climat de 16h, les latitudes  $\varphi_4$  du tableau 6.12, déduites du nombre de stades à partir de Marseille, présentent par rapport aux autres latitudes  $\varphi_2$  et  $\varphi_3$  des divergences sensibles dépassant à deux reprises 2°. Pour obtenir ces latitudes  $\varphi_4$ , on peut supposer que Pythéas avait repéré sur sa dioptrie la hauteur  $h_M$  du pôle au dessus de l'horizon de Marseille et qu'il a ensuite effectué des mesures différentielles de la hauteur du pôle pour les différents climats ; ses mesures effectuées en coudées étaient transformées en stades à partir de Marseille.

Dans cette hypothèse il faut se rendre compte des difficultés rencontrées par Pythéas :

- le pôle était situé à 7 ou 8° des étoiles les plus proches,

- la hauteur du pôle augmentant au fur et à mesure qu'il montait en latitude, la transformation des nombres de coudées en stades devient de plus en plus imprécise, faute de trigonométrie. Dans ces conditions on peut expliquer les divergences sensibles entre les valeurs de  $\varphi_4$  d'une part, celles de  $\varphi_2$  et de  $\varphi_3$  d'autre part.

Mais plusieurs historiens ont émis l'hypothèse que Strabon aurait mal rapporté les observations de Pythéas. Nous verrons en effet que, pour Hipparque, Strabon a commis une faute grossière de 2° environ pour deux climats ; or on a justement plus de 2° d'écart pour les climats de 17h et 18h entre les valeurs de  $\varphi_4$  et celle de  $\varphi_3$ .

Faut-il interpréter les résultats en coudées de la colonne 2 du tableau 6.9 comme provenant d'une progression arithmétique, empruntée à d'autres sources et plus spécialement aux Chaldéens ?

On remarque que les indications : telles que 9 au maximum, dont on tire :  $\varphi_3 \leq 49^{\circ}076$ , telle que 6 tout au plus, dont on tire  $\varphi_3 \leq 54^{\circ}800$ , telle que moins de 3, dont résulte  $\varphi_3 \geq 60^{\circ}525$  vont dans le bon sens et diminuent l'écart avec les valeurs  $\varphi_2$  résultant de M.

Compte tenu de l'instrument assez primitif qu'utilisait Pythéas, celui-ci ne pouvait qu'arrondir les résultats de ses observations à un nombre entier de coudées, en faisant les restrictions rappelées ci-dessus. Le fait que ces quantités n soient en progression arithmétique de 2e ordre (quantités  $\Delta n$  en progression arithmétique de raison 1) ne pourrait être que fortuit.

### 6.3.7 Critique des résultats de Pythéas

Les résultats de Pythéas ont été critiqués à tort par Strabon ; pour celui-ci la limite Nord de la Celtique allait à peu près d'Est en Ouest de l'île d'Ouessant aux Bouches du Rhin, se développant à la latitude à peu près uniforme de 3 800 stades à partir de Marseille, ce qui fait environ 49° de latitude. Or Pythéas assurait avoir vu des Celtes à 6 300 stades de Marseille, ce qui donne environ 52°, qui est la latitude des Bouches du Rhin, considérées à l'époque comme étant à la limite septentrionale de la Celtique ; Pythéas avait donc vu juste.

Continuant son erreur, Strabon fixe à 6 300 stades de Marseille, soit environ 52° de latitude, l'extrémité Nord de l'archipel britannique. Hipparque, se fiant à Pythéas, place cette limite septentrionale à 9 100 stades de Marseille, soit

à environ 56° de latitude Nord, ce qui est beaucoup plus proche de la vérité que le résultat de Strabon. Strabon fait aussi pivoter la (Grande) Bretagne d'un angle sensible vers l'Est, la couchant littéralement sur l'Europe. **Eratosthène** commet la même erreur, qui sera reprise par Ptolémée. Eratosthène fera passer le méridien de Carthage à la fois par Thulé et l'extrémité Nord de la (Grande) Bretagne. Ptolémée disposera de façon analogue son méridien de 30°, compté à partir du méridien 0°, qui passe par les îles Fortunées (Canaries).

## 6.4 Conclusion sur Pythéas

Si on dispose de données assez précises sur la détermination de la latitude de Marseille par Pythéas, on n'a que très peu de renseignements sur les observations faites au cours de son expédition : quel était l'instrument utilisé pour viser le Soleil et les étoiles les plus proches du pôle ? Comment a-t-il déterminé les 4 climats : de 16h, 17h, 18h, 19h ?

Pourquoi n'a-t-il pas déterminé le climat de 20h qui passe à la latitude 63° que vraisemblablement il a dépassée ? Strabon répond à cette question. « *Les pays situés au delà (du climat de 17h) qui sont déjà tout proches de la zone inhabitée par suite du froid, ne présentent aucun intérêt pour le géographe. Si l'on désire les connaître ainsi que toutes les indications concernant les astres qu'a notées Hipparque (d'après Pythéas), mais que nous laissons délibérément de côté parce que ce sont des notions bien trop précises pour notre étude, qu'on s'en réfère à lui.* »

On voit ainsi les raisons pour lesquelles Strabon n'a pas rapporté les indications d'Hipparque-Pythéas au delà du climat de 19h.

Le fait qu'il ait terminé son expédition au fleuve Tanaïs d'une part, qu'il ait observé des habitants à la latitude de Thulé d'autre part, contribuèrent à faire passer Pythéas pour un menteur, notamment par Polybe et Strabon. Le dogme d'une zone froide inhabitable qui commençait à la latitude de 54° était solidement ancré dans la mentalité des Anciens Grecs. **Dicéarque**, qui le premier s'est référé à Pythéas, et qui en général admettait ses données, ne l'a pas cru pour certains passages de ses récits.

Ceux qui ont mis en doute les narrations de Pythéas se sont trompés. Le navigateur Massaliote a 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.

Si on admet que Thulé est situé aux îles

Feroë (latitude 62° environ) Pythéas aurait étendu l'œcumène de 8° en latitude ; si on place Thulé à 65° de latitude Nord (Islande) l'extension de l'œcumène dépasse 11°.

**Winston Churchill** considérait Pythéas comme le plus grand géographe grec ; selon **M. Cary** et **E. Warmington** (Bibl 3) le voyage de Pythéas « fut le plus fécond de tous ceux qui précédèrent ceux de l'époque du prince Henri du Portugal. »

Enfin les observations astronomiques de Pythéas firent pour la première fois de l'astronomie l'indispensable auxiliaire de la géographie et de la cartographie.

## 6.5 Autres explorations postérieures à Alexandre et à Pythéas

Les successeurs d'Alexandre qui se partagèrent son empire ont continué sa politique d'explorations en Europe, en Asie et en Afrique.

### 6.5.1 Reconnaissances et expéditions

#### ordonnées par Séleucus 1er

**Séleucus 1er**, ou Seleucus Nikator (le vainqueur), ancien général d'Alexandre, Satrape de Babylonie, de la dynastie des **Séleucides**, étendit sa domination de la Méditerranée à l'Inde et fit étendre la connaissance de l'œcumène vers le Nord et vers l'Est.

#### *A. Reconnaissance dans l'Inde par Mégasthène*

**Mégasthène** fut chargé par Séleucus 1er de missions diplomatiques en Inde entre 303 et 292 avant Jésus-Christ. Il traversa le Pendjab, longea les Monts Siwalik et pénétra dans la plaine du Gange. Dans son ouvrage « Indica », le premier, il révéla aux Grecs l'immense plaine de ce fleuve, dont il décrivit le régime ainsi que celui de ses 17 affluents. Il a énuméré 118 peuples indiens et fait une place particulière aux Prasiens, le peuple dirigeant, dont Palimbothra, dans la vallée du Gange était la capitale. Il distingue 7 classes dans la société indienne, il expose les croyances brahmaniques, de sorte qu'il décrit aussi bien des particularités géographiques que les aspects d'une civilisation.

Il a ignoré le Dekkan, mais il entendit parler de l'île de Taprobana (actuel Ceylan devenu Sri Lanka), traversée par un fleuve et où on ne voit plus la Grande Ourse.

C'est de Mégasthène ou de la relation d'Onesicrite, qui a été perdue, que les cartographes grecs ont déduit les dimensions nette-

ment exagérées de Taprobana, qui seront reproduites sur les mappemondes de **Dicéarque**, d'**Eratosthène** et de **Ptolémée**.

Grâce à Mégasthène les connaissances géographiques des Grecs s'étendirent jusqu'au golfe du Bengale, à environ 20° de longitude à l'Est du bras oriental de l'Indus, là où Alexandre s'était arrêté.

#### *B. Explorations dans le Nord de l'Europe*

Séleucus 1er chargea un de ses officiers **Patrocle** d'explorer vers 285 les rives de la Caspienne et de reconnaître la possibilité de transporter des marchandises de l'Inde dans le Pont Euxin (Mer Noire) en utilisant au maximum les voies d'eau. Il semble que Patrocle se soit arrêté à l'Ouest dans la zone de Bakou et à l'Est à la Baie de Kara-Bougaz ; il laissa se perpétuer l'erreur selon laquelle la mer Caspienne était un golfe du grand océan septentrional, dans lequel il faisait se jeter l'Iaxarte (actuel Syr Daria - voir carte n°5.3).

Un autre officier de Séleucus franchit ce fleuve.

### 6.5.2 Expédition ordonnée par Antigone

**Antigone**, ancien officier d'Alexandre et Satrape d'Asie, fit reconnaître en 312 avant J-C une partie de l'Arabie, le pays des Nabatéens, bédouins nomades, dont la capitale était Petra (actuellement dans le Sud de la Jordanie) et qui était le carrefour de plusieurs pistes caravanières. (voir carte n°5.3)

### 6.5.3 Explorations ordonnées par les Ptolémée.

#### Connaissance de l'Afrique

De l'Empire d'Alexandre les Ptolémée avaient conservé l'Egypte. Alexandrie devint sous leur règne le premier port du monde ; **Ptolémée Philadelphe** établit une communication directe entre ce port et le golfe arabe (Mer Rouge) et fonda au fond du golfe de Suez la ville d'Arsinoë (Ar sur carte n°5.3). Des escales furent établies sur la côte égyptienne du golfe de Suez et du golfe arabe jusqu'à l'actuel détroit de Bab-el-Mandab ; cette côte fut décrite et mesurée. On recensa les ressources de l'intérieur, particulièrement en éléphants.

La côte orientale du golfe arabe (Mer Rouge) fut aussi explorée. Enfin des navigateurs anonymes poussèrent jusqu'à la « Corne du sud » (cap Guardafi).

Les **Ptolémée** firent aussi explorer la vallée du Nil en amont de Syène (Assouan), qu'on

avait reconnu être sous le tropique du Cancer. **Philon** reconnut Méroë et son «île», qui n'est autre que le triangle formé par le Nil et un de ses affluents ; il constata qu'à Méroë le Soleil passait au zénith quarante cinq jours plus tôt que le solstice d'été.

Les Ptolémée établirent des relations avec les populations de la côte orientale du golfe arabe, notamment avec les Sabéens du Yémen actuel. C'est par leur intermédiaire que l'Egypte recevait les aromates d'Arabie et les Produits de l'Inde. Toutefois la côte méridionale de l'Arabie ne fut pas explorée.

## 6.6 Les conséquences de l'extension de l'oecumène

L'itinéraire terrestre d'Alexandre le Grand, l'expédition maritime de Pythéas, celle de Néarque, les diverses explorations ordonnées par les successeurs d'Alexandre, donnèrent à l'ancien monde grec, pratiquement limité au pourtour de la Méditerranée, une dimension plus étendue, aussi bien vers le Nord, l'Est et le Sud et furent à l'origine d'une géographie nouvelle, pour laquelle on peut citer les noms de :

- **Théophraste**, qui s'est spécialisé dans ce que nous appelons aujourd'hui la phyto-géographie,
- **Héraclide**, auteur d'un «Itinéraire des villes grecques» et initiateur de ce que nous considérons aujourd'hui comme la géographie urbaine,
- **Strabon de Lampsaque**, que l'on peut considérer comme le fondateur de l'océanographie.

L'ampleur des découvertes, la documentation rassemblée, rendaient nécessaire la refonte de la carte d'Eudoxe. Les progrès de l'astronomie avec **Héraclide du Pont** et **Aristarque de Samos** (voir chap.7) allaient contribuer à l'essor de la géographie mathématique grecque, dont les représentants les plus marqués furent **Dicéarque** et surtout **Eratosthène**. Ainsi toutes ces connaissances géographiques nouvelles vont elles pouvoir se concrétiser sur des cartes établies plus rationnellement que par le passé. Alexandrie, ville fondée par Alexandre le Grand, va jouer un rôle important dans cette géographie mathématique et cette cartographie nouvelles.

C'est ce que nous étudierons dans le chapitre n° 8, le chapitre n° 7 étant consacré essentiellement à Aristarque de Samos.

---

## Bibliographie

1 Histoire de l'astronomie ancienne par **M. Delambre**. Paris 1817.

2 Histoire de la géographie et Atlas pour l'histoire de la géographie par **Vivien de St Martin**. Paris 1873.

3 Les explorateurs de l'antiquité par **Cary. Warington**, traduction **Delavaud**. Paris 1932.

4. Pythéas le massaliote par **Gaston E. Broche**. Paris 1935.

5. Las mas antiguas determinaciones de latitud en el Atlantico y el Indico par **A. Laguarda Trias**. Montevideo 1963.

6. La géographie dans le monde antique par **G. Aujac**. Paris 1975.

7. La géographie des Grecs par **P. Pédech**. Paris 1976.

8. Le voyage de Pythéas par **Paul Fabre**. Paris 1992.