

Le 15 janvier 2009,
découvrez le **nouveau site**
de **Pour la Science !**
www.pourlascience.fr

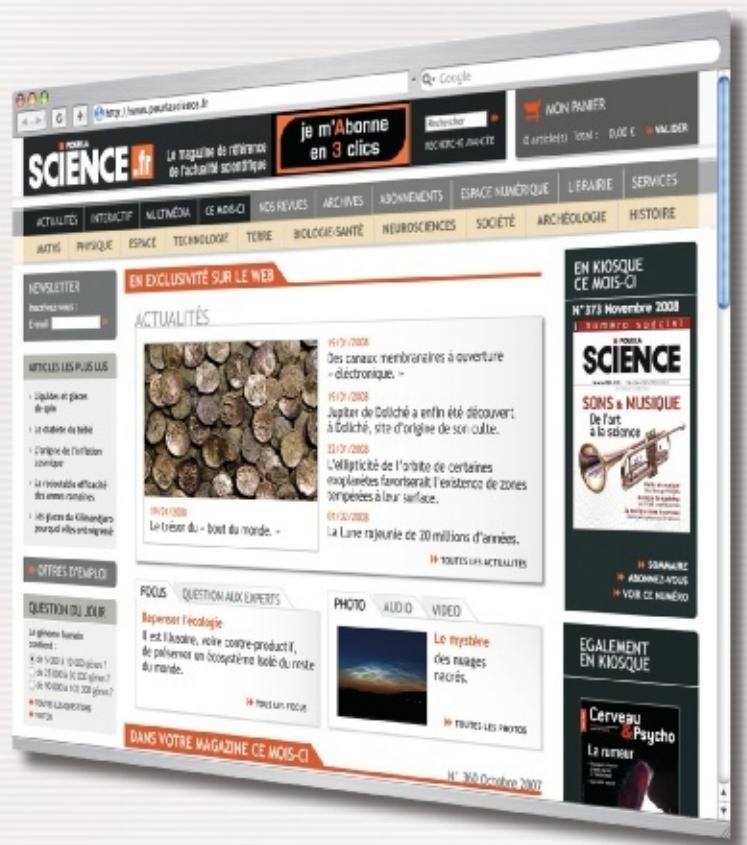
Avec son nouveau site Internet, Pour la Science vous offre plus de contenu, plus de services, plus d'interactivité.

➤ Vous êtes abonné à Pour la Science ?
Retrouvez l'intégralité de votre magazine en ligne et téléchargez les articles de votre choix. Réagissez aux articles et posez vos questions à des experts. Découvrez chaque jour des contenus inédits.

➤ Vous n'êtes pas encore abonné à Pour la Science ?
Découvrez chaque jour des actualités scientifiques, des articles originaux, des photos, des vidéos...
Achetez les articles de votre choix.

➤ Abonnez-vous en ligne en trois clics !
L'abonnement « papier » vous donne accès au magazine imprimé et à tous les contenus web.
L'abonnement « web » vous donne accès à votre magazine au format numérique.

➤ Et bientôt l'accès en intégralité aux archives !



En cadeau de bienvenue pour le lancement de **www.pourlascience.fr**,
et jusqu'au 25 janvier 2009, abonnez-vous en ligne au tarif exceptionnel
de 41 € pour l'abonnement web, et de 48 € pour l'abonnement
au magazine imprimé + web.

Pythéas, explorateur grec

YVON GEORGELIN • FRANÇOIS HERBAUX

Grand explorateur, Pythéas a atteint des contrées polaires, où il a observé qu'au solstice d'été, le Soleil ne se couche pas. Ses relevés astronomiques et ses mesures géographiques, des latitudes et des distances terrestres, par exemple, sont remarquablement précis.

Qualifié de Christophe Colomb des contrées nordiques par Winston Churchill, l'astronome explorateur grec Pythéas (IV^e siècle avant notre ère), contemporain d'Aristote et d'Alexandre le Grand, a conté une expédition extraordinaire. Les contes étranges dans des pays imaginaires sont fréquents dans la littérature grecque des siècles qui précèdent notre ère, et certains accueillent les récits de Pythéas avec méfiance. Comment le croire lorsqu'il affirme que, dans l'océan, la mer monte, puis se retire, et que ces marées sont liées à la position et aux phases de la Lune ? Surprenant pour qui n'a jamais quitté les rives de la Méditerranée !

Comment admettre que le Soleil ne se couche plus lorsqu'on atteint les hautes latitudes ? Comment imaginer que, dans ces régions de l'extrême Nord, la mer se transforme en masse gélatineuse où l'on ne peut ni marcher ni naviguer ? Comment croire que la mer Baltique est fermée, alors que l'on pensait que le monde habité était entouré d'eau de toutes parts, ce qui suppose la continuité de l'océan ? Comment croire, enfin, que des gens puissent vivre sous le cercle arctique, alors que la théorie géographique des climats et des latitudes affirmait que cela était impossible ?

Si Ératosthène (III^e siècle avant notre ère) comprend les « preuves » astronomiques rapportées par Pythéas, Polybe, et Strabon à sa suite (I^{er} siècle avant notre ère), historiens et géographes renommés, affirment de façon péremptoire que Pythéas a trompé son monde. Pour eux, c'est « le plus menteur des hommes ». À la Renaissance, quelques astronomes érudits retrouvent l'œuvre oubliée de Pythéas. Ils l'étudient, l'analysent et sont persuadés que son expédition lointaine a bien eu lieu.

Quelques auteurs récents, prenant des libertés avec les textes et puisant dans la richesse de leur érudition, voire de leur imagination, ont largement enjolivé l'aventure de Pythéas, allant jusqu'à tenter de combler les lacunes de l'histoire en

1. PARTI DE MARSEILLE, Pythéas a navigué sur l'océan Atlantique. Remontant vers le Nord, il a découvert l'Islande (la lointaine Thulé) et a atteint la banquise. Il a fait de nombreux relevés astronomiques grâce à un gnomon (l'obélisque, au centre).

Jean-Marie Gassend

prêtant à cet astronome des motivations économiques ou géopolitiques, telle la recherche de routes maritimes de commerce, voire de conquête militaire.

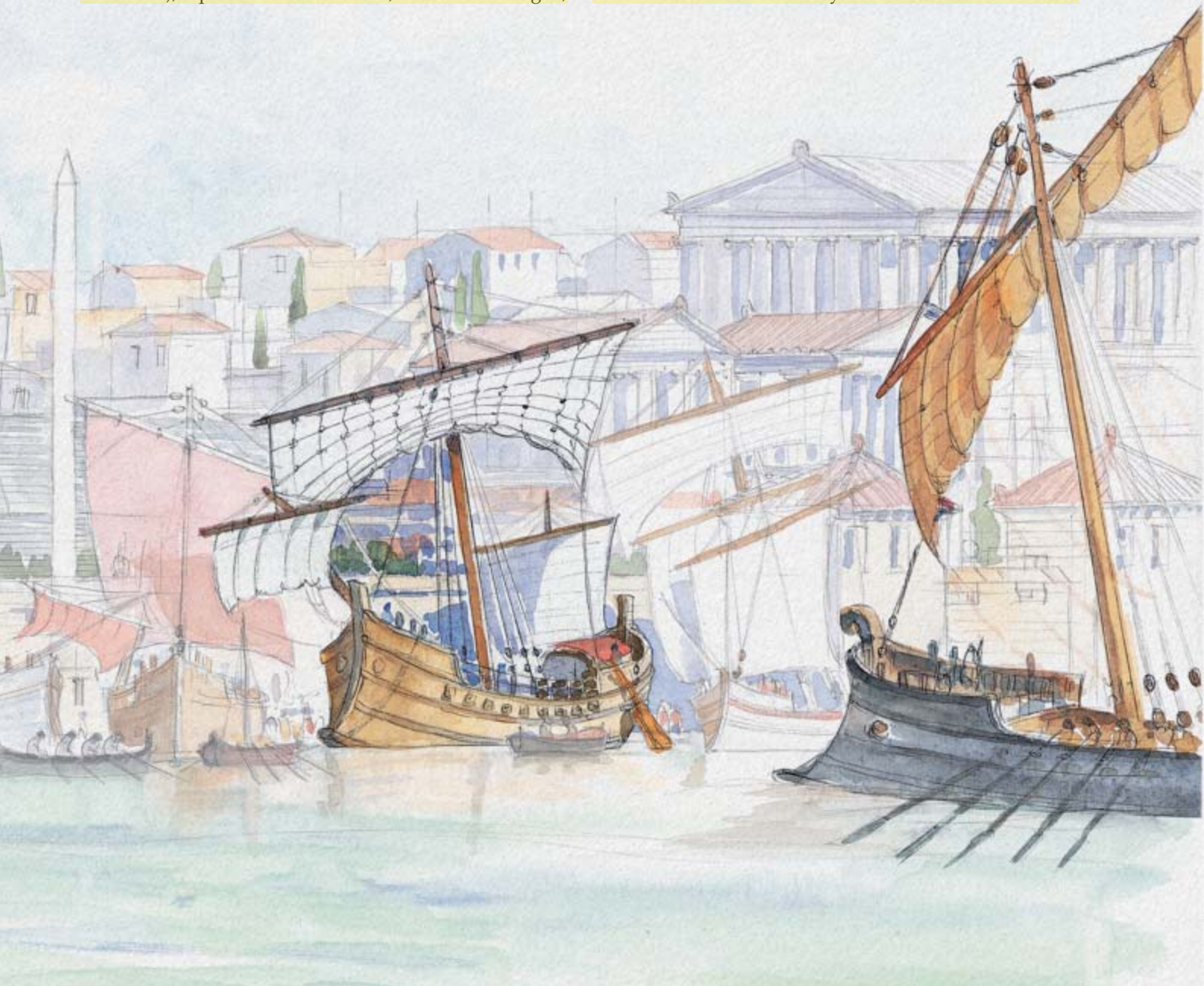
L'aventure arctique de ce Marseillais du IV^e siècle avant notre ère tient-elle de l'histoire ou de la légende? Relève-t-elle de la science ou du mythe? Aujourd'hui, on sait que ces routes étaient déjà fréquentées : on a montré que les bateaux massaliotes de cette époque étaient capables de naviguer au long cours ; les archéologues ont retrouvé des pièces de monnaie massaliotes de l'époque de Pythéas en Cornouailles, sur la route de l'étain, et des monnaies grecques près de la mer Baltique, sur la route de l'ambre.

Que sait-on réellement de Pythéas? Ses écrits traitent d'astronomie et de géographie. L'auteur y soulève des questions relatives à la position du pôle céleste, au phénomène des marées ou encore aux mesures des latitudes de l'Europe du Nord. En outre, quelques éléments permettent d'entrevoir les grandes lignes d'une expédition maritime. On y reconnaît le détroit de Gibraltar (les colonnes d'Hercule), la péninsule armoricaine, la Grande-Bretagne,

l'Islande (la mystérieuse Thulé, où le Soleil ne se couche pas) et la Baltique.

De l'ouvrage de Pythéas, *De l'Océan, Voyage autour de la Terre*, il ne nous est parvenu qu'une quarantaine de fragments et de mentions littéraires. Ces rares vestiges ne permettent nullement de reconstituer dans sa continuité l'itinéraire de son «mystérieux» voyage. L'expédition se composait-elle d'un seul ou de plusieurs navires? Y eut-il un seul ou plusieurs périples? Combien de saisons furent nécessaires? Où hiverna-t-il? Dans quel sens Pythéas navigua-t-il autour de cette grande île britannique, en triangle, dont il révèle le périmètre (40 000 stades) et la position en latitude? Les textes que nous possédons encore n'apportent aucune réponse.

Alors, que reste-t-il? Une modeste mission d'exploration, qui, peut-être, ne nécessitait qu'un équipage minimal et un bateau solide. Cela correspondrait assez bien à la prudence et à la modestie supposées de Pythéas, à son sens de la mesure. Cela aussi pourrait même répondre au doute de l'historien Polybe : «Il est invraisemblable



qu'un simple particulier, un homme sans ressources, ait parcouru de telles distances à la fois sur mer et sur terre.» Pythéas, comme les Massaliotes lettrés de son temps, devait parler le grec et le celtique. Pour l'aider dans sa navigation, il fit vraisemblablement appel à des marins autochtones sillonnant les mers sur des bateaux de commerce ou de pêche, embarqués au hasard des escales et l'emmenant toujours plus loin vers le Nord, vers le Soleil de minuit (voir la figure 2). Au contact des indigènes Pythéas approfondit la question des marées et recueillit de précieuses informations astronomiques : «Les Barbares lui montrèrent la couche du Soleil.»

La découverte des îles «Prettaniques» par Pythéas fait de lui l'un des grands explorateurs de l'histoire. Son expédition septentrionale jusqu'à l'île de Thulé est bien connue des peuples du Nord de l'Europe, mais pourquoi s'est-il aventuré dans les brumes arctiques? Sans doute pour y trouver la confirmation de ses connaissances astronomiques : tout au Nord, il existe une région où le Soleil ne se couche pas l'été et ne se lève pas l'hiver. Il devait le voir de ses propres yeux et le faire observer par ses marins, pour revenir en persuader ses concitoyens!

Nous considérons ce voyage comme la toute première expédition scientifique connue, une expédition de savant, comparable à celles de Bougainville ou de La Pérouse. Le frère aîné de Bougainville, résume ainsi les qualités du Massaliote : «Habile astronome, ingénieux physicien, géographe exact, hardi navigateur, ses voyages ont contribué à perfectionner la connaissance du globe terrestre.»

Il est vrai qu'avant d'être écrivain, voire navigateur, Pythéas a sa place au Panthéon de l'astronomie. D'ailleurs, les astronomes n'ont-ils pas donné son nom à un cratère lunaire? Dans leurs travaux, les plus brillants observateurs et calculateurs du ciel des temps anciens et modernes se sont appuyés sur les observations astronomiques de Pythéas, ainsi que sur ses mesures des latitudes et des caractéristiques de la Terre.

Puisque la Terre est ronde

Qu'un savant marseillais de cette époque soit ainsi unanimement reconnu par ses pairs ne doit guère étonner. La science grecque du IV^e siècle héritait d'un solide fonds de connaissances astronomiques. Depuis les pythagoriciens, au V^e siècle avant notre ère, tous les astronomes savent que la Terre est ronde. Lors d'une éclipse de Lune, les pythagoriciens

avaient observé que l'ombre de la Terre projetée sur la Lune forme un arc de cercle : que l'éclipse ait lieu au levant, au méridien ou au couchant, l'ombre dessine toujours le même arc de cercle. C'était bien la preuve que la Terre est une sphère et non un disque circulaire. Autre preuve : des voyageurs remontant au Nord de la mer Noire avaient vu des étoiles devenir circumpolaires et, descendant vers l'Égypte, d'autres avaient découvert une très belle étoile, Canopus, invisible d'Athènes.

À l'époque de Pythéas, les astronomes grecs savent même mesurer la dimension de la Terre par simple arpentage entre deux points dont on connaît les latitudes. Dans son ouvrage *De Caelo*, Aristote rapporte la première mesure de la circonférence terrestre : 400 000 stades (le stade olympique mesure quelque 185 mètres, soit environ 74 000 kilomètres), distance, certes, surévaluée de près de 85 pour cent, mais qui donne pourtant l'ordre de grandeur de la Terre.

Pythéas devait connaître ces résultats, et il calcule qu'à la latitude 66,5 degrés, au solstice d'été, le Soleil ne se couche pas. Sans doute, fut-il, lui aussi, tenté de mesurer la Terre : les latitudes mesurées à Marseille, dans les Îles britanniques et à Thulé, et les journées de mer parcourues vers le Nord depuis son départ le lui permettaient. Des éléments de cette mesure nous sont parvenus, mais pas le résultat final.

Une deuxième mesure de la Terre (300 000 stades) sera rapportée au III^e siècle avant notre ère par Archimède, dans l'*Arénaire*. Toutefois, nous ignorons si elle s'appuie sur les distances parcourues par Alexandre en Égypte, ou sur celles de Pythéas vers le Nord. Une troisième mesure (250 000 stades) nous vient d'Ératosthène. Elle se déduit de la distance entre Syène et Alexandrie. Cette mesure est passée à la postérité, notamment en raison de sa précision exceptionnelle (40 000 kilomètres), mais elle ne doit pas pour autant occulter les premières tentatives.

Plinie attribue la découverte de l'obliquité de l'écliptique à Anaximandre (VI^e siècle avant notre ère), successeur de Thalès à l'École d'Ionie. La Terre tourne autour du Soleil dans le plan de l'écliptique, matérialisé par les 12 constellations du zodiaque (de la Terre, on observe le Soleil, au cours de l'année, successivement dans ces 12 constellations). De surcroît, l'axe



Jean-Marie Gassend

2. LE SOLEIL DE MINUIT À THULÉ, au solstice d'été. Selon Pythéas : «Dans ces lieux, le Soleil s'étant couché, [...] Il se relevait aussitôt.»

de la Terre est incliné et le plan de son équateur n'est pas dans le plan de l'écliptique ; on nomme obliquité de l'écliptique l'angle de l'axe de la Terre et de la normale au plan de l'écliptique.

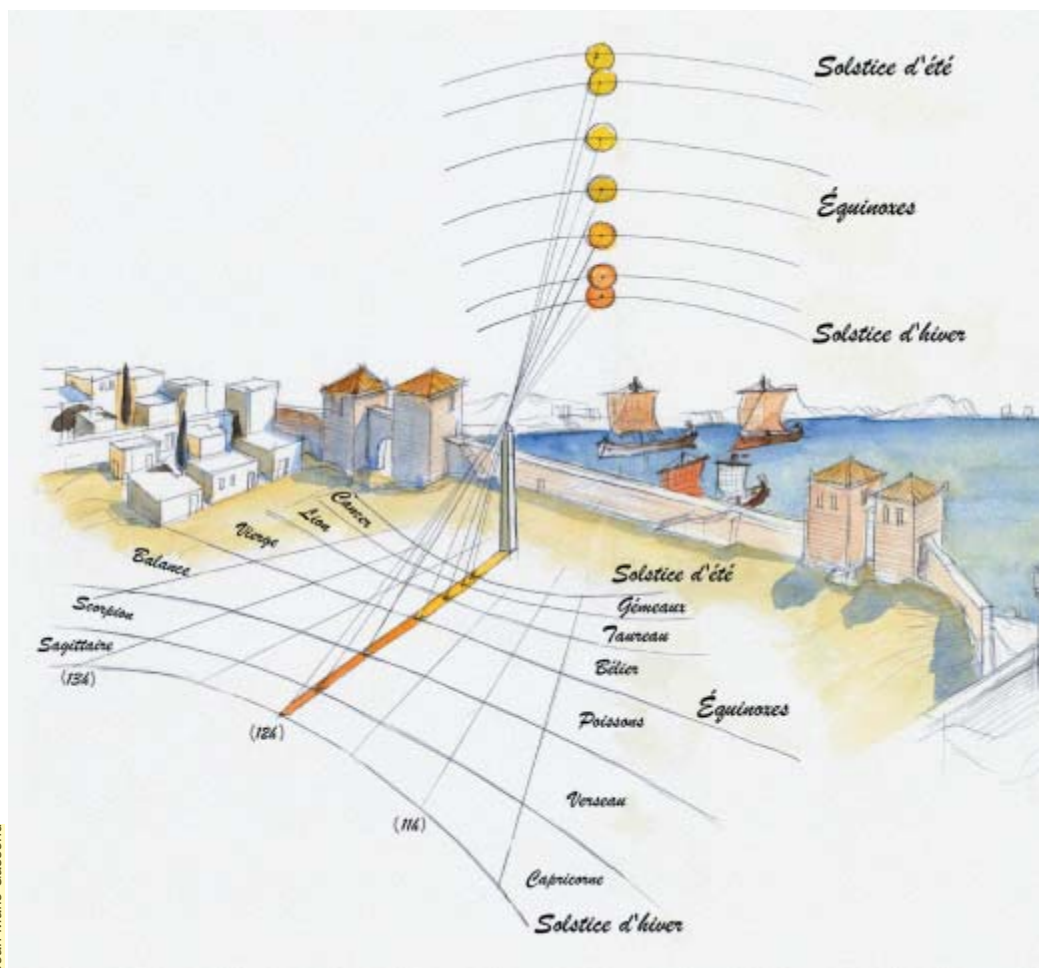
Peut-être les Chaldéens et les Égyptiens avaient-ils déjà repéré ces constellations, ces «maisons», où le Soleil vient successivement se loger au cours des 12 mois zodiacaux, observation délicate puisque Soleil et étoiles ne sont pas visibles simultanément. La description des 12 constellations du zodiaque situées sur l'écliptique reste encore imprécise, mais l'inclinaison générale, l'obliquité, de ce cercle écliptique par rapport à l'équateur est déjà connu des pythagoriciens : 1/15 de la circonférence (soit 24°). L'obliquité de l'écliptique est la différence de hauteur du Soleil au méridien entre le jour du solstice et celui de l'équinoxe. Une mesure plus précise, 11/166, (soit 23,8°), apparaîtra bientôt sous la plume d'Ératosthène. En 1817, l'astronome Delambre a montré que l'obliquité n'a pu être mesurée qu'avec un gnomon, et que Pythéas a sans doute été le premier à la mesurer.

Le gnomon, un ingénieux dispositif

Le gnomon était connu depuis Anaximandre, au VI^e siècle avant notre ère, et les Grecs, selon Hérodote (V^e siècle avant notre ère), en avaient appris l'usage des Babyloniens. Pythéas utilise un obélisque et, grâce à la longueur de son ombre, mesure la hauteur du Soleil, c'est-à-dire l'angle le Soleil au-dessus de l'horizon. Un quadrillage effectué sur un sol plan bien perpendiculaire au gnomon donnait immédiatement, heure, date et saison (voir la figure 3).

Les astronomes grecs connaissaient avec précision la durée de l'année : 365 jours 1/4. Hipparque précisa même plus tard $365 + 1/4 - 1/300$ (365,247). Chose extraordinaire et plus difficile encore, ils savaient même repérer, à l'aide d'un gnomon, le début des saisons : les dates des équinoxes de printemps et d'automne, lorsque la durée du jour est égale à celle de la nuit, ainsi que les dates des solstices, quand la trajectoire du Soleil reste la même d'un jour à l'autre.

L'astronome grec Euctémon (V^e siècle avant notre ère) avait découvert les durées inégales des quatre saisons (la plus longue était alors le printemps), et



3. UN OBSERVATOIRE DE L'ANTIQUITÉ : la pièce maîtresse, le gnomon, sert tout à la fois de cadran solaire, de calendrier des quatre saisons et de calendrier des 12 mois zodiacaux. L'obélisque, le gnomon lui-même, devait avoir une dizaine de mètres de hauteur. Selon la hauteur du Soleil à midi, l'ombre s'allonge sur la ligne méridienne. Chaque jour, l'extrémité de l'ombre décrit une courbe différente : la ligne centrale correspond aux jours d'équinoxes, les deux hyperboles extrêmes correspondent aux solstices et les hyperboles intermédiaires délimitent les 12 mois zodiacaux. On a indiqué les heures en nomenclature moderne, mais, en fait, le jour était divisé en 12 heures et la nuit en 12 heures également, de sorte que 11 heures correspondait à la cinquième heure et midi à la sixième heure.

Callipe (IV^e siècle avant notre ère) venait même de mesurer leur durée avec une précision meilleure qu'une journée. Comment Pythéas aurait-il pu effectuer des mesures aussi précises de la longueur de l'ombre aux solstices et aux équinoxes s'il n'avait su déterminer lui-même ces quatre dates critiques, préambule à ces mesures ?

La première étape de la construction de tout observatoire consiste à tracer la ligne méridienne (la direction Nord-Sud) ; il suffit de tracer la bissectrice de l'angle dessiné par les deux directions, pour lesquelles les longueurs de l'ombre du gnomon sont identiques, c'est-à-dire entre deux positions du Soleil à la même hauteur au-dessus de l'horizon, par exemple l'une au Sud-Est observée deux, trois ou quatre heures avant le passage au méridien et l'autre symétrique au Sud-Ouest, deux, trois ou quatre heures

après. Cette ligne méridienne donne chaque jour l'heure vraie de midi, l'heure du Soleil.

Comme les astronomes de tous les siècles, Pythéas devait observer le ciel tous les jours de l'année. Dès que le temps était propice, il pouvait repérer le déplacement de l'extrémité de l'ombre. Celle-ci est toujours minimale à midi, mais les courbes décrites sur le sol sont chaque jour différentes.

Au printemps et en été, l'ombre est plus courte, et les courbes sont concaves. La première de ces courbes, la plus proche du pied du gnomon, indique le jour du solstice d'été. Les jours d'équinoxe, l'extrémité de l'ombre décrit, en milieu de journée, une ligne droite sur le sol. Grâce à cette propriété, Pythéas pouvait déterminer ces deux dates particulières. En automne et en hiver, les lignes décrites au sol se courbent dans