

# 1

## La gloire de Thalès : la prédiction des éclipses

Le nom de Thalès de Milet est généralement associé à un théorème en mathématiques donnant lieu à de nombreux problèmes posés aux élèves de troisième à l'examen du brevet des collèges. En réalité, l'appellation « théorème de Thalès » n'est utilisée en France que depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Aussi, pour les historiens des sciences, Thalès n'est pas considéré comme un mathématicien mais comme le « tout premier philosophe de la nature », c'est-à-dire, physicien de l'Antiquité grecque. Originaire de Milet, aujourd'hui en Turquie, où il serait né vers 625 avant J.-C. et mort vers 547 avant J.-C., il est, semble-t-il, devenu célèbre en tant qu'astronome grâce à la prédiction de l'éclipse de Soleil du 28 mai 585 avant J.-C. Ce fait devrait normalement en étonner plus d'un et la première question qui devrait venir à l'esprit est :

“ Comment connaît-on cette date avec une telle précision ? ”

En effet, alors que l'on parvient parfois avec beaucoup de difficultés à retrouver la date d'un événement qui a eu lieu cent ans auparavant, on est en mesure de fournir avec une précision extraordinaire la date de cette éclipse qui s'est produite il y a plus de vingt-cinq siècles ! Comment est-ce possible ? En réalité, cette éclipse eut lieu pendant une bataille opposant des Lydiens et des Mèdes que l'historien Hérodote (484-420 av. J.-C.) rapporta ainsi :

“ Les combats reprirent la sixième année ; au cours d'une bataille, comme l'engagement s'échauffait, le jour fut soudain changé en nuit. Cet événement avait été prédit par Thalès de Milet, qui en avait averti les Ioniens, lui assignant sa date exacte. Les Mèdes et les Lydiens, voyant cela, cessèrent les combats et conclurent la paix. ”

En fait, si l'orbite terrestre, ou écliptique, était dans le même plan que l'orbite lunaire, deux éclipses totales surviendraient au cours de chaque mois lunaire : une éclipse de Lune se produirait au moment de chaque pleine Lune, et une éclipse de Soleil apparaîtrait au moment de chaque nouvelle Lune. Les deux orbites sont toutefois inclinées. Par conséquent, les éclipses surviennent seulement lorsque la Lune ou le Soleil sont aux lieux d'intersection des deux orbites appelés *nœuds*. Périodiquement, le Soleil et la Lune retrouvent une même position par rapport à l'un des lieux d'intersection (*nœuds*). Ainsi, les éclipses se produisent à intervalles

réguliers appelés *saros* qui en grec signifie « répétition ». Ce sont les astronomes chaldéens qui en étudiant les mouvements du Soleil et de la Lune ont découvert ce cycle désigné sous le nom de *saros* et qui correspond à une période de 223 lunaisons ou mois lunaires, c'est-à-dire, de 18 années 10 ou 11 jours et 8 heures selon que l'intervalle contient 4 ou 5 années bissextiles. Il semble que Thalès ait rapporté de Mésopotamie la connaissance du *saros* et qu'elle lui ait permis de prédire l'éclipse du 28 mai 585 av. J.-C. Cependant, selon l'astronome Paul Couderc :

“ Si Thalès a vu l'éclipse du 18 mai -603 (ou s'il en fut avisé par les observations d'Asie mineure) et s'il connaissait la période de 18 ans 10 jours 8 heures (efficace surtout pour la Lune), il a pu se hasarder à une conjecture. Mais cela est bien hypothétique et, en aucun cas l'obscurité ne pouvait être prédite; l'aire de totalité est, de nos jours encore, difficile à calculer<sup>1</sup>. ”

Néanmoins, contrairement à ce que l'on pourrait croire le *saros* est d'une précision remarquable pour la prédiction des éclipses. En effet, en appliquant le *saros* à la date du 18 mai 603 av. J.-C., on obtient exactement la date du 28 mai 585 av. J.-C., c'est-à-dire, celle de la bataille opposant les Lydiens et les Mèdes. De la même manière, sachant que la dernière éclipse totale de Lune en France, la plus longue du XXI<sup>e</sup> siècle, s'est produite le 27 juillet 2018, à quelle date aura lieu la prochaine ? En utilisant le *saros*, il est facile de calculer qu'elle se produira le 7 août 2036. On pourra vérifier également que la précédente avait eu lieu en France le 16 juillet 2000.

La renommée de Thalès a également été fondée à partir d'anecdotes comme celle rapportée par Platon. Dans son *Théétète*, rédigé au IV<sup>e</sup> siècle avant J.-C., il raconte la légende qui court sur Thalès :

“ Il observait les astres et, comme il avait les yeux au ciel, il tomba dans un puits. Une servante de Thrace, fine et spirituelle, le railla, dit-on, en disant qu'il s'évertuait à savoir ce qui se passait dans le ciel, et qu'il ne prenait pas garde à ce qui était devant lui et à ses pieds. La même plaisanterie s'applique à tous ceux qui passent leur vie à philosopher. ”

L'image du philosophe la tête dans les étoiles était née.

---

1. Voir Paul Couderc, *Les éclipses*, Paris, Presses universitaires de France, coll. « Que sais-je ? », 1961 (réimpr. 2<sup>e</sup> éd. 1971), p. 108-110.

# 2

## Pythagore de Samos : et la Terre devint ronde

Philosophe et mathématicien grec, originaire de Samos (petite île grecque de la mer Égée située au sud-est d'Athènes) où il serait né vers 580 av. J.-C., sa vie est auréolée de mystères, à commencer par son nom Pythagore ou *Pyth-agore*, qui signifie étymologiquement « celui qui a été prédit par la Pythie » et dont l'origine découlerait de l'annonce de sa naissance qui aurait été faite à son père lors d'un voyage à Delphes.

Il fut initié aux enseignements des premiers philosophes ioniens Thalès et Anaximandre et quitta Samos pour échapper à « la tyrannie de Polycrate ». Ses voyages le conduisirent en Égypte et à Babylone où il étudia les mathématiques que l'on y pratiquait. Vers 530 av. J.-C., il s'établit à Crotona, colonie grecque dans l'Italie du Sud (en Calabre), où il fonda une école, connue sous le nom d'école pythagoricienne. Cette école comportait deux sortes de disciples : les *acousmaticiens* (qui ne s'attachaient qu'au résultat d'une théorie et qui étaient les *auditeurs*) et les mathématiciens (qui démontraient le résultat et qui étaient les *initiés*). Cette distinction provient du fait que la salle où le maître faisait sa démonstration était divisée en deux parties séparées par un rideau opaque. Les *initiés* ou *mathématiciens* également appelés les *ésotériques* se trouvaient avec le maître du même côté du rideau. Ils pouvaient donc entendre mais surtout voir la démonstration géométrique qu'il effectuait devant eux. Les *auditeurs* ou *acousmaticiens* étaient nommés *exotériques*<sup>1</sup> car ils se trouvaient de l'autre côté du rideau et ne pouvaient par conséquent, comme leur nom l'indique, qu'entendre la démonstration du maître. Ainsi, son École, comme d'ailleurs celles qu'il fonde ensuite à Métaponte et à Tarente, s'apparente davantage à une secte à la fois philosophique, scientifique, politique, religieuse et initiatique. Pythagore s'éteint vers 495 av. J.-C. à Métaponte sans laisser aucun écrit et c'est grâce à certains de ses disciples que l'on connaît aujourd'hui son œuvre. Ainsi, d'après ses disciples, Pythagore affirmait que « Tout est nombre » dans l'Univers. Il chercha donc à appliquer ce concept aux Arts, à la Musique, à la Science et à l'Astronomie. Considérant que la musique a une dimension cosmique et que l'astronomie a une dimension musicale, Pythagore aurait posé que les distances entre les orbites du Soleil, de la Lune et des étoiles fixes correspondent

---

1. En grec ancien *ésotérique* signifie « intérieur » ou « en dedans » alors qu'*exotérique* signifie « extérieur » ou « au dehors ».

aux proportions réglant les intervalles de l'octave, de la quinte et de la quarte d'une gamme qui porte aujourd'hui son nom. Cette conception bien lointaine n'est pas sans rappeler la toute récente *théorie des cordes* qui cherche à établir que les briques fondamentales de l'Univers ne seraient pas des particules ponctuelles mais des sortes de cordelettes vibrantes. Cette idéalisation du nombre devint pour Pythagore et ses disciples le principe ultime de toute proportion, ordre et harmonie dans l'univers. C'est la raison pour laquelle l'Astronomie des pythagoriciens suit la même règle d'harmonie et de perfection. Immobile au centre d'un Univers sphérique où toutes les directions se valent, la Terre devait avoir une forme parfaite, c'est-à-dire une forme qui soit la même dans toutes les directions. La seule forme géométrique qui remplissait ces conditions était naturellement la sphère. D'après le commentateur Diogène Laërce : Pythagore « fut le premier à appeler le ciel *cosmos*<sup>1</sup> et à dire que la Terre est ronde » bien que l'on attribue souvent cette conception à Parménide. Ce fait fut ensuite confirmé par Platon qui écrivit dans son *Timée* :

“ Pour la forme [du monde], il [Pythagore] lui a donné celle qui lui convenait et avait de l'affinité avec lui. Or la forme qui convenait à l'animal qui devait contenir en lui tous les animaux, c'était celle qui renferme en elle toutes les autres formes. C'est pourquoi le dieu a tourné le monde en forme de sphère, dont les extrémités sont partout à égale distance du centre, cette forme circulaire étant la plus parfaite de toutes et la plus semblable à elle-même, car il pensait que le semblable est infiniment plus beau que le dissemblable.”

L'expression mathématique<sup>2</sup> était également pour Pythagore la seule réalité physique et toute relation était transcendante aux objets. Son théorème de la théorie du triangle rectangle en est une illustration frappante. Il avait en effet remarqué que les arpenteurs égyptiens utilisaient des cordes nouées à intervalles réguliers (3, 4, 5) pour construire un angle droit. Il généralisa cette observation à l'ensemble des triangles et énonça un théorème qui porte aujourd'hui son nom et qu'il n'a, semble-t-il, jamais démontré...

---

1. En Grec ancien *cosmos* signifie ordre. Ainsi, les pythagoriciens cherchaient à présenter les planètes de notre Univers selon un certain ordre : la Terre, la Lune, la Mercure, la Vénus, le Soleil, Mars, Jupiter, Saturne et la sphère des étoiles fixes.

2. Le mot « mathématiques » a été formé à partir du grec *μάθημα* « mathêma » ou plus exactement *μάθηματα* « mathêmata » qui est son pluriel et qui expliquerait peut être pourquoi aujourd'hui encore la discipline se désigne par son pluriel. Le mot « mathêma » signifiait le fait d'apprendre tout comme sa résultante : la connaissance et la science. On le traduit aussi par « ce qui peut être appris » ou « ce qui peut être enseigné ».

# 3

## Ce que les Grecs déduisaient des éclipses

Au cours des millénaires, les civilisations ont toujours été fascinées par les éclipses de Soleil et de Lune qui ont fait l'objet de toutes sortes d'interprétations mythologiques, symboliques ou religieuses même après qu'une explication rationnelle ait été proposée par le philosophe grec Anaxagore. Originaire de Clazomènes, aujourd'hui près d'Izmir en Turquie où il serait né vers 500 avant J.-C., il fournit la première explication exacte des éclipses de Lune. D'après Théophraste qui vécut au IV<sup>e</sup> siècle avant notre ère et qui fut le premier « élève » du Lycée d'Aristote : « Anaxagore attribue aussi la défaillance de la lune à ce que parfois il y aurait interposition de corps situés au-dessous d'elle. » Il ajoute : « Les défaillances de la lune sont dues à l'interposition de la terre et parfois à celle de corps inférieurs à la lune ; le soleil s'éclipse aux nouvelles lunes, par suite de l'interposition de la lune. » L'enseignement d'Anaxagore semble avoir enthousiasmé ses disciples aux premiers rangs desquels se trouvaient Périclès, Démocrite, Empédocle et peut-être même Socrate. Mais son approche qui consistait à vouloir expliquer par des causes physiques des phénomènes dont on attribuait l'origine à des divinités inquiéta les autorités. Anaxagore fut alors condamné à mort pour « impiété » vers 431 av. J.-C. précédant ainsi de plus vingt siècles Giordano Bruno et Galiléo Galiléi. En effet, les Grecs avaient fait voter un décret de loi selon lequel on poursuivrait tous « ceux qui ne croient pas aux choses divines ou qui enseignent des théories au sujet des choses Célestes ». C'est sur la base de ce même chef d'accusation, appelé depuis « loi d'impiété », que Socrate fut condamné à boire la ciguë quelques décennies plus tard. À la différence de Socrate, Anaxagore put, semble-t-il, échapper à la mort grâce à l'amitié que lui portait Périclès. Cependant, il dut fuir la  *cité*  et cet exil volontaire constituait pour un philosophe grec un bien pire châtement que la mort.

Néanmoins, comme le souligne l'astronome Paul Couderc, son explication des éclipses « constitue la première théorie d'un phénomène astronomique par un rapport entre astres<sup>1</sup> ». Aussi, après avoir tenté de ramener ce phénomène dans le giron de la rationalité, les Grecs cherchèrent ensuite à déduire des éclipses la dimension de la Lune et sa distance par rapport à la Terre. Concernant cette

---

1. Voir Paul Couderc, *Histoire de l'Astronomie*, Paris, Presses universitaires de France, coll. « Que sais-je ? », 1945 (réimpr. 6<sup>e</sup> éd. 1974), 128 p.

dernière, il existe un moyen extrêmement simple, probablement connu des Grecs, pour calculer le diamètre apparent d'un corps céleste, c'est-à-dire, l'angle sous lequel on le voit depuis la Terre.

Il suffit de placer un objet de petite taille, un crayon à papier par exemple, devant l'œil de l'observateur en sorte qu'il masque le corps céleste observé. Si la taille de la gomme du crayon à papier mesure 1 cm, la distance à laquelle il faut placer le crayon de l'œil pour occulter la Lune est d'environ 1 mètre. On en déduit que le diamètre apparent de la Lune est égal à 1/100. Ce qui signifie que l'on peut placer environ 100 Lunes entre la Lune et la Terre. En réalité, on peut en placer environ 110. Cependant, pour évaluer la distance *de la Terre à la Lune*, il faut alors pouvoir déterminer la valeur du diamètre de Lune. Une des premières estimations est due à l'astronome grec Aristarque de Samos qui vécut au III<sup>e</sup> siècle avant J.-C. Ce précurseur de Copernic, qui faisait « mouvoir la Terre autour du Soleil », rédigea un ouvrage intitulé *Sur les grandeurs et les distances du Soleil et de la Lune*. Il y présente une méthode de calcul du diamètre de la Lune utilisant le diamètre du cône d'ombre de la Terre lors d'une éclipse de Lune. Il avait tout d'abord observé que la Lune se déplace en une heure d'une distance égale à son diamètre. Considérant ensuite que la durée totale d'une éclipse de Lune incluant l'entrée dans l'ombre portée par la Terre et sa sortie est d'environ 3 heures (la durée de la phase dite de « totalité » est généralement inférieure à 2 heures), et que la largeur de l'ombre portée par la Terre est environ égale à son diamètre, il en avait déduit que le diamètre de la Lune est égal au tiers du diamètre de la Terre. La valeur exacte est non pas un tiers (0,33) mais 0,27. Ce qui représente une erreur relative d'environ 20% : un résultat remarquable pour l'époque.

Tout au long des siècles qui suivirent, les éclipses jouèrent un rôle crucial lors d'évènements historiques. L'une des plus étonnantes est certainement l'éclipse totale de Lune qui eut lieu le 29 février 1504 à la Jamaïque. C'est là que s'échouèrent les caravelles de Christophe Colomb qui effectuait son quatrième voyage vers les Amériques alors qu'il croyait être sur la route des Indes. À court de vivres, il demanda aux Indiens de leur apporter des vivres mais ils refusèrent. En bon navigateur qu'il était, il avait avec lui un almanach contenant des tables astronomiques sur lesquelles étaient indiquées les dates des éclipses. Il annonça alors aux Indiens une éclipse totale de Lune trois jours avant qu'elle ne se produise et la présenta comme un signe céleste du mécontentement des Dieux. L'éclipse eut effectivement lieu le 29 février. Le fils de Colomb, Ferdinand raconta qu'« avec de grands cris et des lamentations, les indigènes accoururent de partout vers les vaisseaux, chargés de provisions, priant l'amiral d'intercéder en leur faveur auprès de la divinité afin qu'elle ne répande pas sa colère sur eux ». Colomb fit alors mine de se retirer dans sa cabine pour « prier ». En réalité, il en profita pour mesurer la durée de l'éclipse avec un sablier. Peu avant la fin de l'éclipse, il annonça aux indigènes effrayés qu'ils allaient bientôt être pardonnés, ce qu'il leur confirma lorsque la Lune réapparut.

# 4

## Pythéas de Massalia : le Christophe Colomb de l'Antiquité grecque

Dans la longue liste de ceux qui ont marqué l'histoire des « Grandes Expéditions » on ne retient généralement que celui du « découvreur du Nouveau Monde », Christophe Colomb. Et pourtant, presque vingt siècles avant que le marin génois ne pose le pied sur le continent américain, un navigateur grec faisait route vers l'Islande. Son nom : Pythéas de Massalia, un philosophe contemporain du grand Aristote et originaire de la cité phocéenne de Massalia (Marseille). Entre 330 et 320 av. J.-C., Pythéas entreprit un grand voyage maritime à la découverte des îles Britanniques, de l'île de Thulé et de la mer Baltique<sup>1</sup>. À son retour, il décrit dans un livre son Voyage autour de la Terre. Bien que cet ouvrage ait été perdu, peut-être dans l'un des incendies de la bibliothèque d'Alexandrie, il nous est connu grâce à plusieurs auteurs antiques dont le géographe Strabon.

Pythéas décida de naviguer vers l'ouest à la découverte de l'Armorique – le nom donné dans l'Antiquité à une large région côtière de la Gaule, allant *grosso modo* de Pornic à Dieppe. À bord d'un bateau d'une vingtaine de mètres de long voguant à une vitesse moyenne de trois ou quatre nœuds, il franchit les colonnes d'Hercule (le détroit de Gibraltar) en quelques jours, et met ensuite trois jours pour traverser le golfe de Gascogne et atteindre la péninsule armoricaine. Il fait alors route vers le nord et rallie le cap Kantion situé au sud-est de l'Angleterre avant d'atteindre le cap Orcas (aujourd'hui Dunnet Head en Écosse), faisant du cabotage autour de ces îles qu'il nomme Prétaniques et qu'on appellera plus tard Britanniques. Apprenant des autochtones l'existence d'une île du nom de Thulé, Pythéas poursuit son voyage vers le nord. Les historiens considèrent que cette ultima Thulé, terre ultime du poète Virgile, est vraisemblablement l'Islande ou peut-être le Groenland. Arrivé en ce point extrême de son voyage, « Pythéas nous dit au sujet de Thulé que l'on n'y rencontre plus la terre proprement dite, ni la mer, ni l'air, mais à leur place un composé de ces éléments, semblable au poumon marin, et dans lequel tous les éléments sont tenus en suspension et comme réunis à l'aide d'un lien commun, sans qu'il soit possible à l'homme d'y poser le pied, ni d'y naviguer. » Ce poumon marin, c'est-à-dire la banquise que nous décrit Strabon, a probablement contraint Pythéas à faire demi-tour. Et si le chemin de retour jusqu'à Massalia se fait sans trop

---

1. Voir Hughes Journès, Yvon Georgelin et Jean-Marie Gassend, *Pythéas, Explorateur et Astronome*, Les Éditions de la Nerthe, 2000.

de difficultés, il en va tout autrement de l'accueil qui lui est réservé : en effet, au cours de son voyage, Pythéas a observé le phénomène des marées, inconnu des Méditerranéens, le soleil de minuit, qui n'est visible que dans le cercle polaire, et la banquise qu'il nomme poumon marin. Autant de manifestations naturelles basées sur son seul témoignage – et donc invérifiables. « Ce Pythéas qu'on s'étonne en vérité de voir faire tant de dupes avec des mensonges aussi grossiers que ceux-ci, pointe Strabon. Le seul auteur, en effet, qui parle de Thulé est Pythéas, que tout le monde connaît pour le plus menteur des hommes. » Au II<sup>e</sup> siècle de notre ère, l'historien Polybe n'est guère plus tendre quand il s'étonne « que de pareilles distances aient pu être parcourues par un simple citoyen ».

Mais Pythéas fit également de nombreuses grandes découvertes en astronomie. En effet, en mesurant la longueur de l'ombre portée par un simple gnomon (bâton planté verticalement dans le sol) le jour de l'équinoxe de printemps (21 mars) à midi (heure solaire), Pythéas détermina la latitude de Massalia avec une précision d'un dixième de degré. Toujours grâce à son gnomon, il estima avec une grande précision la valeur de l'angle de l'obliquité de l'écliptique, c'est-à-dire la valeur de l'angle d'inclinaison de l'axe de la Terre. Enfin – et c'est là le résultat le plus remarquable – il calcula bien avant Ératosthène, le célèbre directeur de la bibliothèque d'Alexandrie, la valeur de l'arc méridien terrestre. Ainsi, en effectuant des mesures de la hauteur du Soleil aux différents lieux d'escale de son périple, Pythéas put fournir la valeur du méridien terrestre comme étant égale à 252 000 stades. En considérant qu'un stade représente 157,5 m, on obtient une valeur qui diffère de moins de 1% de la valeur actuelle !

Il faudra hélas attendre plus de vingt siècles pour que l'on reconnaisse enfin l'importance des découvertes de Pythéas de Massalia. Ainsi, au début du XVII<sup>e</sup> siècle, Nicolas Fabri de Peiresc, l'astronome de Belgentier<sup>1</sup>, se prit d'admiration pour Pythéas qu'il considérait comme le « plus ancien des doctes de tout l'Occident ». Ses découvertes vont alors susciter un regain d'intérêt et en 1753 Jean-Pierre de Bougainville, le frère aîné du célèbre explorateur, résuma ainsi toutes ses qualités, « habile astronome, ingénieux physicien, géographe exact, hardi navigateur, il rendit ses talents utiles à sa patrie : ses voyages, en frayant de nouvelles routes au commerce, ont enrichi l'histoire naturelle et contribué à perfectionner la connaissance du globe terrestre ».

---

1. Petite commune du Var non loin de Toulon.