

La mesure de la Terre

Cycles 3 et 4

Une séquence du projet *L'Europe des découvertes*

Résumé

Cette séquence propose aux élèves de découvrir et de reproduire la mesure de la Terre selon Ératosthène : on plante un bâton vertical au soleil, on mesure son ombre lorsque l'astre est au plus haut dans le ciel, on en déduit l'angle que font les rayons solaires avec la verticale, puis on échange le résultat avec celui d'un correspondant situé sous une autre latitude. Ensuite, quelques tracés géométriques et une règle de trois permettent d'évaluer la longueur du méridien terrestre.

Ératosthène le pentathlète

Stratos Théodosiou

Traduction par Évelyne Ségué

Introduction

Il serait difficile d'énumérer toutes les expériences scientifiques qui captivèrent le monde. En 2002 pourtant, dans une enquête du magazine *Physics World*, d'éminents chercheurs ont désigné quelles étaient, à leur avis, les dix plus belles expériences de l'histoire de la physique parmi celles réalisées dans des laboratoires sans grands moyens, avec peu d'assistants et sans recours à un quelconque ordinateur. Elles ont en commun d'offrir un abrégé de la beauté des sciences physiques au sens classique du terme, tant par la simplicité de l'équipement que par celle de l'analyse logique.

Si, dans cette liste, une expérience qui démontre la nature quantique du monde physique occupe la première place, les neuf expériences restantes présentent un panorama de deux mille ans de découvertes. En septième position vient la mesure de la circonférence de la Terre par Ératosthène, au III^e siècle avant Jésus-Christ.

Dans la ville égyptienne de Syène (aujourd'hui Assouan), le savant d'Alexandrie avait découvert qu'au midi solaire, le jour du solstice d'été (22 juin), le Soleil se trouvait exactement au-dessus – c'est-à-dire au zénith – de l'observateur. Par conséquent, les objets n'avaient pas d'ombre et la lumière du Soleil tombait verticalement, éclairant ainsi le fond des puits. En observant ensuite les ombres à Alexandrie, située sur le même méridien que Syène mais plus au nord, Ératosthène constata qu'il disposait de toutes les informations nécessaires pour calculer la circonférence de la Terre. De fait, il estima cette longueur à 250 000 stades (41 000 km), soit avec un écart de moins de 5 % avec la véritable valeur (40 000 km). Une évaluation impressionnante quand on pense aux pauvres moyens de son époque ! En même temps, il confirma la nature sphérique de notre planète, à une époque où dominait l'idée que la Terre était plate.

Ératosthène, le β ou le pentathlète des sciences ?

Les savants grecs de l'Antiquité furent en effet les premiers à appréhender la forme réelle de la Terre et à tenter de mesurer celle-ci.

Au IV^e siècle avant Jésus-Christ, Aristote considérait déjà que la Terre était ronde – c'est d'ailleurs la thèse qu'il défendit dans son traité *Du ciel* –, et avait calculé (ou au moins rapporté) que la circonférence de la Terre mesurait

400 000 stades (c'est-à-dire 9 987 miles géographiques). Le stade grec valant 164 m, cela signifiait que son estimation était d'une fois et demie supérieure à la valeur réelle. Les historiens des sciences considèrent qu'il s'agit sans doute du plus ancien calcul de la circonférence de la Terre. Après le calcul d'Aristote vinrent, au III^e siècle avant Jésus-Christ, celui d'Archimède puis, donc, celui d'Ératosthène, avec, respectivement, des mesures de 7 495 et 6 292 miles (aujourd'hui le périmètre de la Terre est estimé à 5400 miles). De fait, Ératosthène fut le premier à réussir à déterminer la longueur d'un méridien terrestre, c'est-à-dire la circonférence de la Terre, avec des méthodes fondées scientifiquement.

Né à Cyrène, Ératosthène avait étudié à Alexandrie puis à Athènes avec Lysanias, Callimaque, Ariston de Chios, Arcésilas, etc. Invité par Ptolémée III Évergète I^{er} (dit le Bienfaiteur), il retourna à Alexandrie et devint le troisième directeur de la célèbre bibliothèque de la ville.

Célèbre pour son érudition et ses amples connaissances dans tous les domaines de la science, Ératosthène fut pourtant surnommé par ses contemporains le Β, « deuxième ou nouveau Platon ». Ceux-ci considéraient en effet que s'il était très bon dans tout, nulle part il ne se distinguait comme le premier ni ne laisserait une œuvre révolutionnaire. Mais ce qualificatif ne rend pas justice à l'importance scientifique de celui que d'autres appelèrent le pentathlète, parce qu'il s'occupait de toute la science de l'époque – rhétorique, poésie, géographie, philosophie et mathématiques. Il fut, à notre avis, une personnalité complexe et sut être créatif de façon originale dans certaines disciplines scientifiques comme la géographie ou la géodésie (la science de la forme et de la taille de la Terre ainsi que de leurs variations dans le temps), dont il est considéré comme le fondateur.

Il fut un scientifique rigoureux et méthodique. À la fin du I^{er} siècle, Nicomaque rendit d'ailleurs pérenne sa fameuse méthode pour trouver les nombres premiers, connue sous le nom de « crible d'Ératosthène ». De même, dans les trois livres des Géographiques, Eratosthène examine-t-il de façon critique l'histoire de la géographie depuis Homère jusqu'aux descendants d'Alexandre le Grand. Il fut également le premier, dans les Chroniques, à tenter de dater de façon scientifique les événements littéraires et historiques. Parallèlement à cette œuvre savante, il composa encore un tableau des vainqueurs olympiques. Mais sa plus grande réussite est d'avoir élaboré, avec les maigres moyens dont il disposait à l'époque, une méthode fiable de mesure de la circonférence terrestre.

Si ses ouvrages Les Géographiques et La Mesure de la Terre ont disparu, nous savons comment il procéda et selon quels calculs grâce aux œuvres de Théon de Smyrne, du célèbre géographe Strabon et de Cléomède. Ce dernier, auteur, au I^{er} siècle avant Jésus-Christ, d'une astronomie simplifiée intitulée Sur le mouvement circulaire des corps célestes, y décrit avec tous les détails la mesure du périmètre de la Terre telle qu'effectuée par Ératosthène. Son livre fut largement diffusé dans l'Europe occidentale du Moyen Âge comme manuel

d'astronomie, de mathématiques et de géographie, contribuant ainsi à faire connaître cette méthode. Depuis lors, celle-ci a continué à être rapportée dans de nombreux manuels.

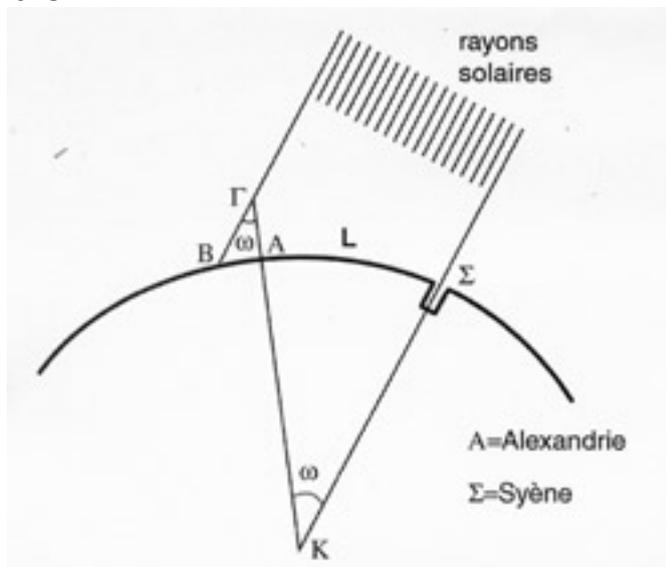
La méthode d'Ératosthène

Ératosthène supposa d'abord que la Terre était une sphère éclairée uniformément par des rayons solaires parallèles entre eux. Sur la base de cette hypothèse, il conçut alors l'idée géniale que, pour mesurer la longueur d'un méridien, il suffisait de calculer l'angle que formait, au centre de la Terre, un arc de ce méridien, grand ou petit, lui-même mesuré précisément en surface.

Il recourut donc à un principe géométrique simple des mesures du cercle ou de la sphère : tous ceux qui, aujourd'hui, possèdent au moins une formation de lycée savent que si l'on connaît la longueur de l'arc (L) d'une sphère et l'angle au centre correspondant (que l'on appellera ω), on peut facilement calculer le rayon R de la sphère. Nous rappelons la formule : $L/2\pi R = \omega/360$.

Pour le calcul de l'angle ω , Ératosthène choisit comme point de repère la vieille ville de Syène parce qu'il y avait observé – ou qu'il savait par les observations d'autres chercheurs – qu'au solstice d'été, au midi solaire exactement, c'est-à-dire quand le Soleil était au zénith, les obélisques n'avaient pas d'ombre et que le Soleil se reflétait au fond d'un puits. Cela signifiait que le Soleil se trouvait alors à la verticale (au zénith) du lieu et que, naturellement, ses rayons tombaient verticalement dans le puits. Son deuxième repère pour calculer l'angle correspondant ω fut la ville d'Alexandrie, située plus au nord que Syène.

Tout en supposant donc que le Soleil se trouvait si loin de la Terre que ses rayons tombaient parallèles sur notre planète, il constata qu'à ce même instant, à Alexandrie, les rayons du Soleil ne tombaient pas verticalement, mais formaient un angle avec la verticale : les obélisques avaient une ombre. Ce qui prouvait que son hypothèse géniale était juste ! La Terre était incurvée : si elle avait été plate, les obélisques de même hauteur auraient dû être parallèles et, tout comme à Syène, celles d'Alexandrie auraient dû être dépourvues d'ombre.



Calcul de la périphérie terrestre.

$L = 5\,000$ stades (820 km),

angle $\omega = \Gamma = K = 7^\circ 12'$.

A = Alexandrie

Σ = Syène

(K représente le centre de la Terre et Γ l'angle égal à l'angle à l'épicentre)

Toujours à ce même instant, il mesura à Alexandrie la longueur de l'ombre d'un immense gnomon (vraisemblablement une obélisque) de hauteur connue. Connaissant, dans le triangle rectangle formé par la hauteur de l'obélisque et la longueur de l'ombre, les deux côtés perpendiculaires (voir la figure page suivante), il déduisit facilement l'angle opposé. Il trouva qu'il était égal au cinquantième de l'arc du cercle complet, soit $360/50 = 7,2^\circ$ ou $\omega = 7^\circ 12'$. Et, les rayons du Soleil tombant parallèles et verticaux à Syène, il en déduisit que cet angle était le même que l'angle ω au centre de l'arc Alexandrie-Syène.

Ératosthène connaissait la distance de Syène à Alexandrie, qui avait été mesurée par des compteurs de pas professionnels (on les appelait des « bématistes »). La longueur L entre les deux villes était de 5 000 stades, ou 820 km.

Partant à nouveau de l'hypothèse géniale qu'Alexandrie et Syène se trouvaient sur le même méridien et que l'angle $\omega = 7^\circ 12'$ était le même que celui de l'arc de 5 000 stades, Ératosthène calcula, selon la figure présentée ci-dessus, que la longueur du méridien valait cinquante fois la distance qui séparait les deux villes. Soit : $360/7,2 \times 5\,000 = 50 \times 5\,000 = 250\,000$ stades (41 000 km).

À condition qu'Ératosthène ait bien utilisé comme unité de mesure la mesure grecque commune, le stade attique (environ 164 m), sa mesure dépasse d'à peine 1 000 km la longueur réelle de 40 000 km ! Ce qui, pour son époque, est un résultat d'une extraordinaire précision, et un résultat fondé essentiellement sur des hypothèses intelligentes et sur une notion de base de la géométrie.

Sa marge d'erreur est imputable à trois faits : la distance Syène-Alexandrie n'est pas de 820 km (5 000 stades), mais de 800 km ; Alexandrie et Syène ne se trouvent pas sur le même méridien ; Syène n'est pas tout à fait sur le tropique ($0,5^\circ$ au nord) et le Soleil n'est donc pas exactement au solstice d'été.

Qu'advint-il de la méthode d'Ératosthène et de la mesure du tour de la Terre ?

Un siècle et demi plus tard, Posidonius de Rhodes, élève d'Hipparque et de Panetius de Rhodes, relata dans *De l'océan* comment il calcula lui aussi la circonférence de la Terre en se basant sur la méthode d'Ératosthène. Il remarqua que quand, à Rhodes, Canopus, l'étoile la plus brillante de la constellation de la Carène, touchait l'horizon, à Alexandrie, elle se trouvait à $7^\circ 30'$ au-dessus, soit le même angle que celui qu'il avait obtenu en comparant l'ombre de gnomons au midi solaire dans les deux villes. Leur distance fut calculée en mesurant le temps que mettait un bateau pour se rendre d'Alexandrie à Rhodes (c'est ce que l'on appelle un « odomètre nautique ») et elle fut estimée à 5 000 stades. Posidonius trouva donc que la longueur de la circonférence de la Terre équivalait à 240 000 stades, soit $240\,000 \times 164 = 39\,360$ km. Une très bonne valeur par rapport à celle, effective, de 40 000 km.

Après lui, la mesure scientifique du périmètre de la Terre perdit de son importance. Les Romains se contentèrent des résultats des savants grecs puis, pendant les premiers siècles de l'ère chrétienne, personne ne s'y intéressa plus.

D'ailleurs, l'idée d'une Terre plane revint. Les connaissances établies par les Grecs purent cependant se propager en Europe occidentale grâce aux savants arabes qui s'intéressèrent beaucoup à leurs écrits.

Et de fait, au xvi^e siècle, l'Europe occidentale commença elle aussi à montrer un certain intérêt pour les mesures géodésiques. Les premiers à réaliser de nouvelles mesures furent l'astronome, mathématicien et médecin français Jean Fernel (1497-1558) et, un siècle plus tard, l'astronome et mathématicien hollandais Willebrord Snell Van Royen (1581-1626), qui, en 1617, rassembla ses observations dans un livre intitulé *Eratosthenes batavus, de terrae ambitus vera quantitate*. Il y mentionnait Ératosthène et décrivait la méthode qu'il avait mise au point pour mesurer le périmètre terrestre. Enfin, l'astronome et géodésien français Jean Picard (1620-1682) répéta les mesures de Fernel entre les villes d'Amiens et de Paris afin de déterminer la longueur d'arc d'un degré terrestre. Des observations et des mesures successives lui permirent de trouver, en 1671, qu'elle était égale à 69,1 miles. Par conséquent, un cercle entier mesurait $360 \times 69,1 = 24\,876$ miles. Et puisqu'un mile valait 1 612 m, le périmètre de la Terre était égal à $24\,876 \times 1\,612 = 40\,100\,112$ m.

La graine semée au iii^e siècle avant Jésus-Christ par Ératosthène avait finalement germé, presque vingt siècle plus tard, chez Picard.

Mesurer le tour de la Terre

Mireille Hartmann

Une expérience toute simple, un projet aux multiples facettes

Aussi grandiose qu'elle puisse paraître, la mesure de la Terre selon Ératosthène est simple à reproduire par des écoliers. En effet, la démarche peut se résumer ainsi : on plante un bâton vertical au soleil, on mesure son ombre lorsque l'astre est au plus haut dans le ciel, on en déduit l'angle que font les rayons solaires avec la verticale, puis on échange le résultat avec celui d'un correspondant situé sous une autre latitude. Ensuite, quelques tracés géométriques et une règle de trois permettent d'évaluer la longueur du méridien terrestre.

De plus, comme nous le verrons plus loin, peu importe que les deux partenaires soient ou non situés sur un même méridien : il leur suffit de faire, le même jour, un relevé à la même heure solaire – en l'occurrence le midi solaire. En revanche, l'idéal serait qu'ils aient entre eux une différence de latitude importante, le minimum requis étant de 4° , afin que le moindre écart dans leurs relevés ne soit pas trop lourd de conséquences dans le calcul final.

Loin d'être une expérience isolée, la mesure du tour de la Terre constitue un véritable projet dans lequel plusieurs disciplines – histoire, géographie, astronomie, physique, technologie, mathématiques – s'entrecroisent et entrent en résonance. Ajoutons à cela que la langue, tant orale qu'écrite, sous-tend toutes les activités, en particulier celles concernant la démarche expérimentale.

Mettre ses pas dans ceux d'Ératosthène

Plus de vingt-deux siècles après l'événement historique, les enfants sont invités à emboîter le pas à l'illustre savant grec pour vivre une aventure semblable. On se doute que les parcours possibles seront très divers en fonction de l'âge et de la motivation des élèves, de l'importance du groupe, du temps que l'on veut – ou peut – consacrer à ce projet, sans oublier les caprices de la météo... Quelles que soient les activités qui seront privilégiées, il faudra cependant veiller à ne pas perdre le fil conducteur, lequel permettra de franchir une à une les étapes essentielles. Le parcours s'effectuera donc en cinq grandes étapes qui s'enchaîneront les unes aux autres de façon linéaire (à l'image du Nil se ramifiant pour former un delta, ce fil conducteur se dédoublera néanmoins çà et là pour indiquer quelques-unes des nombreuses opportunités qui se présenteront tout au long du chemin, et, bien entendu, la diversité des réponses apportées par nos aventuriers en herbe et leurs suggestions souvent inattendues viendront également infléchir le cours des choses...).

Retrouver les observations faites à Syène et à Alexandrie

Tout va commencer par le récit des observations faites à Syène un jour de solstice d'été, puis par celui, plus détaillé, de celles faites un même jour à Alexandrie par Ératosthène : ce dernier, en effet, désirait établir des comparaisons entre une absence d'ombre d'un côté, et une ombre supposée très courte de l'autre. Il s'agira donc pour les élèves de reproduire ce phénomène à l'aide d'une simulation : ils utiliseront une simple carte d'Égypte – avec un « stylo-obélisque » dressé à Alexandrie et un « capuchon-puits » planté à Syène – et ils l'éclaireront d'abord avec une lampe électrique, puis la placeront directement au soleil (ou vice versa). Pour obtenir une ombre courte à Alexandrie tout en éclairant le fond du capuchon, les enfants n'auront d'autre choix que d'éloigner en hauteur la lampe de poche ou d'incurver la carte au soleil. La confrontation des deux expériences leur fera pressentir la courbure de la surface terrestre et le parallélisme des rayons solaires (deux particularités fondamentales dans le raisonnement du savant).

Entretiens, les enfants se seront documentés sur l'Égypte ancienne et sa période hellénistique. Certains se passionneront pour les hiéroglyphes et l'alphabet grec, d'autres rechercheront sur Internet comment l'on concevait jadis la forme de la Terre ou quelle était l'étendue du monde connu à cette époque. Ensuite, après avoir vérifié le parallélisme des rayons solaires à l'aide de nouvelles expériences (par exemple, les ombres de quelques vis dressées seront divergentes avec une lampe de poche alors qu'elles seront parallèles avec le Soleil), les élèves travailleront sur la notion de droites parallèles. Ils chercheront également à en savoir plus sur l'ombre et la lumière à l'aide de petites « manip » très ludiques telles qu'agrandir, raccourcir ou faire tourner à volonté l'ombre d'un objet, ou « renvoyer » le Soleil avec de petits miroirs, etc. : ils en feront des croquis explicatifs, ce qui les mènera à la nécessaire schématisation des rayons lumineux.

Découvrir le midi solaire

Les observations d'Ératosthène ayant eu lieu à un certain moment de la journée, le midi solaire, les enfants voudront savoir ce qui caractérise ce moment et, surtout, s'il coïncide avec le midi de leurs montres. Pour cela, ils repéreront durant la journée l'évolution de l'ombre d'un simple crayon mis « debout » au soleil. Ils constateront que son ombre tourne et change de longueur, qu'elle passe par un minimum et qu'à ce moment-là – qui n'est pas le midi de leur montre bien qu'il se situe à la mi-journée –, l'ombre pointe vers le nord : c'est là en effet la double « signature » du midi solaire. Les enfants en déduiront que c'est le moment où le Soleil culmine et qu'il se situe alors droit vers le sud.

Les relevés d'ombre effectués régulièrement au cours d'une journée seront l'occasion d'organiser des jeux de simulation à l'aide d'une lampe de poche : il s'agira de replacer l'ombre du crayon dans ses tracés successifs afin de repro-



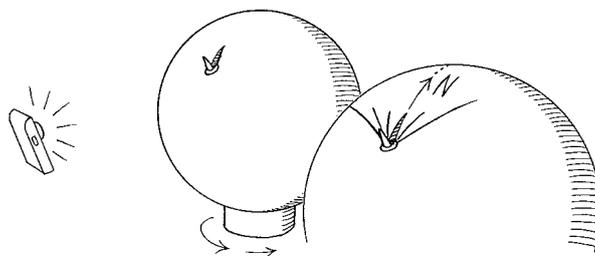
duire la course du Soleil. Ensuite, une lampe – fixe cette fois – éclairant un bâtonnet sur un ballon en rotation permettra de modéliser le phénomène, mais aussi de vérifier qu'au moment où l'ombre est la plus courte, elle pointe effectivement vers le pôle Nord du ballon (page 13).

D'autre part, des relevés d'ombre effectués à plusieurs reprises durant l'année mettront en évidence l'évolution de la trajectoire du Soleil au fil des saisons. L'utilisation d'une boussole permettra de repérer, tôt le matin et en fin d'après-midi, comment a varié depuis les précédents relevés la direction du Soleil par rapport aux deux points cardinaux de référence, l'est et l'ouest. On constatera qu'en revanche, le Soleil culmine invariablement vers le sud (sous nos latitudes).

Mesurer l'angle des rayons solaires

Comme Ératosthène à Alexandrie – mais sans attendre le jour du solstice d'été car l'expérience peut avoir lieu à une date quelconque –, les enfants devront évaluer, au moment du midi solaire, l'angle que forment les rayons solaires avec la verticale. Pour obtenir une meilleure précision, ils remplaceront leur crayon par la tige d'un gnomon (ancêtre de nos cadrans solaires) qu'ils auront réalisé et réglé convenablement.

Très riche sur le plan technologique, cette étape permettra d'aborder des notions essentielles. En premier lieu, les élèves improviseront des gnomons et



les testeront. En constatant la disparité des résultats obtenus lors de relevés d'ombre faits aux mêmes heures, ils comprendront la nécessité que toutes les tiges soient bien verticales et les socles bien horizontaux. Ils travailleront donc sur la notion de verticale et d'horizontale d'un lieu, apprendront à bien régler leurs gnomons, puis s'intéresseront au fait que des verticales à l'échelle de la Terre se rejoignent en son centre. Ensuite, ils s'approprieront de façon concrète les notions d'angle et de mesure d'angle, notions délicates mais que l'on peut rendre accessibles en utilisant des réglettes articulées et des demi-cercles gradués avant d'en venir au rapporteur.

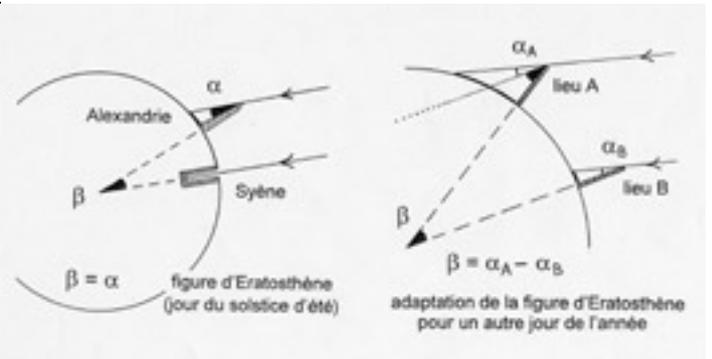
Évaluer l'angle au centre de la Terre

Ératosthène avait compris que l'angle des rayons solaires mesuré à Alexandrie se retrouvait au centre de la Terre (du fait du parallélisme des rayons et de leur verticalité à Syène). Une fois l'angle des rayons solaires évalué, il faudra que les enfants puissent le comparer à celui d'un correspondant qui, le même jour et à la même heure solaire – chacun voyant midi à sa porte... –, aura fait sa propre mesure. C'est la différence entre ces deux angles qui fournira la valeur de celui formé au centre de la Terre par les deux verticales des lieux.

Ici, il convient de donner quelques précisions sur la façon dont les élèves vont pouvoir intégrer la célèbre figure d'Ératosthène. Grâce à tout ce qu'ils auront acquis depuis le début du projet, ils seront capables, lors d'une séance collective, de retrouver eux-mêmes, pas à pas, comment cette figure fut élaborée. Ensuite, après l'avoir retracée très soigneusement, ils pourront vérifier – à l'aide de calques ou de gabarits – ce qu'ils y remarquent, c'est-à-dire l'égalité des deux angles « jumeaux » (les deux angles alternes internes), égalité qui est la clef du raisonnement d'Ératosthène. Et une fois qu'ils auront compris comment va évoluer cette figure un autre jour de l'année, puis établi le parallèle entre leurs résultats et ceux de l'école partenaire, ils découvriront à l'aide d'un calque à quoi équivaut l'angle au centre de la Terre.

Calculer la longueur du méridien

Le savant grec considérait que la distance d'Alexandrie à Syène représentait une portion de méridien terrestre et qu'en l'évaluant, il pourrait calculer ensuite la totalité du méridien grâce au rapport entre l'angle au centre de la Terre et les 360° du cercle entier. En regardant la figure d'Ératosthène, les enfants vont comparer le « rond de la Terre » à un immense « gâteau » dont on aurait

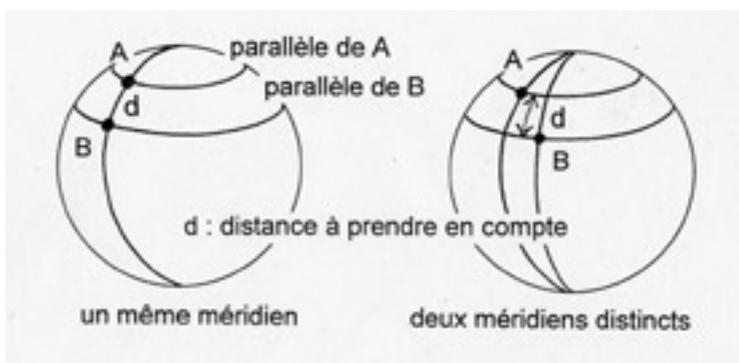


Figures obtenues par Ératosthène un 21 juin et un autre jour de l'année.

découpé une « part » délimitée par l'angle au centre. Ils comprendront qu'en calculant le nombre de parts identiques que l'on pourrait découper dans ce gâteau et en le multipliant par l'arc formé par l'une des parts, on obtiendra le tour du gâteau entier.

Seulement, après avoir repéré sur le globe terrestre leur position et celle de leur correspondant, ils constateront qu'ils sont situés – certainement – sur deux méridiens différents... Il leur faudra donc évaluer, non pas la distance séparant les deux lieux comme le fit Ératosthène, mais la distance comprise entre les parallèles des lieux, celle-ci représentant ni plus ni moins qu'un fragment de méridien. Multipliant cette distance par le chiffre obtenu en divisant 360° par l'angle au centre de la Terre, les enfants obtiendront, enfin, la mesure du méridien terrestre !

Outre qu'elle présente une coloration mathématique, cette dernière étape pourra s'enrichir d'activités variées. Par exemple, avant de parler de coordonnées géographiques, on abordera de façon concrète la notion de repérage sur un plan, un cylindre, une sphère, puis on fera découvrir aux élèves, en éclairant plusieurs bâtonnets sur un ballon en rotation, les notions de méridiens et de parallèles. En plaçant ensuite deux bâtonnets sur une mappemonde, les enfants mettront en évidence ce qu'est le décalage horaire, ainsi que le phénomène des saisons et leur inversion d'un hémisphère à l'autre, et même la notion de tropique !



Deux globes avec méridiens et parallèles, et distance à prendre en compte entre les deux partenaires.

Chronique d'une belle aventure partagée

Grâce à ce projet coopératif lancé en septembre 2000, des milliers d'écoliers et de collégiens à travers le monde ont déjà effectué la mesure de la Terre selon la démarche d'Ératosthène. Disposant d'un outil, Internet, que le génial savant n'avait pas à sa disposition, ils ont pu aisément communiquer entre eux, échangeant, outre leurs coordonnées géographiques, leurs idées de « manips », leurs tâtonnements, leurs relevés de mesures, leurs reportages photos et, bien sûr, les résultats de leurs calculs.

Chaque année, le 21 juin, ils clôturent leur projet de manière festive : ce jour-là, toutes les classes impliquées participent à la mesure historique en partenariat avec – excusez du peu – des écoles égyptiennes. Imaginez la jubilation de tous ces enfants lorsque, devant un écran d'ordinateur, ils assistent pratiquement en direct à la disparition de l'ombre d'un bâton planté dans la cour d'une école à Assouan, puis à sa réapparition à l'opposé... Les équipes communiquent ensuite leurs résultats, lesquels sont souvent très honorables et parfois même encore meilleurs que ceux d'Ératosthène !

Autre point remarquable, l'impact très positif que la démarche expérimentale elle-même produit sur ces jeunes chercheurs, en particulier sur ceux qui éprouvent des difficultés scolaires : trouvant là l'occasion de faire preuve d'inventivité, de débrouillardise, d'habileté manuelle, mais aussi d'exercer leur sens de l'entraide – qualités reconnues et appréciées de leurs pairs –, ces enfants reprennent confiance en eux et progressent ensuite dans les autres domaines.

Alors, bonne route à tous sur les pas d'Ératosthène !

Le pas de Béton

Je m'appelle Béton. Je suis le garde du corps de la reine Bérénice. J'étais à ses côtés lorsque c'est arrivé. Que je te raconte ! La reine était très amoureuse d'Évergète son mari. C'est suffisamment rare pour que je le signale. Évergète était parti faire la guerre en Syrie. Le temps passait, Bérénice avait un mauvais pressentiment, Évergète ne reviendrait pas vivant. Alors elle a décidé de faire un sacrifice à la déesse Isis : " Déesse, ma sœur, toi qui as su redonner vie à Osiris, ton époux, sauve Évergète. Qu'il me revienne vivant et vainqueur. " Bérénice s'est emparée d'une longue lame et, mèche après mèche, elle s'est rasé la tête. Sa splendide chevelure que toutes lui enviaient, elle l'a offerte à Isis.

Quelques heures plus tard je suis retourné au temple. La chevelure avait disparu !

Je me suis précipité dans les appartements de la reine. Elle est devenue blême. Elle avait compris. Isis avait refusé son offrande, Évergète ne reviendrait pas vivant. C'était ne pas connaître la reine. À la déesse, elle a fait un nouveau sacrifice, plus grand encore, plus terrible. Que je garderai secret.

Le soir, alors qu'elle était sur le point de s'endormir, Conon, le vieil astronome, a forcé sa porte et l'a entraînée sur le balcon. Instinctivement, Bérénice a regardé le grand feu qui brûlait en haut du phare. Ah oui, j'ai oublié de te dire que j'habite Alexandrie, sur la Méditerranée, tout au nord de l'Égypte. Une ville, oh, tu ne peux pas savoir, la plus belle cité que l'on puisse imaginer, la ville d'Or, avec l'île de Pharos en avant-poste. Ses deux ports débordant de richesses et ses rues si larges que quatre chars tirés chacun par deux couples de chevaux peuvent avancer de front. Et son phare, 100 m de haut ! Et sa grande bibliothèque, sept cent mille rouleaux. Je n'en finis pas d'égrener les merveilles qu'elle recèle. Où en étais-je ? Bérénice et Conon. L'astronome a pris la main de la reine et l'a dirigée vers un petit morceau du ciel : " Reine, tes cheveux, je les ai retrouvés ! " Il a désigné sept étoiles entre les constellations de la Vierge et du Lion. Depuis cette nuit mémorable, elles se nomment les " cheveux de Bérénice ". Si tu ne me crois pas, attends la nuit et vérifie toi-même. Évergète est revenu vivant et vainqueur.

Avant d'être au service de la reine, j'ai fait beaucoup de choses. Dans ma jeunesse, j'ai participé aux jeux Olympiques, à la course de Marathon. Je ne l'ai pas gagnée, mais je suis tout de même arrivé troisième. La résistance, l'endurance, ça allait, il m'a manqué seulement un peu de vitesse. Mais ma plus grande qualité, c'est la régularité. Il faut dire que ce fut longtemps mon métier. Bématiste ! Ce mot ne te dit rien ? C'est normal, il y a beau temps que la profession a disparu, je suis le dernier des bématistes. Cela veut dire " compteur de pas ". Je peux marcher des heures et des heures en faisant le même pas, je veux dire un pas de la même longueur. C'est un véritable métier. Essaie ! Par exemple avec les carreaux du sol de ta chambre. S'il y en a. Ou bien dehors, avec les dalles des trottoirs.

Quand on a besoin de déterminer une distance importante, on fait appel à mes services. Je pars d'un endroit et je marche, on compte mes pas jusqu'à ce que j'atteigne l'arrivée. On multiplie le nombre de pas que j'ai effectués par la longueur de mon pas et on a la distance. Simple, non ? Un véritable compteur. Mon grand-père déjà était bématiste, il a accompagné Alexandre le Grand en Asie. Il déterminait la longueur des étapes des armées, ni trop longues ni trop courtes. Il serait fier de moi.

Un jour, Ératosthène, un grand ami de Bérénice - ils venaient de la même ville, Cyrène - est venu me trouver et m'a proposé de...

Ératosthène était l'un des hommes les plus célèbres d'Alexandrie. Un savant de grande envergure. Rien moins que le directeur de la grande bibliothèque dont je t'ai parlé plus haut. Mathématicien, géographe, c'est même lui qui a inventé le mot géo-graphicos : dessinateur de la Terre. Il a fait une carte dont on se souvient encore, la carte du monde habité, depuis les portes d'Hercule, Gibraltar, jusqu'au Grand Taurus, en Inde. Une grande carte rectangulaire : en largeur, latitude, en longueur, longitude. Qu'est-ce qu'il était encore : grammairien, astronome, philologue... Enfin, il savait tout, ou presque.

Sa dernière idée : mesurer la Terre. Tu as bien entendu, mesurer la Terre entière ! Et il était venu me voir pour que je l'aide, moi, Béton le bématiste ! J'étais honoré, tu peux me croire.

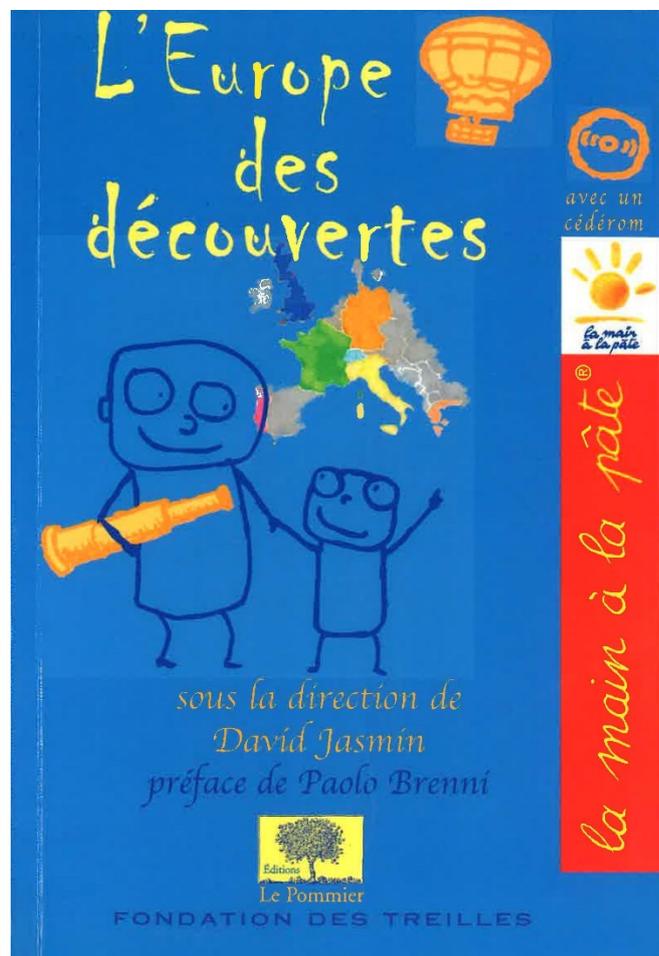
Que je te dise... À l'époque, pour les savants, la Terre était ronde, c'était une affaire entendue. Longtemps elle avait été plate, cylindrique même. Mais elle était ronde à présent. Tu ne peux pas savoir quelle chance nous avons. Car si elle n'avait pas été ronde, on n'aurait pas pu la mesurer.

L'idée d'Ératosthène était de mesurer un morceau de méridien, enfin, je ne rentre pas dans les détails. Ce n'est pas parce que je n'ai pas compris. Donc un morceau de méridien. Un méridien, c'est une ligne qui file nord-sud, elle passe par les pôles. Tu vois, je ne suis pas ignorant, on dit même que je suis assez subtil. Et c'était notre deuxième chance. Non pas que je sois subtil, mais que la ligne file nord-sud, une chance inespérée. Le Nil, le Nil qui fait vivre notre Égypte, le Nil au joli cours. Le Nil s'écoule du sud vers le nord, oui, tu as bien entendu. Le Nil épouse le tracé d'un méridien. C'est le seul endroit au monde qui offre cette situation rêvée, un long morceau

de méridien marqué dans le sol. La superbe idée d'Ératosthène consistait à mesurer le Nil depuis Alexandrie, au nord, jusqu'à Assouan, juste avant la première cataracte, au sud. Et comment ? C'est là que j'interviens. Ce que je vais te dire, c'est ce que j'ai fait vraiment. Je suis parti d'Alexandrie et j'ai marché le long de la rive et l'on comptait mes pas, mes pas réguliers, et chaque soir, Ératosthène, qui me suivait sur un bateau - c'était moins fatigant ! - inscrivait sur un rouleau le nombre de pas que j'avais accomplis. J'ai traversé le delta avec ses champs de papyrus, je suis passé par Memphis et j'ai longé les pyramides, Khéops, Khéphren et Mykérinos. Elles sont aussi majestueuses qu'on le dit, et j'ai vu le Sphinx endormi à leurs pieds et j'ai continué. Chaque jour je marchais, c'était mon métier, bématisse. Je m'arrêtais tout de même à midi, avec ce soleil ! Je faisais une petite sieste et je repartais jusqu'au soir. J'en ai vu, des choses magnifiques. Mais le Nil ! Le Nil, on peut dire que j'ai eu le temps de le regarder. Je connais à présent tous ses méandres. Parfois il est resserré entre deux montagnes, parfois il s'étend comme un lac. Les Égyptiens disent qu'il est un don des dieux, et ils ont raison. Le soir, au coucher du soleil, je m'asseyais, fatigué, heureux d'avoir accompli ma tâche et je regardais la boule rousse s'enfoncer dans l'eau et disparaître, mangée par le fleuve paisible. J'en ai vu, des temples, plus beaux que dans mes rêves les plus fous, Karnak, Louxor, Kom Ombo, Edfou... Mais je ne pouvais pas m'arrêter, prendre le temps de les admirer, il fallait que j'arrive avant la crue. Elle aurait effacé les rives et tout aurait été fichu, il m'aurait fallu tout recommencer. Et j'ai fini par arriver à Assouan. Ératosthène a déroulé le rouleau et a fait la somme de tous les pas que j'avais accomplis durant ma... longue marche. Souviens-toi que c'est avec mon pas qu'on a mesuré pour la première fois le tour de la Terre. Le pas de Béton ! La nuit est tombée, je me suis étendu sur la rive, satisfait de ce que je venais d'accomplir. J'étais fatigué. J'ai scruté le ciel, et entre la Vierge et le Lion, je les ai retrouvés, un, deux, trois, j'avais l'habitude de compter, quatre, mais j'étais si fatigué, cinq...

Denis Guedj

Cette ressource est issue du projet thématique *L'Europe des découvertes*, paru aux Éditions Le Pommier.



Quelle meilleure façon de se familiariser avec l'esprit scientifique que d'observer Galilée découvrir les satellites de Jupiter dans sa lunette astronomique, s'élever dans les airs en compagnie des frères Montgolfier ou mesurer le bleu du ciel avec Ferdinand de Saussure, l'inventeur du cyanomètre? *L'Europe des découvertes*, un livre, accompagné d'un cédérom, pour permettre aux enfants de prendre le pouls de la science.

Issu d'un projet mis en œuvre par *La main à la pâte* et plusieurs partenaires européens, l'ouvrage présente douze découvertes qui nous font visiter sept pays d'Europe (Allemagne, France, Grande-Bretagne, Grèce, Italie, Portugal et Suisse). Du parachute de Léonard de Vinci au télégraphe de Chappe, de la caravelle à la pasteurisation... l'ouvrage propose, pour chaque découverte, une grande variété de documents : dans le livre, trois types de texte – historico-scientifique, pédagogique et pour enfant –, dans le cédérom, plus directement destiné aux petits, des animations interactives et des cahiers d'expériences.

L'Europe des découvertes ouvre ainsi la voie à une utilisation constructive de l'histoire des sciences et des techniques, au-delà du rôle de complément culturel qui lui est le plus souvent assigné.

Car la science a une histoire : elle évolue au gré des inventions, des nouveaux moyens mis en œuvre, mais aussi des échecs et des réfutations. Enseigner aux enfants cette merveilleuse aventure leur permet de retrouver le sens qui habite la science et ceux qui l'ont incarnée.

la main à la pâte®

Dynamique de rénovation de l'enseignement des sciences à l'école primaire (maternelle et élémentaire), *La main à la pâte* est une opération conduite par l'Académie des sciences, qu'un Plan de rénovation, mis en place par le ministère de l'Éducation nationale, a étendue à tout le territoire national. C'est aussi un label de qualité attribué à cet ouvrage par un comité issu de l'Académie des sciences.



168-01/1
27 €

diffusion harmonia mundi

Diffusion
BELIN
depuis
juin 2007

Retrouvez l'intégralité de ce projet sur : <https://www.fondation-lamap.org/projets-thematiques>.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes
75006 Paris
01 85 08 71 79
contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

 FONDATION
La main à la pâte
POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE