

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-



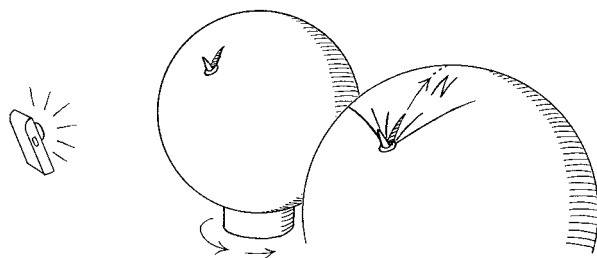
duire la course du Soleil. Ensuite, une lampe – fixe cette fois – éclairant un bâtonnet sur un ballon en rotation permettra de modéliser le phénomène, mais aussi de vérifier qu'au moment où l'ombre est la plus courte, elle pointe effectivement vers le pôle Nord du ballon (page 13).

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.

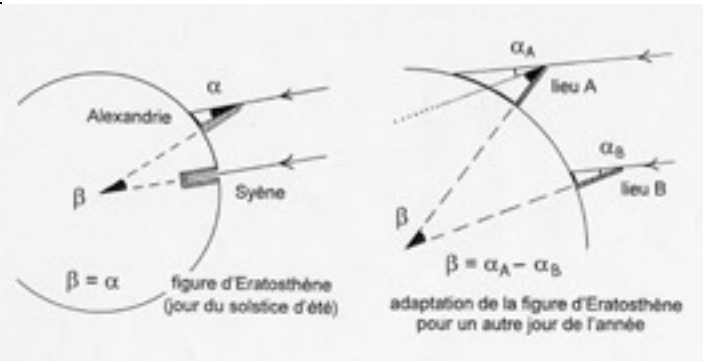
Évaluer l'angle au centre de la Terre

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

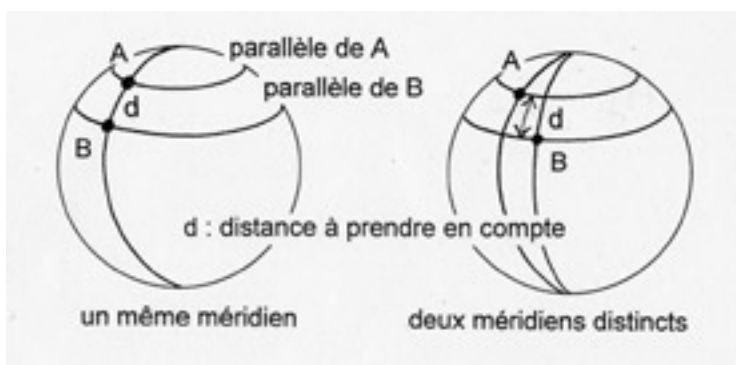


Figures obtenues par Ératosthène un 21 juin et un autre jour de l'année.

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 !