

MESURER LA TERRE AVEC UN BATON : "SUR LES PAS D'ÉRATOSTHÈNE"

Emmanuel Di Folco
David Jasmin

Depuis septembre 2000, des centaines de classes de cycle 3 et de collège participent à un projet international et coopératif organisé par La main à la pâte, permettant de mesurer simplement la taille de notre planète. Reproduisant ainsi l'expérience historique du savant grec Ératosthène, ils doivent mesurer l'ombre d'un bâton vertical (appelé aussi "gnomon") à midi au soleil et, en échangeant sur Internet leur résultat avec un partenaire situé à une latitude différente mais à une distance connue, ils obtiennent par un calcul simple la circonférence de la Terre.

comparer l'ombre
d'un gnomon pour
mesurer la terre

Cette méthode a été mise au point et appliquée pour la première fois au III^e siècle av. JC par Ératosthène de Cyrène (1), alors directeur de la grande bibliothèque d'Alexandrie. Convaincu de la rotondité de notre planète et de son éloignement du Soleil, il tira parti du parallélisme des rayons solaires pour construire une figure géométrique élémentaire dans laquelle deux rayons atteignant la Terre en deux lieux de latitudes différentes montrent (à une heure donnée s'ils sont sur le même méridien) une inclinaison différente par rapport à la direction verticale. L'expérience originelle eut lieu un 21 juin (jour du solstice d'été) à midi au soleil. À Syène, dans le sud de l'Égypte, il était connu que les rayons solaires sont quasiment verticaux à cette date, atteignant ainsi le fond des puits à midi. Plus au nord, à Alexandrie, au même instant, les rayons sont plus inclinés et forment autour des obélisques une ombre courte. Ératosthène démontra que la différence d'inclinaison était liée à la courbure terrestre et qu'il suffisait de mesurer cet angle entre les rayons et la verticale pour mesurer la courbure de notre planète (figure 1). Comme il avait également besoin de connaître la distance entre les deux villes pour mener à bien son calcul, il mandata une expédition spécialement chargée de mesurer le long du Nil la distance qui séparait les deux lieux d'observation. Le résultat fut à la hauteur des moyens mis en œuvre puisqu'il obtint pour la longueur du méridien terrestre une valeur très proche de la réalité : 40000 km.

(1) Un des premiers comptes rendus de ces observations a été rédigé par Cléomède, in "*De motu circulari corporum coelestium*".

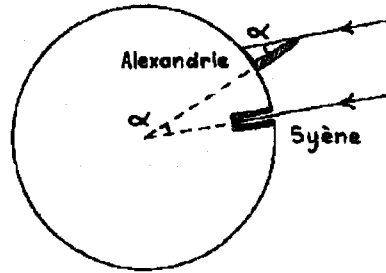


Figure 1.

une progression sur
l'année, une
approche
pluridisciplinaire

C'est autour de cette méthode très simple que nous avons construit ce projet, adapté en un parcours pédagogique progressif dont la démarche repose sur l'observation et l'expérimentation, conformément aux principes prônés par *La main à la pâte*. Celui-ci propose aux classes de reproduire, à travers une approche pluridisciplinaire, les observations d'Ératosthène et d'aboutir, par leurs propres mesures, au calcul de la circonférence terrestre comme le fit avant eux Ératosthène. Les élèves sont ainsi amenés à découvrir, au fil des observations et des expériences, des notions scientifiques telles que la verticalité, la comparaison des angles, la nature des ombres et leur relation avec les sources lumineuses, la trajectoire apparente du Soleil dans le ciel au cours d'une journée ou sur l'année et son rapport avec les saisons, etc. Les élèves comprennent également l'importance de la précision dans les mesures.

Le module pédagogique, en constante référence aux programmes scolaires, leur permet d'aborder d'autres disciplines telles que la technologie (réalisation d'instruments : niveaux à bulles, gnomons, quart de cercle...), la géographie terrestre (le repérage dans un plan et sur une sphère, les points cardinaux, le planisphère) et l'histoire de l'Égypte ancienne (2). Il participe également à l'apprentissage et à la maîtrise progressive de la langue française, grâce notamment à l'importance accordée aux comptes rendus d'expériences et aux discussions entre élèves. À travers la correspondance scolaire, l'occasion est donnée aux jeunes élèves de pratiquer une langue étrangère dans leurs éventuels échanges avec des classes partenaires. Ce projet, grâce aux outils de travail coopératif mis à leur disposition, contribue enfin au développement des TICE à l'école.

Le protocole expérimental est disponible sur le site de *La main à la pâte* (www.inrp.fr/lamap/eratos/), qui regroupe

(2) Certaines séances proposées s'inspirent de la thèse d'Hélène Merle (1999) et des ouvrages de Mireille Hibon-Hartmann (1999, 2001).

des outils pour
l'enseignant...

...un travail
coopératif entre
classes

découvrir l'Égypte

par ailleurs un ensemble d'outils pédagogiques destinés à accompagner les enseignants dans la réalisation des activités. On y trouve ainsi des assistances techniques qui détaillent les notions scientifiques abordées et des animations qui facilitent la compréhension de l'expérience et de son principe. Une mappemonde interactive permet de visualiser l'ensemble des partenaires sur le globe. Enfin, un certain nombre d'outils coopératifs ont été spécialement conçus sur Internet pour faciliter la collecte et la mutualisation des mesures ainsi que le suivi des classes. Une liste de diffusion a été créée, permettant aux acteurs du projet de communiquer entre eux (envois de messages) mais aussi avec des consultants (scientifiques, formateurs pédagogiques) prêts à répondre à toutes leurs interrogations.

L'ensemble des protocoles expérimentaux a été publié en septembre 2002 aux éditions Le Pommier dans un livre et un cédérom. Au-delà des séquences pédagogiques elles-mêmes, le cédérom présente des animations détaillant le principe de l'expérience, des fiches techniques pour bien assimiler les notions scientifiques mises en jeu, et des séquences vidéos filmées dans une classe participant au projet qui montrent l'évolution et les réactions typiques d'une classe au cours des activités. Une collection de photos du pays d'Ératosthène (l'Égypte !) est également jointe. Outil d'autoformation, ce cédérom a été offert aux classes engagées dans le projet 2002-2003.

"Sur les pas d'Ératosthène" a récemment pris une dimension internationale grâce à la mise à disposition sur la toile de protocoles multilingues (en anglais, espagnol, allemand et bientôt italien). En 2003, près d'une vingtaine de pays (encore majoritairement francophones) y participent. Chaque année, des événements ponctuent le projet et assurent son animation : les élèves ont pu par exemple suivre sur Internet le voyage en Égypte de Denis Guedj (3), parti au fil du Nil sur les traces du savant grec. Des mesures synchrones entre les écoles françaises et égyptiennes ont également permis de développer la coopération entre les deux pays et de faire découvrir aux enfants les lieux mêmes de l'expérience d'Ératosthène : Alexandrie et sa nouvelle bibliothèque, Assouan (anciennement Syène) et son puits, les obélisques et les temples égyptiens... Enfin, le 21 juin, jour du solstice d'été dans notre hémisphère et de l'expérience historique, une mesure synchrone est effectuée par tous les participants qui peuvent ainsi aisément utiliser des observations provenant des quatre coins de la planète pour mieux calculer sa

(3) Denis Guedj est historien des mathématiques. Auteur de plusieurs romans sur l'histoire des sciences comme *Le théorème du Perroquet* et plus récemment *Les Cheveux de Bérénice* (2003), il est partenaire de cette opération depuis son début.

échanger avec le monde

circonférence. Avantage notable sur Ératosthène, les élèves peuvent travailler avec des camarades situés n'importe où dans le monde, les distances entre les lieux d'observations étant évaluées à partir de cartes. Lorsque les deux villes partenaires sont situées sur le même méridien (comme Alexandrie et Syène), on mesure la distance réelle les séparant et les relevés d'angles sont effectués à la même heure. Lorsque celles-ci diffèrent par leur longitude, on mesure l'écart en kilomètres entre leurs parallèles respectifs (le long d'un des deux méridiens) et les mesures d'angles se font au midi solaire de chaque ville.

une démarche d'investigation

Au total, ce sont près de cent écoles qui se relaient chaque année tout autour du globe pour reproduire les observations et les mesures d'Ératosthène. Un succès assuré par un projet ambitieux et enthousiasmant qui repose sur la coopération entre les classes et l'utilisation des nouvelles technologies pour l'échange des données. Les enfants y découvrent de manière ludique les principes d'une démarche scientifique d'investigation. La diversité des pays engagés facilite l'obtention de résultats précis en mettant à disposition des élèves des mesures effectuées par des partenaires très éloignés en latitude. En 2001 comme en 2002, une centaine de mesures furent pratiquées dans les classes. 90 % d'entre elles affichèrent des résultats proches de la valeur réelle du méridien (environ 40000 km) alors que d'autres devaient se contenter d'une valeur un peu moins précise, mais quel que soit le résultat, les élèves ont apprécié : *"d'étudier l'histoire de la terre", "de faire souvent des relevés", "de fabriquer les niveaux à bulles, les fils à plomb, les équerres.", "de mesurer les angles", "d'utiliser un rapporteur", "de devoir être très précis", "de faire beaucoup de choses..."* ! Un test préliminaire et un post-test permettent d'ailleurs à l'enseignant de faire une évaluation des connaissances acquises par ces derniers.

des centaines de mesures

un projet long mais instructif

Il reste que ce projet de longue haleine exige un investissement parfois difficile à insérer dans le cadre strict des horaires alloués à l'enseignement des sciences. Les aléas météorologiques et la durée du projet obligent à une certaine souplesse dans la gestion de la classe. Son étalement sur une année peut induire d'éventuelles difficultés de mémorisation des acquis à long terme. Force est cependant de constater que la grande majorité des élèves qui vont au bout du projet acquièrent avant tout, par l'observation et l'expérimentation, les bases d'un raisonnement rationnel et d'une démarche scientifique d'investigation.

Emmanuel DI FOLCO
European Southern Observatory, Munich
David JASMIN
INRP, La Main à la Pâte, Paris

BIBLIOGRAPHIE

CLEOMEDE, *De motu circulari corporum coelestium*, les versions anglaise et grecque de ce texte du I^{er} siècle après J.C sont disponibles dans *Greek Mathematics*, Loeb University Press. Classical library. Harvard University Press.

FARGES, H., DI FOLCO, E., HARTMANN, M. & JASMIN, D. (2002). *Mesurer la Terre est un jeu d'enfant*. Paris : Le Pommier.

GUEDJ, D. (2003). *Les cheveux de Bérénice*. Paris : Le Seuil.

HARTMANN, M. (1999). *L'Astronomie est un jeu d'enfant* (p. 203). Paris : Le Pommier.

HARTMANN, M. (2001). *Explorer le ciel est un jeu d'enfant* (p. 224). Paris : Le Pommier.

MERLE, H. (1999). Thèse de doctorat : *Apprentissage des mouvements de la Terre à l'école élémentaire*. Université Montpellier II.