

Projet approuvé par Sciences à l'Ecole

Mesurer le rayon de la Terre

Porteur du projet :

ACKER Agnès

acker@astro.u-strasbg.fr

Téléphone : 03 90 24 24 55 06 03 35 73 56

Observatoire de Strasbourg 11 rue de l'Université 67000 STRASBOURG



Autres concepteurs du projet et leurs organismes de rattachement

- Nom :** (1) DEFAY Ludovic, prof. agrégé de maths, chargé de mission « Education prioritaire » auprès du Recteur de l'académie de Nice, et de la mission « Ambition-réussite » au Collège *La Marquisanne de Toulon* ludovic-felix.defay@ac-nice.fr
(2) ACKER Emmanuelle, prof. de maths, membre du groupe de travail de l'*Institut de Recherches sur l'Enseignement des Mathématiques* (IREM) de l'université de Strasbourg emmanuelle.acker@ac-strasbourg.fr
(3) DUVAL Marie-France, astronome, présidente de l'association *Andromède*, Observatoire de Marseille marie-france.duval@oamp.fr
(4) DUCERF Dominique, directeur du Centre Astro de St-Michel d.ducerf@centre-astro.fr
(5) MATHIEU Didier, directeur du Planétarium d'Epinal planetarium.epinal@wanadoo.fr

Organisme :

- (1) Académie de Toulon, Collège *La Marquisanne* rue Bel-visto 83000 Toulon
- (2) Lycée Théodore Deck, 5 rue des Chanoines 68504 Guebwiller
- (3) Planétarium, Observatoire de Marseille, 2 Place le Verrier 13248 Marseille Cedex 04
- (4) Centre d'Astronomie, Plateau du Moulin à vent 04870 St-Michel l'Observatoire
- (5) Planétarium et MJC « La belle étoile », Rue Dom Pothier 88000 Epinal

Financement

Dépenses

- 1 000 € impression, et diffusion de 1 000 plaquettes pédagogiques
+ 50 exemplaires du Compte-Rendu global de l'expérience (participation)
1 000 € Séances de Planétarium spécifiques

Recettes :

- MENR (subvention APLF) : 1 000 € pour l'impression de la plaquette
APLF : 1 000 € pour les transports des scolaires vers les Planétariums
NATURE : Conception et mise en page (inDesign) de la plaquette
Diffusion gracieuse du CDrom « Explorer l'Univers »

Etablissements et Planétariums : Construction des gnomons
Démonstrations dans les salles de Planétariums

Apports supplémentaires (hors budget du projet)

- Région Lorraine, Culture scientifique: 1 500 € = construction du cadran solaire fixe à Epinal
Conseil Général 04 et Centre Astronomie StMichel : 3 000 € = construction d'un cadran solaire
Fixe au Centre Astro de St-Michel

Le projet et les établissements scolaires

Niveau scolaire visé : classes de seconde ; classes de collège y compris celles relevant de l'éducation prioritaire ; classes de CM de l'enseignement primaire.

Relation avec le second degré

Plusieurs professeurs de collège et lycée se sont investis dans ce projet (auxquels s'ajoutent localement des professeurs de physique, p ex SAVY David, professeur de physique à Guebwiller).

Sous la coordination de L. Defay, les collèges relevant de l'éducation prioritaire (élèves en difficulté) dans l'Académie de Nice seront informés du projet et invités à y participer à travers le site CAREP (centre académique de ressources pour l'éducation prioritaire) en construction par L. Defay.

Une diffusion sera faite dans toutes les académies de Provence et Alsace-Lorraine, et autant que possible sur tout le territoire français, via les chargés de mission « Culture scientifique » et les sites académiques. Le projet sera également présenté sur les sites AMA09 et www.aplf-planetariums.org

Cette expérience est particulièrement bien adaptée à des classes de seconde, en parfaite adéquation avec leurs programmes officiels de mathématiques et de physique, proposant de :

- permettre un travail pluridisciplinaire et montrer que les matières du lycée ne sont pas cloisonnées.
- développer l'esprit critique des élèves en ne tenant pas pour acquis la valeur du rayon de la Terre donnée dans les livres et en rappelant que cela découle de la modélisation de la Terre par une sphère.
- développer l'analyse de l'erreur et des imprécisions
- replacer une démarche scientifique dans son contexte historique.

Productions précédemment réalisées par les porteurs :

Edition de livres pédagogiques (La Terre et son Univers en 7 animations, L'Univers Astronomique, ...) et CDrom (Terre, planète à protéger ; Explorer l'Univers avec le soutien de *Science à l'Ecole*) à l'Observatoire de Strasbourg.

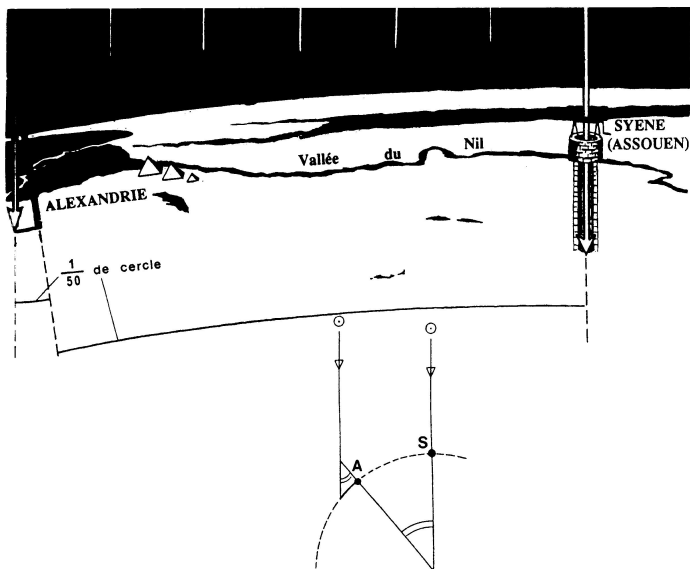
Publication « De la statistique aux probabilités au lycée », octobre 2006, IREM de Strasbourg.

Dans le cadre des parcours diversifiés dans une classe de 5^{ème} du Collège Émile Zola, Kingersheim « le temps de la Terre au rythme du Soleil » 1999-2000.

Malle pédagogique « Météorites » au Planétarium d'Épinal. Expositions et maquettes à l'Observatoire de Marseille, et au Centre d'Astronomie de Saint-Michel (www.centre-astro.fr).

Résumé du projet :

Une collaboration entre des classes du secondaire (collège et seconde) est mise en place en Alsace-Lorraine et en Provence, villes situées sur des méridiens terrestres très proches.



Il s'agit d'estimer la valeur du rayon de la Terre, en reprenant l'expérience d'Eratosthène. Des gnomons seront construits et utilisés pour mesurer la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon, et en déduire la différence de latitude entre les villes concernées.

Le projet se déroulera à partir de la rentrée 2008, les mesures elles-mêmes étant conduites en mai 2009 (dates que les lycées préfèrent à celle du solstice, mais le principe de l'expérience reste le même).

Diverses applications sont proposées, dont une estimation de la distance Terre-Lune connaissant le rayon de la Terre, à partir d'observations simples avec des petites lunettes élémentaires.

Environ 50 classes sont déjà prévues dans le projet : classes des professeurs-concepteurs, classes accueillies par les deux Planétariums et le Centre d'Astronomie de St-Michel, et classes relevant de l'éducation prioritaire de l'académie de Nice.

Présentation détaillée du projet

La synthèse des observations et mesures sera faite par Emmanuelle Acker (Nord-Est) en collaboration avec Marie-France Duval (Sud-Est). Elles prépareront une synthèse de tout le projet avec regroupement et analyse des résultats du primaire, collège et lycée.

L'expérience sera faite en salle avec un gnomon, au cours du mois de mai 2009. Marseille (site du Planétarium à l'Observatoire), Epinal (planétarium), et le Centre d'Astronomie de St-Michel bénéficieront de l'installation pérenne d'un gnomon géant, complété par un cadran solaire équatorial.

Préparation de l'expérience

Les élèves doivent comprendre :

- les diverses représentations de la Terre : planisphère, globe ;
- les coordonnées terrestres : longitude, latitude ; les points cardinaux
- les notions d'ombre portée par un objet éclairé ;
- le mouvement diurne : lever et coucher du Soleil, passage au « méridien » ; les saisons ;
- l'expérience d'Eratosthène, et sa forme dans le projet.

Le document pédagogique conçu et réalisé par l'équipe des concepteurs éclaircira tous ces points, en particulier à travers la réalisation de maquettes animées (présentées en kit dans l'ouvrage). Ce document sera prêt pour la rentrée 2008.

Les exercices proposés par le CDrom « Explorer l'Univers » initieront les élèves de collège et seconde aux observations et analyses modernes d'images numériques au cours de missions virtuelles vers la Lune, le Soleil,...

Une visite préalable au Planétarium est conseillée (Strasbourg, Epinal, Marseille, Aix, St-Michel l'observatoire).

L'expérience

Le gnomon

Un gnomon est construit pour chaque classe : plaque horizontale et tige verticale insérée de façon stable dans la plaque. Le gnomon sera placé de façon inamovible sur une table fixe devant une fenêtre orientée au sud. Une feuille de papier centrée sur le pied O de la tige est fixée soigneusement sur la plaque.

Il s'agit de mesurer la direction du Soleil au-dessus du plan horizontal, c'est la « hauteur » h du Soleil au moment de la mesure.

Le triangle joignant le haut et le bas de la tige, et le bout de l'ombre, sera étudié de diverses façons : triangles semblables découpés à l'échelle, trigonométrie ($\tan h$).

Le gnomon, horloge naturelle

Le mouvement apparent du Soleil est suivi par le trajet de l'ombre de la tige au cours de la journée. On repère pour chaque heure la position exacte B de l'ombre de l'extrémité A de la tige, en notant l'instant exact (min) à côté du relevé (croix), avec les initiales de l'élève. Les lignes OB ont une longueur minimale pour l'instant du passage du Soleil au méridien (le sud), correspondant au « midi vrai » où le Soleil est au plus haut dans le ciel pour la date considérée.

Les mesures

Les élèves notent régulièrement les positions B entre 8h30 et 16h, en ajoutant leurs initiales. Les relevés sont faits chaque jour pendant tout le mois de mai 2009. Une nouvelle feuille est fixée chaque jour, avec la position O du pied de la tige soigneusement noté, ainsi que la date.

L'analyse de ces mesures permettra de déterminer :

- la direction du sud
- la hauteur h_{midi} du Soleil à midi vrai
- l'instant du midi vrai

Calcul du rayon terrestre

On choisit le jour correspondant à la meilleure évaluation de h_{midi} en Provence et en Alsace-Lorraine (longitudes : Epinal 6°27' ; Guebwiller 7°13' ; Saint-Michel l'Observatoire 5°41' ; Marseille 5°44' ; Toulon 5°56' → méridiens proches, à moins de 7 minutes de temps).

Pour chaque lieu on pourra évaluer la différence d'angle correspondante, égale à $\{90^\circ - h_{\text{midi(Provence)}}\}$ et $\{90^\circ - h_{\text{midi(Alsace)}}\}$ respectivement. La distance D entre les villes du sud et du nord correspondra à la différence de ces deux angles, soit à $\{h_{\text{midi(Provence)}} - h_{\text{midi(Alsace)}}\}$. D'où la valeur du rayon terrestre calculée pour les divers couples de lieux.

Evaluation des incertitudes

Les élèves apprendront à tenir compte de toutes les imprécisions : des relevés et du tracé de la courbe C , des mesures de l'ombre minimale OM et de la longueur OA de la tige, puis de la valeur de l'angle h_{midi} ; erreurs induites par la différence des méridiens des divers sites,.....

Applications à partir du Rayon terrestre 1ère « dimension astronomique »

Distance Terre-Lune

* Méthode des Anciens : estimation du temps de passage de la Lune dans l'ombre de la Terre lors d'une éclipse de Lune, détermination du rapport diamètre/distance de la Lune à partir de son « diamètre angulaire » visualisé par des triangles semblables

* Méthode de la parallaxe : avec une petite lunette, déterminer l'angle entre l'image d'une étoile et un détail de la surface lunaire vus

depuis l'Alsace et la Provence (pour le secondaire)

Distance Terre-Soleil

Selon la méthode d'Aristarque : à partir de l'observation de la durée des phases lunaires, et la connaissance de la distance Terre-Lune

Conséquence : rapport des diamètres Lune, Terre et Soleil : différences Etoile-Planète

Note : le Centre d'Astronomie de St-Michel et *Andromède* à Marseille disposent d'instruments d'observation de bonne qualité permettant une approche précise de ces divers points.

Autres exercices possibles (pour le secondaire)

Variations observées de la « constante solaire »

Pour une surface horizontale et une hauteur angulaire h du Soleil, la puissance délivrée par heure sera égale à $C \times 3600 \times \sin h = 5 \sin h$ MegaJoules/heure/m². Cette puissance varie tout au long de la journée. D'après les courbes observées, on expliquera les différences thermiques entre été et hiver.

Calcul de la puissance solaire

On peut trouver sa valeur, connaissant la distance Terre-Soleil et la *constante solaire*, en multipliant cette dernière par la surface de la sphère de rayon égal à la distance Terre-Soleil. Cette énergie est fournie par seconde, et on en déduira l'énergie rayonnée pendant une année.

Origine de l'énergie solaire et durée de vie du Soleil

Bilan de la transmutation nucléaire de l'hydrogène, évaluation de la masse du Soleil à partir du mouvement de la Terre (équilibre Forces d'attraction gravitationnelle et centrifuge), estimation de l'énergie solaire globale à fournir par le cœur solaire.