Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

éduscol Informer et accompagner les professionnels de l'éducation

CYCLES 2 3 4

SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mettre en œuvre son enseignement

La planète Terre. Les êtres vivants dans leur environnement

Représentations géométriques de l'espace et des astres (cercle, sphère)

Éléments de contexte

Références au programme et au socle commun

COMPÉTENCES TRAVAILLÉES	DOMAINES DU SOCLE
Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques	**Domaine 4** Les systèmes naturels et les systèmes techniques
S'approprier des outils et des méthodes	**Domaine 2** Les méthodes et outils pour apprendre
Se situer dans l'espace et dans le temps	**Domaine 5** Les représentations du monde et l'activité humaine

La planète Terre. Les êtres vivants dans leur environnement

ATTENDUS DE FIN DE CYCLE
• Situer la terre dans le système solaire et caractériser les conditions de la vie terrestre.
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES ASSOCIÉES
• Décrire les mouvements de la Terre (rotation sur elle-même et alternance jour-nuit, autour du Soleil et cycle des saisons. *Représentations géométriques de l'espace et des astres (cercle, sphère)*

Thème associé : Matière, mouvement, énergie, informations

ATTENDUS DE FIN DE CYCLE
• Observer et décrire différents types de mouvement
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES ASSOCIÉES
• Décrire un mouvement et identifier les différences entre mouvements circulaire et rectiligne

Première discipline associée : Arts plastiques

ATTENDUS DE FIN DE CYCLE
• Représenter le monde environnant ou donner forme à son imaginaire en explorant divers domaines (dessin, collage, modelage, sculpture, photographie, vidéo...).
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES ASSOCIÉES **LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES D'IMAGES**
• La différence entre images à caractère artistique et images scientifiques, la transformation d'images existantes dans une visée poétique ou artistique.

Retrouvez Éduscol sur

Deuxième discipline associée : Mathématiques

ATTENDUS DE FIN DE CYCLE
• Se repérer et se déplacer dans l'espace en utilisant ou en élaborant des représentations.
CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES ASSOCIÉES
• Reconnaître et utiliser quelques relations géométriques. *Perpendicularité, parallélisme, égalité de longueurs, égalité d'angles.*

Intentions pédagogiques

L'objectif des activités présentées dans cette ressource est essentiellement d'approcher avec les élèves quelques démarches historiques. Il est essentiel de faire comprendre à l'élève, par un premier abord simple, comment sont produits les savoirs scientifiques et que le travail du savant est basé sur l'expérience et la raison. On travaille à cet objectif ici dans le cadre de l'attendu de fin de cycle « Situer la Terre dans le système solaire et caractériser les conditions de vie terrestre ».

Ces séances peuvent être réalisées au cours du cycle 3 ; les séances 4 et 5 sont plutôt conçues pour la dernière année du cycle ; chacune de ces séances pourra faire l'objet de plusieurs temps de classe.

Le synoptique ci-dessous résume les étapes de la démarche générale. L'articulation des séances peut être réalisée comme suit.

SÉANCE 1	
Domaines 2 et 5 Se situer dans l'espace et dans le temps en replaçant les évolutions scientifiques et technologiques dans un contexte historique, géographique, économique et culturel. Les élèves situent les connaissances dans le temps et utilisent l'outil numérique pour communiquer leurs recherches.	**Vocabulaire associé** Représentations en astronomie Chronologie
SÉANCE 2	
Domaine 1 Rendre compte des observations et expliquer ce qu'est une ombre à l'oral ou à l'écrit. À partir d'observations, les élèves proposent des expériences et les interprètent dans le but de prendre conscience des conditions d'obtention d'une ombre et de ses caractéristiques.	**Vocabulaire associé** Zones d'ombres Ombre propre et ombre portée
SÉANCE 3	
Domaines 4 et 2 Pratiquer une démarche scientifique pour comprendre les ombres - conditions, fabrications, formes et tailles. À partir d'observations, les élèves proposent des expériences et les interprètent dans le but de prendre conscience des conditions d'obtention d'une ombre et de ses caractéristiques.	**Vocabulaire associé** Source de lumière Propagation de la lumière Ombre
SÉANCE 4	
Domaines 1 et 4 Extraire les informations pertinentes d'un document et les mettre en relation pour reproduire l'approche d'Aristote - les éclipses. L'approche d'Aristote : Les élèves mettent en lien le phénomène d'éclipse et les observations et idées qui ont permis de démontrer la rotondité de la Terre. L'observation des éclipses de Lune a permis, dès l'Antiquité, de savoir que la Terre est sphérique.	**Vocabulaire associé** Éclipses Limites d'ombres

SÉANCE 5	
Domaines 2 et 4 Modéliser l'expérience d'Eratosthène sur la mesure de la circonférence de la Terre. Suivant la démarche d'Eratosthène, après avoir lu le texte relatant son expérience sur la mesure de la circonférence de la Terre, les élèves discutent de la notion de verticalité et, à l'échelle de gabarits qui leur sont distribués, reproduisent la mesure.	**Vocabulaire associé** Verticale Angle Parallélisme

Description de la ressource

Séance 1 - L'Astronomie à travers l'Histoire

Objectif

Se situer dans l'espace et dans le temps en replaçant les évolutions scientifiques et technologiques dans un contexte historique, géographique, économique et culturel.

Déroulement

À partir d'une sélection de documents issus par exemple de propositions de l'Observatoire de Paris les élèves reconstituent la frise chronologique de l'évolution des connaissances en astronomie. Il est possible d'utiliser le service en ligne « frise chronologique historique » ou un logiciel « générateur de frises » pour faire construire les frises aux élèves.

L'étude cible la période de 600 à 200 avant Jésus-Christ et les principaux personnages acteurs de cette évolution peuvent être Thalès, Pythagore, Hippocrate, Platon, Eudoxe, Aristote, Archimède et Eratosthène.

Il est possible de faire un travail par groupe avec une différenciation suivant la difficulté des documents proposés et de faire coopérer les élèves pour la construction.

Séances 2 et 3 - Qu'est-ce qu'une ombre ?

Objectif

Il s'agit de travailler sur la formation des ombres pour comprendre les conditions d'obtention, découvrir qu'il s'agit d'une zone dans laquelle la lumière est absente et d'expérimenter la formation des ombres, essentielle dans la démarche d'Eratosthène.

Tout au long de cette étude, les élèves notent leurs résultats sur un cahier d'expériences.

Durée et lieu

Plusieurs moments d'observation à l'extérieur, en fonction de la météo ; une séance de 20 min de tracés d'ombres à l'extérieur ; une autre pour des simulations à l'intérieur.
Endroit ensoleillé avec sol bitumé ; lieu pouvant s'assombrir.

Matériel

Pour chaque groupe de 3 à 5 élèves :
- bâton de craie,
- ruban de couturière ou mètre à enrouleur,
- lampe de poche,
- objet allongé de petite taille (crayon, bâton),
- feuille blanche,
- crayon,
- papier millimétré.

Déroulement

Représentations initiales

> **CONSIGNE 1 :**
> « Représentez un bâton éclairé par le soleil. »

Après l'avoir exprimé par le dessin (consigne 1), les élèves exposent ce qu'ils savent des ombres en général et de la façon dont elles se forment.

> **Consigne 2 :**
> « Dessinez-vous "au soleil", à côté d'un arbre et d'une maison, selon vos propre opinion par rapport à ce qui vient d'être dit. »

Exemple de dessin d'élève

Confrontation des dessins

Les élèves, lors des représentations initiales, ont produit des dessins qui, nécessairement, comporteront des divergences. L'enseignant propose ceux qui présentent des caractéristiques contradictoires et demande d'abord aux élèves, en groupes, de réfléchir aux différences qu'ils comportent.

Les élèves identifient la position de la source de lumière comme étant un élément essentiel dans le tracé d'une ombre.

Observations

Celles-ci se font par temps ensoleillé mais aussi quand le Soleil est légèrement voilé, de façon à pouvoir constater que les ombres sont plus ou moins nettes, plus ou moins contrastées, et qu'elles peuvent bien sûr disparaître dès qu'un nuage passe devant le Soleil.

Il est demandé aux élèves de découvrir 3 zones d'ombres différentes que l'on identifiera comme étant l'ombre propre, l'ombre portée et le cône d'ombre. La suite de l'étude portera sur l'ombre portée. On pourra se contenter avec les élèves du terme générique « ombre ».

Leur forme est mise en relation avec la forme de l'objet étudié lui-même selon la face présentée au Soleil (face, profil, trois-quarts, dessus…).

Le professeur demande aux élèves d'éloigner l'objet de la source de lumière et de dessiner son ombre (portée) à la craie sur le sol.

Confrontations des observations
La taille de l'ombre (portée) dépend de la position de la source de lumière.

Ce qu'il faut retenir
L'ombre est une région de l'espace où la lumière est absente parce qu'un obstacle est placé sur son trajet.
La taille de l'ombre (portée) dépend de la position de la source de lumière.

Séance 4 - L'approche d'Aristote (384 - 322 av. J.-C.) « Les observations d'Aristote »

Objectif
Extraire les informations pertinentes d'un document et les mettre en relation pour reproduire l'approche d'Aristote - Les éclipses

Déroulement
Ressources
L'observation des éclipses de Lune a été utilisée par Aristote pour prouver que la Terre était ronde, ainsi dans le Traité du ciel (Livre II, 14) il est possible de lire:

« Lors des éclipses, la Lune a toujours pour limite une ligne courbe : par conséquent, comme l'éclipse est due à l'interposition de la Terre, c'est la forme de la surface de la Terre qui est cause de la forme de cette ligne. »

Le professeur fera remarquer que cette preuve n'est pas suffisante pour prouver la sphéricité de la Terre, un cylindre et un disque ont également des ombres circulaires. Le dessin ci-dessous, qui illustre la démonstration d'Aristote, est extrait de la Cosmographie de Petrus Apianus (1581).

Aristote avança d'autres arguments en faveur de la rotondité de la Terre notant ainsi que lorsqu'un bateau disparaît à l'horizon, sa coque semble peu à peu engloutie par la mer, de bas en haut et que selon la latitude de lieu d'observation, une même étoile n'est pas vue à la même hauteur dans le ciel.

Aristote donna également une explication physique à la rotondité de la Terre. Chaque portion d'élément Terre qui constitue la planète possède une tendance à se mouvoir vers le centre de la Terre. Cette chute provoque une agglomération des différentes parties, tassement et compression, et impose que le volume total soit approximativement semblable sur chaque côté, autrement dit que la Terre ait sensiblement la forme régulière et symétrique de la sphère. C'est la première apparition de la notion de figure d'équilibre.

Interprétation de la cosmographie
Il est demandé aux élèves d'identifier les différents éléments qui constituent la cosmographie et d'écrire leur analyse quant aux ombres dessinées.

Représentation d'une éclipse de Soleil selon Aristote sur le modèle de la cosmographie d'Apianus
En petits groupes, avec l'aide du professeur, les élèves repèrent les différents éléments qui ont conduit Aristote à prouver la rotondité de la Terre.

Les élèves représentent ensuite une éclipse de Soleil en tenant compte de la rotondité de la Terre expliquée par Aristote.

Les éclipses observées de nos jours
Observation du système Soleil – Terre - Lune à partir :
- d'une vidéo. Par exemple, la vidéo de l'éclipse de Soleil vue depuis le pic du Midi le 20 mars 2015 ;
- d'observations (Éclipses) en lien avec le Thème1.

S'approprier des outils et des méthodes
Travail qui s'appuie sur le document comportant des images interactives « Eclipse de Lune du 3 Mars 2007 » accessible sur le lien astrosurf.com.

Activité de simulation :
les élèves font défiler les différents aspects de la Lune au cours d'une éclipse, puis superposent tous les aspects. Ils découvrent ainsi que la forme géométrique obtenue par la réunion des ombres est un cercle. La trajectoire de la Lune est circulaire. Le mouvement de la Lune est circulaire.

Approche expérimentale :
à partir de photos d'aspects de la Lune au cours de deux éclipses (3 mars 2007 et 28 septembre 2015, fournies en annexes 2 et 3), les élèves décalquent les aspects de la Lune par rapport au gabarit montrant le déplacement du disque lunaire sur le ciel (en haut à gauche). Il s'agit pour eux de tracer les limites d'ombres.

Retrouvez Éduscol sur

Observation : les limites d'ombres forment une portion de cercle. En associant les tracés des deux éclipses, l'aspect circulaire de l'ombre terrestre est davantage perceptible.

Exemple de tracé obtenu pour l'éclipse du 3 mars 2007.

Approche numérique :
il est possible également utiliser des logiciels de graphismes (tels que Gimp ou Inkscape) et d'utiliser les calques pour superposer les différentes photos des deux éclipses et ainsi mettre en évidence que l'ombre de la Terre est un disque.

Séance 5 - Sur les pas d'Eratosthène de Cyrène

Objectif
Modéliser l'expérience d'Eratosthène sur la mesure de la circonférence de la Terre.

Déroulement
Cette séance s'appuie sur le texte suivant :

« Ayant mesuré l'angle entre les rayons solaires et la verticale représentée par l'obélisque dans sa ville d'Alexandrie, Ératosthène dessina sur le sol une coupe de la Terre selon un méridien. Il y figura les villes de Syène et d'Alexandrie et traça les rayons du Soleil arrivant à ces deux villes. C'est en comparant les angles de ces rayons avec la verticale en chacune de ces villes et en prolongeant le rayon du soleil à Syène jusqu'au centre de la Terre que lui vint l'idée géniale de mesurer le tour de notre planète.
Il comprit vite qu'une seule donnée lui manquait : la distance entre Alexandrie et Syène. Il savait que les caravanes qui traversaient le désert étaient utilisées pour mesurer les distances entre les villes. En effet, des hommes qu'on appelait «bématistes» marchaient à côté des chameaux en comptant leurs pas. Connaissant la longueur moyenne d'un pas, ils calculaient les distances parcourues en multipliant cette longueur par le nombre de pas effectués durant le voyage ! On disait qu'il y avait près d'un million de pas entre Alexandrie et Syène ... Cela faisait environ 5 000 stades égyptiens (l'unité de longueur utilisée à cette époque).
Ératosthène trouva rapidement après quelques calculs simples que la circonférence de la Terre valait exactement 250 000 stades. Il s'empressa de communiquer son résultat à ses collègues scientifiques et géographes et la nouvelle se répandit vite dans tout le monde grec qu'un savant nommé Ératosthène venait pour la première fois de mesurer la taille de notre planète. »

Après avoir lu le texte, les élèves sont amenés à discuter de la notion de verticalité et à réinvestir des notions de mathématiques : parallélisme, égalité de longueurs, égalité d'angles.

Découvrir le raisonnement d'Eratosthène

Les textes historiques ont raconté qu'à Syène, le 21 juin à midi, les rayons du soleil atteignent le fond des puits et que les objets verticaux n'ont pas d'ombre. Ils suivent donc précisément la verticale. Le même jour, à Alexandrie, plus au nord, l'obélisque a une ombre. Il est demandé aux élèves de montrer que les angles indiqués en rouge sur la figure ci-dessous sont de même mesure. Une aide peut leur être proposée en leur suggérant de tracer deux droites parallèles, en tracer une autre sécante et vérifier que les angles sont égaux (par découpage ou en décalquant).

L'angle que fait l'obélisque avec son ombre est donc le même que fait Alexandrie avec Syène depuis le centre de la Terre.
Le 21 juin à midi à Alexandrie, Eratosthène a estimé que la longueur de l'ombre de l'obélisque équivaut à 1/8e de sa hauteur (l'angle vaut donc 7,2°).
Les élèves vont donc découper des triangles rectangles proportionnels à l'ombre de l'obélisque (par exemple de côté adjacent 16 cm et de côté opposé 2 cm), et compter combien ils doivent en assembler bord à bord pour constituer un disque. Ils peuvent aussi utiliser les secteurs roses ou les gabarits proposés en annexe (figure ci-dessous).
Il faut 50 secteurs ou triangles pour faire un tour, ce qui montre bien que la distance Syène-Alexandrie représente bien le 1/50e de la circonférence terrestre.

Pour mesurer les distances, on sait qu'un chameau met environ 50 jours pour aller d'Alexandrie à Syène, et qu'en un jour il parcourt une distance de 100 stades (le stade étant l'unité de distance en vigueur à l'époque d'Eratosthène). La distance entre les deux villes est donc d'environ 5000 stades. Et puisque cette distance vaut 1/50e de la circonférence de la Terre, c'est que cette dernière mesure environ 250 000 stades.
Apparemment, chez les Egyptiens, le stade valait 157.5 mètres. Ce qui nous donne comme estimation de la circonférence de la Terre 39 375 km. On sait maintenant que la véritable valeur est environ de 40 000km.

Après avoir discuté de la notion de verticalité, les élèves, à l'échelle de gabarits qui leur sont distribués, reproduisent la mesure.

Prolongement possible : « Et si la Terre était plate ? »

Près de 200 ans avant Eratosthène, un autre grec, Anaxagore, qui croyait que la Terre était plate, a déduit des mêmes observations que le Soleil se trouvait à un peu plus de 6000 km au-dessus de nos têtes.

En effet, si la Terre est effectivement plate, alors le rapport de la longueur de l'ombre du gnomon avec sa hauteur est égal au rapport de la distance entre les deux villes avec la distance de la Terre au Soleil (Thalès) : distance Terre - Soleil = 8 x 800 = 6400 km, en arrondissant la distance Syène - Alexandrie à 800 km.

Alors qui a raison ? Pour les départager, il faut faire appel à Aristarque de Samos qui, autour de 280 av JC, a estimé la distance Terre-Lune. Il a d'abord remarqué à partir d'observations d'éclipses de Lune que le diamètre terrestre vaut environ 3 fois le diamètre lunaire, ce que l'on peut vérifier sur les images de la 4ème séance. Il a ensuite mesuré le diamètre apparent de la Lune et a trouvé qu'il fait environ 2°, l'orbite fait 360°, c'est à dire 180 diamètres lunaires ou encore 60 diamètres terrestres. Connaissant la circonférence (longueur de l'orbite de la Lune autour de la Terre), il en a déduit le rayon (distance Terre-Lune) en divisant par 2π : environ 10 diamètres terrestres. Si on considère que la Terre est au moins aussi grande que la distance de Syène à Alexandrie, soit 800 km, on trouve que la Lune situe à plus de 8000 km. Or les éclipses de Soleil ou les observations des phases de la Lune nous montrent que la Lune est plus proche de la Terre que le Soleil, ce qui contredit l'hypothèse de la Terre plate d'Anaxagore. On peut remarquer que le véritable diamètre apparent de la Lune est de 0,5° et que la Terre est 3,7 fois plus grosse que la Lune, ce qui fait que la distance Terre-Lune vaut plus de 30 diamètres terrestres.

Annexe 1 – schémas du raisonnement d'Eratosthène

Annexe 2 – Éclipses du 3 mars 2007

Annexe 3 - Eclipse 28 septembre 2015