



3.1 – LA FORME DE LA TERRE

ACTIVITE 2 MESURES DU MERIDIEN TERRESTRE

Partie 1 : Mesure de la longueur du méridien par Eratosthène

À l'aide d'un simple bâton, Ératosthène a pu effectuer les premières mesures du rayon et du méridien terrestres.

Quelles observations ont conduit Ératosthène à déterminer la longueur du méridien et du rayon de la Terre ?

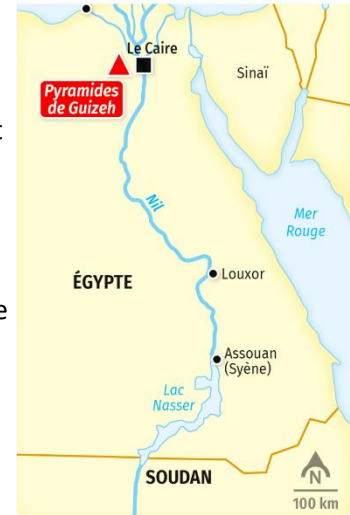
*Méridien : Demi-cercle imaginaire passant par les deux pôles terrestres.

DOCUMENT 1 : Les mesures d’Ératosthène

C'est à la bibliothèque d'Alexandrie qu'un papyrus du philosophe grec Anaxagore, a attiré l'attention d'Ératosthène. Il y a lu qu'à Syène, ville frontière au Sud, située près des premières chutes du Nil, à peu près sur le tropique du Cancer, le 21 juin à midi, un gnomon planté à la verticale n'avait pas d'ombre. Il se pose alors la question suivante : pourquoi au même moment, beaucoup plus au Nord, à Alexandrie, un autre gnomon, lui, en projette une (le Soleil étant à peu près à $\beta = 7,2^\circ$ du zénith) ?

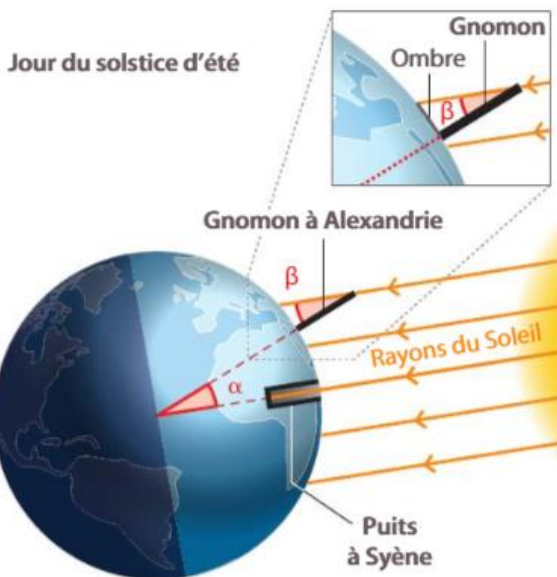
Il suppose que le Soleil est assez éloigné pour que ses rayons frappent la surface terrestre en faisceaux parallèles. Ératosthène ne trouve qu'une seule réponse à sa question : la surface de la Terre est courbe !

Ce constat lui a permis de faire le calcul du rayon de la Terre après avoir mesuré la distance qui séparait Syène d'Alexandrie. Une légende raconte qu'il aurait déterminé cette distance en comptant des pas réguliers de chameaux et que ces mêmes chameaux auraient parcouru 5 000 stades égyptiens. La longueur d'un stade est de 157,5 m.



Carte d'Égypte

DOCUMENT 2 : Schématisation de l'expérience d'Ératosthène

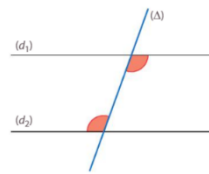


DOCUMENT 3 : Gnomon

Tige verticale plantée dans le sol, utilisée dans l'Antiquité, et dont l'ombre permet de déterminer l'orientation des rayons du Soleil.

DOCUMENT 4 : Points Maths

- Si deux droites (d_1) et (d_2) sont parallèles, les angles alternes-internes sont égaux.



- Dans un cercle de rayon R, la longueur L d'un arc de cercle est proportionnelle à l'angle α (en degrés) qu'il intercepte :

$$L = R \times \frac{\pi}{180} \times \alpha = k \times \alpha$$

- La valeur du périmètre P d'un cercle de rayon R est donnée par la relation : $P = 2 \times \pi \times R$

1. Pourquoi Eratosthène considère-t-il les rayons du Soleil comme parallèles entre eux ?
Que peut-on en déduire quant aux angles α et β ?
2. Calculer la distance AS d'Alexandrie à Syène en mètres.
3. Déterminez le rayon terrestre R par la méthode d'Ératosthène (6371 km).
4. En déduire alors la longueur du méridien terrestre (~ 40000 km), un méridien étant un cercle passant par les deux pôles (on admet qu'un méridien passe exactement par les deux villes Alexandrie et Syène).



Partie 2 : Mesure par triangulation du méridien terrestre

DOCUMENT 1 : Une première définition du mètre

Avant la Révolution française de 1789, il existe de nombreuses unités de mesure de longueur basées sur le corps humain (la coudée, la toise, ...). Afin de faciliter les échanges commerciaux et scientifiques entre pays, la nouvelle Assemblée Nationale décide de définir une **unité unique : le mètre**. Il faut une mesure « pour tous les temps et pour tous les peuples ».

De nombreux savants sont associés à ce projet et il est décidé de prendre la **Terre comme référence** : le mètre devrait correspondre au **dix millionième du quadrant du méridien terrestre**. L'Académie des sciences charge Pierre Méchain et Jean-Baptiste Delambre, tous deux astronomes et mathématiciens, de réaliser la mesure la plus précise possible du méridien terrestre. Les premières mesures débutent en 1792.

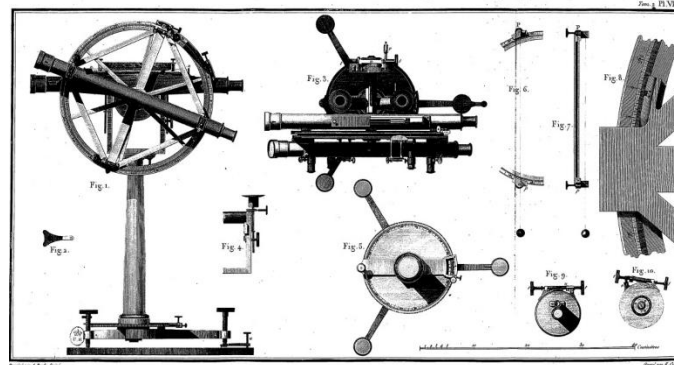
DOCUMENT 2 : Mesure par Delambre et Méchain

Delambre et Méchain mesurent avec précision la longueur d'une portion du méridien terrestre passant par Dunkerque, Paris et Barcelone, en toise, unité de l'époque. Ils partent chacun de Paris dans des directions opposées. C'est par une succession de mesures d'angles qu'ils parviennent à évaluer la distance Dunkerque-Barcelone puis l'arc du méridien entre ces deux villes. Leurs résultats donnent alors une valeur du mètre correspondant à 0,513 074 toise.

Ils rencontrent de nombreuses difficultés, car cette période de l'Histoire (la Terreur) n'est pas propice aux déplacements avec un appareil de mesure d'angles inhabituel, un cercle répétiteur. Delambre rencontre des problèmes avec les gardes nationaux locaux, peu coopératifs. Pendant une année, il ne peut pas travailler. Méchain a plus de chance au début mais, en 1793, l'Espagne déclare la guerre à la France et ses mesures deviennent plus compliquées à réaliser. Il constate finalement une anomalie de quelques secondes d'arc qui le poussera à cacher ses mesures.

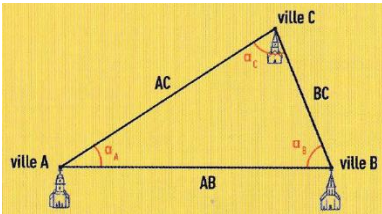


DOCUMENT 3 : Cercle répétiteur, appareil de mesure d'angles



D'après Wikipédia

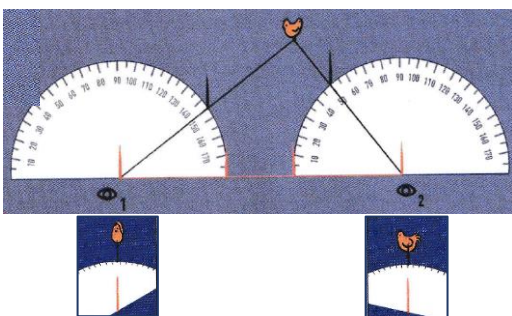
DOCUMENT 4 : Principe de la triangulation



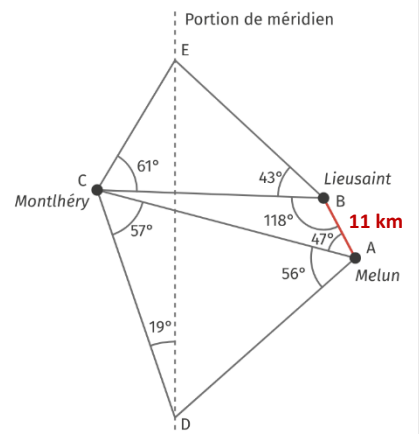
Distance AB connue entre les villes A et B. On monte sur les clochers des villes A et B pour voir celui de la ville C. On mesure α_A et α_B .
 $\alpha_A + \alpha_B + \alpha_C = 180^\circ$ (somme des angles d'un triangle).
 On trouve α_C .

Pour trouver les longueurs BC et CA, on utilise :

$$\frac{AB}{\sin \alpha_C} = \frac{BC}{\sin \alpha_A} = \frac{CA}{\sin \alpha_B}$$



APPLICATION : Déterminer ED

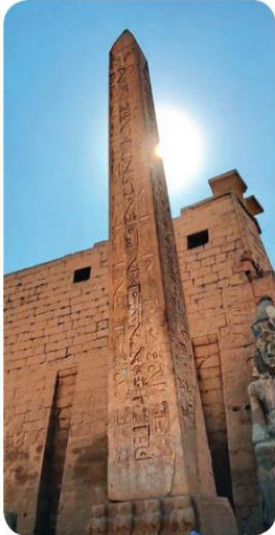




Partie 3 : Un peu d'esprit critique

On trouve dans la littérature divers récits sur les travaux d'Anaxagore et d'Eratosthène.
En voici deux :

- ▶ Au IV^e siècle av. J.-C., Anaxagore fut le premier philosophe à s'établir à Athènes.
- ▶ Il étudia la forme de la Terre et fit les constatations suivantes :
 - > un gnomon vertical planté à Syène n'a pas d'ombre, à midi, le jour du solstice d'été ;
 - > alors que le même jour et à la même heure, les rayons du Soleil font un angle d'environ 7° avec un gnomon vertical à Alexandrie.
- ▶ Les bématistes dont le rôle était de mesurer des distances à l'aide de leurs chameaux mesurèrent la distance entre Syène (Assouan en Égypte) et Alexandrie. Leurs pas étaient si réguliers que le temps de marche était converti automatiquement en stades. Ils trouvèrent une distance entre Alexandrie et Syène égale à 5 000 stades.
- ▶ Anaxagore postule que la Terre est plate et que le Soleil n'en est pas suffisamment éloigné pour que ses rayons soient parallèles quand ils atteignent notre planète. Son hypothèse le conduisit à une distance Terre-Soleil égale à 6 400 km. C'est en fait la longueur du rayon de la Terre...



Vers l'an 434 av. J.-C., le philosophe grec Anaxagore de Clazomènes (vers 500-vers 428 av. J.-C.) calcule la distance de la Terre au Soleil : il trouve environ 6 500 km.

Deux cents ans plus tard, l'astronome, géographe, philosophe et mathématicien grec Ératosthène (vers 276-vers 194 av. J.-C.) calcule la circonférence de la Terre : il trouve une valeur très proche de celle connue aujourd'hui.

Tous deux sont partis de la même observation : le jour du solstice d'été (21 juin), à midi, un gnomon (bâton) vertical planté à Syène n'a pas d'ombre. Le même jour et à la même heure, un gnomon vertical planté à Alexandrie, 5 000 stades égyptiens (environ 800 km) plus au nord, fait une ombre et l'angle entre les rayons du Soleil et la verticale est de 1/50 d'angle plein (soit 7,2°).

Anaxagore et Ératosthène sont partis tous les deux de la même observation. Mais ils ne l'ont pas exploitée de la même façon (a).

Anaxagore a pourtant été l'un des premiers à utiliser les lois de la géométrie pour étudier les astres.

Il est connu pour avoir expliqué les éclipses lunaires et solaires. Mais il pensait que la Terre était plate.

Ératosthène, appelé en Égypte pour assurer l'éducation du fils du roi et nommé directeur de la bibliothèque d'Alexandrie,

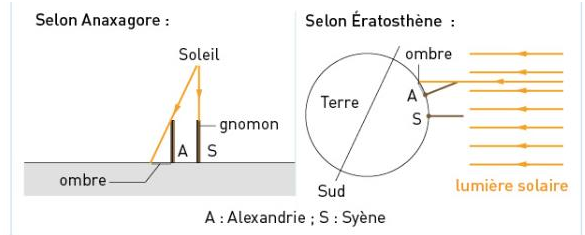
avait accès à toutes les connaissances de l'époque, aussi bien astronomiques que géométriques.

Il estimait que la Terre était sphérique et que le Soleil était très loin (b).
Pour comprendre l'importance de l'hypothèse faite par Ératosthène sur le Soleil, on a réalisé avec un logiciel les figures ci-contre (b).

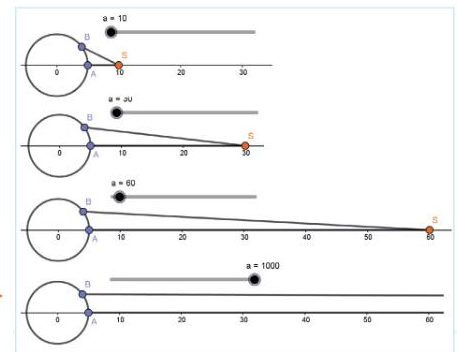
Les points A et B sont fixes et le point S a pour abscisse α .

La valeur de α peut varier de 10 à 1 000.

Observation d'un rayon lorsque le Soleil s'éloigne. (b) ▶



(a) Schémas illustrant la compréhension du phénomène par les deux savants.



1. Les deux philosophes sont partis des mêmes observations mais leurs exploitations ont été différentes. **En utilisant les documents, expliquez pourquoi.**
2. **Rechercher sur internet les dates approximatives de naissance et mort d'Anaxagore et celle de la naissance de la ville d'Alexandrie. Conclure.**