



THÈME 3 : LA TERRE, UN ASTRE SINGULIER

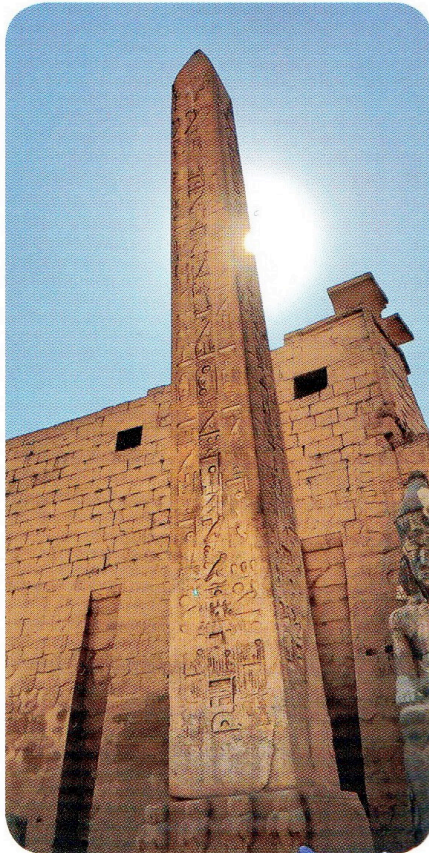
CH 8 : LA FORME DE LA TERRE

Activité 1 : Quand la Terre devint ronde

Dans l'Antiquité, les premières interrogations sur la forme de la Terre émergent vers le VII^{ème} siècle av J-C avec les philosophes grecs. La conception d'une Terre sphérique apparaît dès le siècle suivant. Les premières mesures précises de la circonférence de la Terre seront effectuées dès le III^{ème} av J-C.

Document 1 : Hypothèse d'Anaxagore

- ▶ 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 bématises 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 km. C'est en fait la longueur du rayon de la Terre...



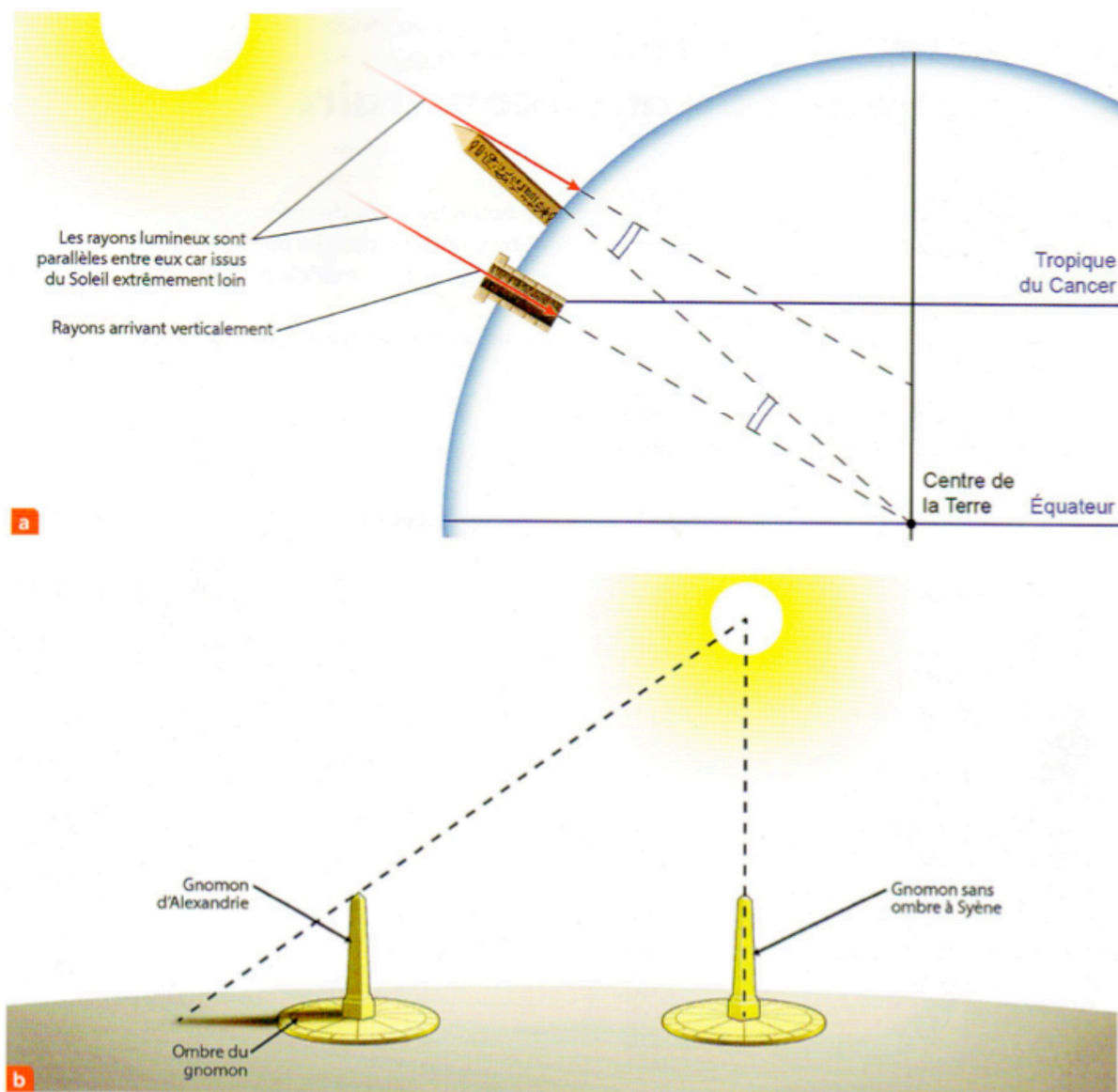
Document 2 : Mesures d'Ératosthène

- ▶ Deux siècles plus tard, le philosophe grec Ératosthène fait les mêmes observations :
 - > les rayons du Soleil à son zénith le jour du solstice d'été frappent le fond d'un puits à Syène en Égypte ;
 - > dans les mêmes conditions, il mesure la distance angulaire entre Syène et Alexandrie grâce à l'ombre de l'obélisque de la bibliothèque d'Alexandrie.
- ▶ Il met alors en relation cette distance angulaire avec la distance mesurée sur le terrain qui vaut 5 000 stades. Il déduit ainsi la valeur de la circonférence terrestre et son rayon.

Document 3 : Carte de l'Égypte



Document 4 : Schématisation des hypothèses d'Anaxagore et Ératosthène



Questions :

1. Associer chaque schéma du document 4 à l'hypothèse d'Anaxagore et à celle d'Ératosthène.
2. Déterminer la distance en kilomètres entre Alexandrie et Syène sachant qu'un stade valait $1,6 \times 10^2$ m. Ce résultat est-il cohérent avec le document 3 ?
3. Déterminer la distance Terre-Soleil selon Anaxagore. Détailler.
4. Quelles sont les deux hypothèses émises par Ératosthène ?
5. Calculer l'angle au sommet de l'obélisque d'Alexandrie, sachant qu'il mesure 0,19 stade de haut et que l'ombre de ce dernier est de 0,024 stade (résultat à arrondir au dixième de degré près).
6. Que pouvez-vous déterminer avec les mesures d'Ératosthène ? Effectuer les calculs associés.

Annexe de l'activité 1 – Liens vidéo

Anaxagore :

<https://www.youtube.com/watch?v=VYZ8AwA3Oy4> (chaîne youtube de Scienty Prof)

Détermination de la circonférence de la Terre – Méthode d'Ératosthène :

<https://www.youtube.com/watch?v=dObTTGGDNn8>

<https://www.youtube.com/watch?v=pCI8lb-EUK8>

https://www.youtube.com/watch?v=WC3_4fJR8g

<https://www.youtube.com/watch?v=o5uRzmVU1gc>

<https://www.youtube.com/watch?v=4rZ0-fYz2zo>

Platistes :

<https://www.youtube.com/watch?v=Rx6CPqHhe88>

<https://www.youtube.com/watch?v=vu0R7Zp36Nw>

<https://www.youtube.com/watch?v=swQ8zjldUdA>

<https://www.youtube.com/watch?v=Cpp4YDOaFgo>

<https://www.youtube.com/watch?v=pxGVzJZu0fA>

<https://www.youtube.com/watch?v=Q3uLf6kV3K8>

<https://www.youtube.com/watch?v=p0jtRclxnKU>

https://www.youtube.com/watch?v=CCTraEgtc_w

<https://www.youtube.com/watch?v=TpUTSD7Ux5A>

Platisme et Voltaire :

<https://www.youtube.com/watch?v=IpnDu6fkOqk>

<https://www.youtube.com/watch?v=Gb0LG2w0b9E>



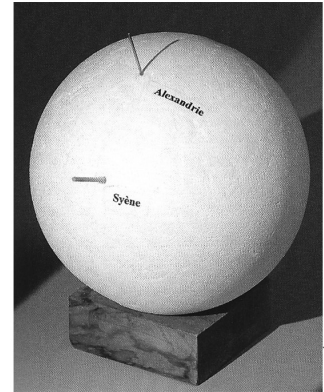
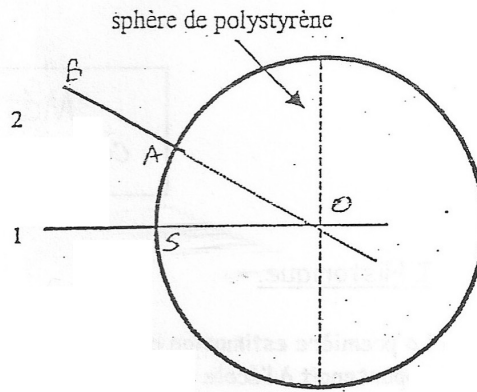
THÈME 3 : LA TERRE, UN ASTRE SINGULIER

CH 8 : LA FORME DE LA TERRE

Activité 2 : Mesure de la circonférence d'une sphère par la méthode d'Ératosthène

Dispositif :

Lampe de bureau



La sphère est posée sur un support (valet). La lampe et la sphère sont éloignées de quelques mètres (les rayons arrivant sur la sphère sont ainsi pratiquement parallèles entre eux, et la surface de sphère éclairée est relativement importante). La sphère est orientée de façon à ce que les deux baguettes soient dans le même plan vertical. La baguette n°1 est placée de façon à ce qu'aucune ombre n'apparaisse sur la sphère ; elle représente la verticale du lieu à Syène et la baguette n°2 représente le bâton planté par Eratosthène à Alexandrie.

Remarque : Ne pas tirer sur les baguettes car celles-ci doivent passer par le centre de la sphère.

Mesures :

Lorsque la sphère est bien placée (A et B sont sur la même verticale) mesurez successivement et le plus précisément possible:

- L'ombre AP de la baguette 2 sur la sphère (ne pas prendre AB trop grand afin que l'on puisse confondre le segment AP et l'arc de cercle AP) : AP =
- La hauteur AB de la baguette 2 : AB =
- La distance AS entre les deux baguettes : (utiliser une règle déformable) : AS =

Calculs

- Reprendre les calculs pour calculer le rayon R de cette sphère.

- Sachant que la sphère a un diamètre de 30 cm, comparez votre valeur avec celle-ci. Calculez votre erreur absolue puis relative. Comment expliquer une erreur assez importante ?
L'erreur absolue est l'écart entre la valeur théorique R_{théo} et la valeur mesurée R_{mes}.
L'erreur relative est donnée par la formule ci-dessous :

$$E.R = \left| \frac{R_{mes} - R_{théo}}{R_{théo}} \right| \times 100$$



THÈME 3 : LA TERRE, UN ASTRE SINGULIER

CH 8 : LA FORME DE LA TERRE

Activité 3 : Mesure de la longueur du méridien terrestre par Delambre et Méchain

Lors de la Révolution française de 1789, il existait de nombreuses unités arbitraires de mesure de longueur basées sur le corps humain (la coudée, la toise,...) qui nuisaient aux échanges commerciaux, mais aussi aux scientifiques.

La toute nouvelle Assemblée constituante décida alors de définir une unité unique : le mètre.

Comment le mètre a-t-il pu être déterminé à partir de la mesure de la longueur du méridien ?

1 Définir la valeur du mètre



Les représentants de la République naissante ont l'ambition de faire adopter le système métrique français à « tous les peuples » et donc de désigner un « objet » en lequel chaque homme puisse se

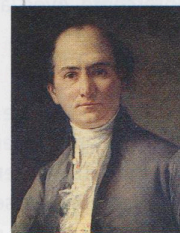
reconnaître. Le choix se porte sur l'objet le plus fédérateur qui soit : la Terre. Le 26 mars 1791, l'Assemblée nationale constituante décrète : « l'unité de longueur sera la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre* ». Cette définition, proposée par l'Académie des sciences, répond à l'exigence d'une unité de mesure issue de la Nature, invariable et indépendante des nations. C'est ainsi que politiques et scientifiques envisagent de déterminer la longueur exacte du méridien de Paris reliant Dunkerque à Barcelone.

3 Dans les pas de Delambre et Méchain

Pour mesurer une distance aussi longue que celle reliant Dunkerque à Barcelone, les mesures au sol sont impossibles, d'autant plus que s'y ajoutent le dénivelé et les obstacles naturels. Jean-Baptiste Delambre et Pierre Méchain optent donc pour des mesures par triangulation plane. Cette méthode géométrique nécessite la connaissance d'une seule distance avec précision, les autres étant déduites de la mesure des angles des triangles et de la loi des sinus. Ils vont donc réaliser une succession de visées à l'aide d'un cercle répétiteur, un appareil d'optique permettant de mesurer un angle entre deux points facilement observables (collines, montagne, clochers).



2 Les maîtres du mètre



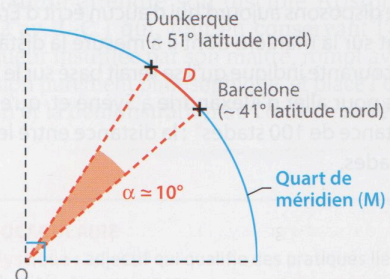
Jean-Baptiste-Joseph Delambre (1749-1822), astronome et mathématicien français.



Pierre Méchain (1744-1804), astronome et mathématicien français, membre de l'Académie des sciences depuis 1782.

Les compétences des astronomes de renom Jean-Baptiste Delambre et Pierre Méchain les imposent naturellement pour déterminer la valeur du mètre.

Leurs travaux consistent alors à mesurer la longueur de l'arc séparant Dunkerque et Barcelone puis, connaissant les latitudes* de ces deux villes, à calculer la longueur du quart du méridien.

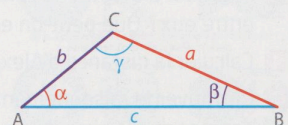


Dunkerque et Barcelone ne sont pas choisies au hasard : elles sont situées sur le méridien de Paris. Il est ainsi possible, par mesures astronomiques, de connaître leurs latitudes respectives et d'en déduire l'angle α . Une fois la distance D mesurée, on en déduit la valeur M du quart de méridien terrestre par proportionnalité :

$$\frac{M}{D} = \frac{D}{D} \rightarrow M = D$$

MATHS

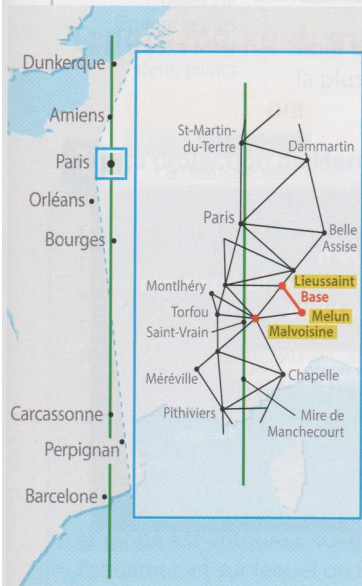
• **Loi des sinus** : les sinus des angles d'un triangle quelconque et les longueurs des côtés obéissent à une loi mathématique.



$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

4 Le choix de la base et l'enchaînement de triangles sur l'arc méridien

D'un point de vue mathématique, il est possible de tout savoir d'un triangle à partir du moment où l'on connaît les valeurs de deux de ses angles ainsi que la longueur de l'un de ses côtés.

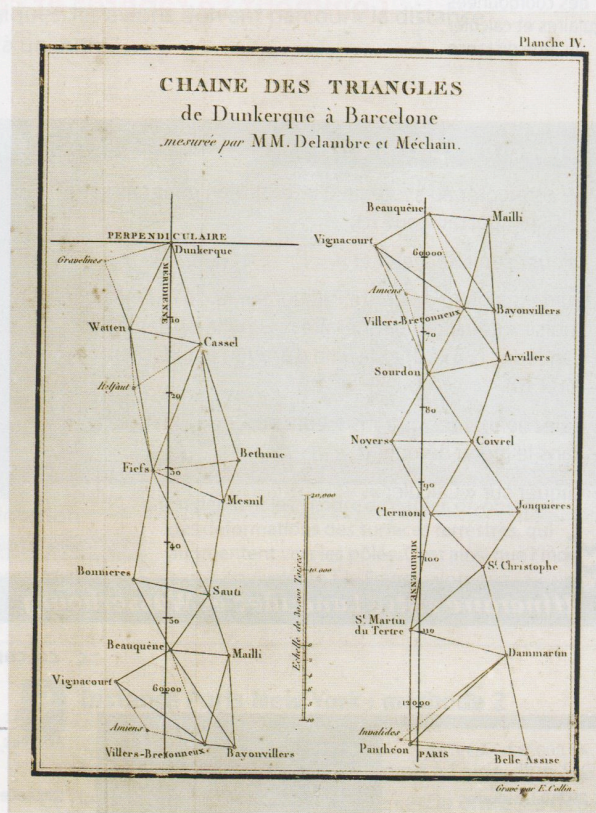


Les deux astronomes déterminent ainsi une longueur de base : ils choisissent la distance Lieussaint-Melun, deux villes proches de Paris, qu'ils mesurent au sol avec une grande précision. Toutes les autres mesures ne seront ensuite plus que des mesures d'angles, plus faciles à réaliser par visée.

À partir des extrémités de la base, ils peuvent alors viser Malvoisine et, de la mesure des angles, déduire la distance Lieussaint-Malvoisine. Celle-ci constitue la base formée par ces deux villes d'un nouveau triangle dont le sommet sera Monthéry, et ainsi de suite.

Pour mesurer l'arc de méridien entre Dunkerque et Barcelone, Jean-Baptiste Delambre et Pierre Méchain vont former une chaîne ininterrompue d'une centaine de triangles encadrant la portion de méridien.

Les scientifiques annoncent leurs résultats en 1799 : la distance mesurée entre Dunkerque et Barcelone est 551 475,4 toises, et la différence de latitude entre ces deux villes est $9^{\circ} 40' 25''$.



Delambre et Méchain consignent dans leur ouvrage que, dans le triangle 28 (formé par les villes Clermont, Jonquières et Saint-Christophe), les angles mesurés à la base sont $49^{\circ} 18' 59''$ à Clermont et $53^{\circ} 5' 26''$ à Jonquières. La distance séparant les villes de Clermont et Jonquières vaut 11 765 toises.

* VOCABULAIRE

Latitude : valeur angulaire mesurée par rapport à l'équateur, au nord ou au sud.

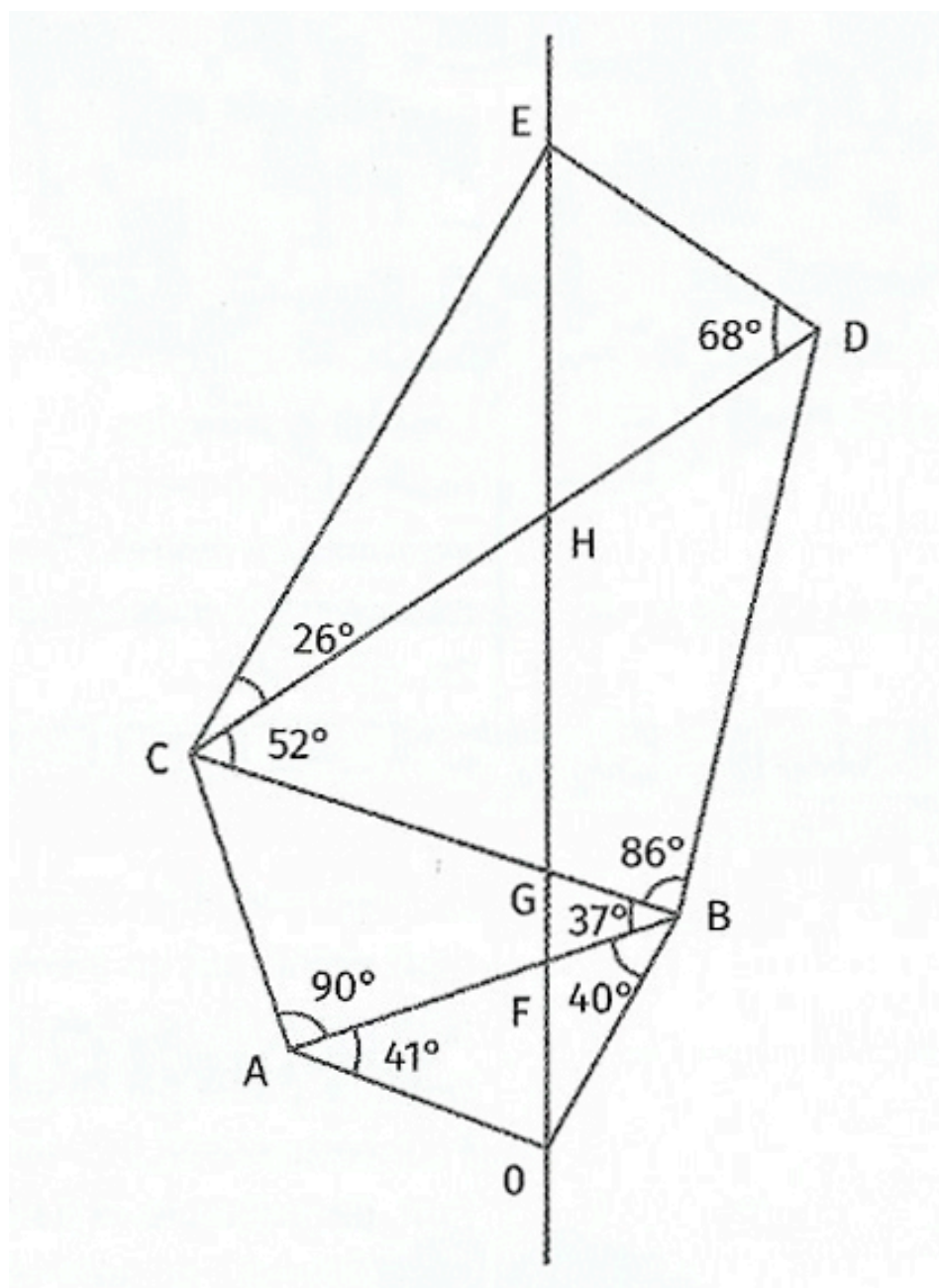
Méridien terrestre : en astronomie, les méridiens terrestres sont définis comme des cercles imaginaires situés à la surface de la Terre et passant par les deux pôles.

Questions :

1. Compléter les deux égalités à la fin du document 2.
2. Calculer la distance séparant Jonquières de Saint-Christophe grâce à la méthode de triangulation plane. Exprimer le résultat en toises.
3. Expliquer pourquoi ne connaître qu'une seule longueur déterminée avec précision est suffisant pour calculer la distance de Dunkerque à Barcelone.
4. Montrer que les conclusions des astronomes permettent de calculer qu'un quart de méridien terrestre a une longueur de 5 130 740 toises. En déduire la valeur du mètre en toises selon la définition de l'Académie des Sciences formulée en 1791.
5. On sait aujourd'hui, grâce aux satellites, qu'un quart de méridien terrestre a une longueur de 10 002 290 m. Comparer la longueur du quart de méridien terrestre déterminée par Delambre et Méchain à sa valeur actuelle.
6. Depuis 1983, le mètre est défini comme étant la distance parcourue par la lumière dans le vide en $1 / 299\,792\,458$ seconde. Justifier cette nouvelle définition « universelle ».

Annexe 1 de l'activité 3 – Mesure d'une portion de méridien par triangulation

Sur le schéma ci-dessous, déterminer la longueur OE (représentant une portion de méridien) par triangulation, sachant que l'on connaît la distance $AB = 11$ km et certains angles. Les angles manquants sont à mesurer avec un rapporteur.



Annexe 2 de l'activité 3 – Liens vidéo

Triangulation :

<https://www.youtube.com/watch?v=fbqFWDyQK6s>

Méridien :

<https://www.youtube.com/watch?v=ATYcE2ThxxA>

Mesure de la longueur du méridien terrestre par Delambre et Méchain :

<https://scolawebtv.crdp-versailles.fr/?id=50123>

<https://www.youtube.com/watch?v=IeCIjqy05M>

<https://www.youtube.com/watch?v=dUYGKDlaNns>

https://www.youtube.com/watch?v=ghVEjE_X-lo

Documentaire : « Un mètre pour mesurer le monde » : (Arte)

<https://www.dailymotion.com/video/x4xhjek> (HD - 51'45'')

Cours et exercice :

https://www.youtube.com/watch?v=D_wvDyOXiFU

<https://www.youtube.com/watch?v=C9jpgiRPB78>

Exercice :

https://www.youtube.com/watch?v=T_vCbxhCU5M

Mesure d'une distance à la surface de la Terre – Bilan :

<https://www.youtube.com/watch?v=JOYUxn7LJMY>

<https://www.youtube.com/watch?v=oESrsnOKFwA>



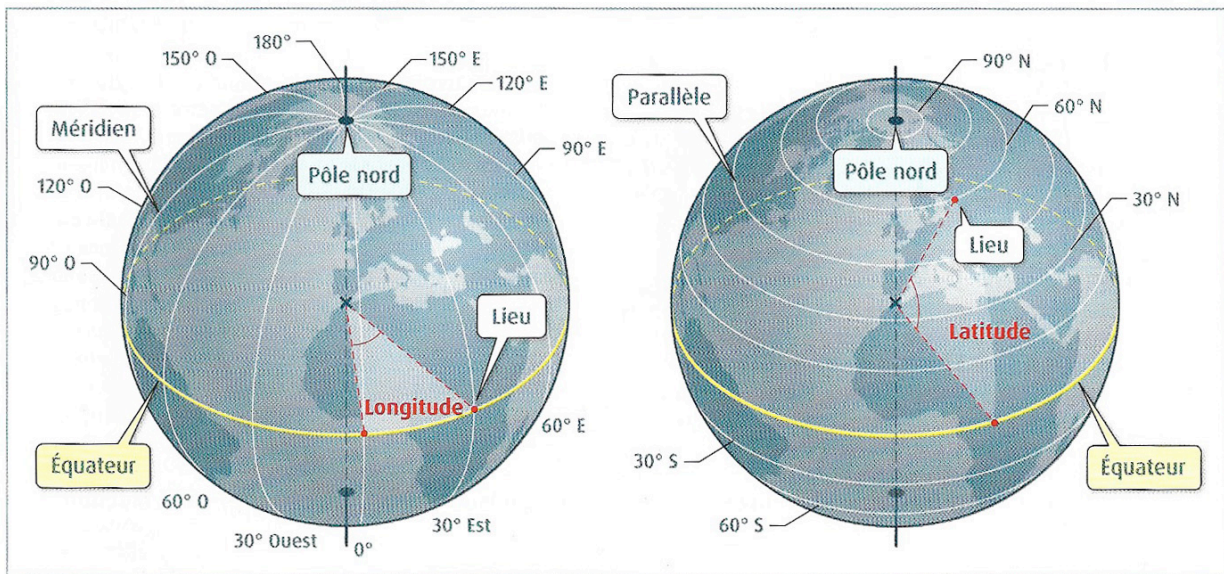
THÈME 3 : LA TERRE, UN ASTRE SINGULIER

CH 8 : LA FORME DE LA TERRE

Activité 4 : Calcul de distances terrestres

On se repère sur la Terre à l'aide des coordonnées géographiques angulaires que sont la latitude et la longitude. Comment déterminer des distances entre 2 points de la surface terrestre ?

1. Les coordonnées géographiques

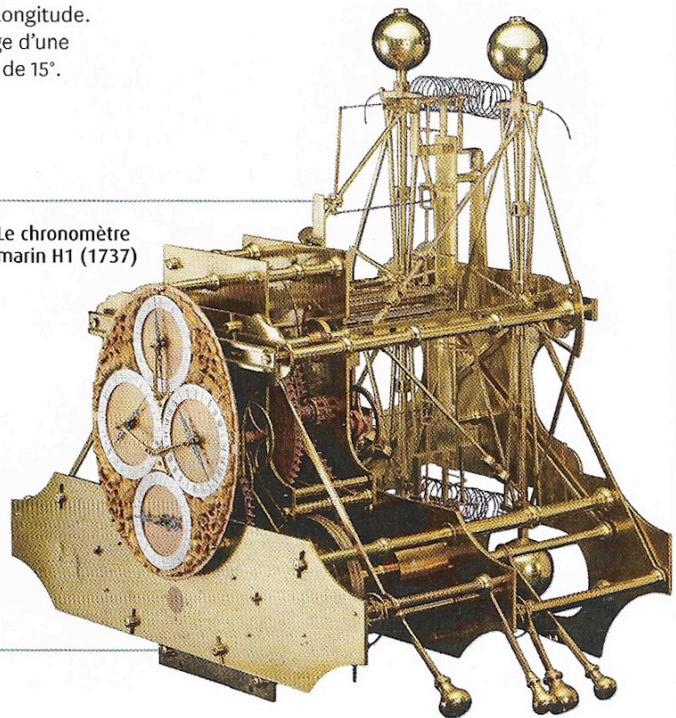


DOC 1 **Latitude et longitude.** On repère un lieu sur Terre par deux coordonnées géographiques: sa latitude et sa longitude, représentées par des valeurs angulaires. Tous les points d'un même parallèle ont la même latitude et tous les points d'un même méridien, la même longitude. Lorsqu'on change de méridien, on change d'heure, et un décalage d'une heure entre deux lieux correspond à une différence de longitude de 15° .

Histoire des sciences

Si déterminer la latitude d'une position en mer n'a jamais posé problème (il suffit d'observer la hauteur des étoiles dans le ciel), déterminer sa longitude s'est avéré beaucoup plus compliqué. Suite aux nombreux naufrages causés par une mauvaise détermination de la longitude, le parlement britannique décide, en 1714, d'offrir la somme considérable de 20 000 livres à qui proposera une méthode sûre de mesure. Après des décennies de travail, un horloger, John Harrison, remporte partiellement le prix en 1761 grâce à son chronomètre marin, capable de conserver l'heure du port de départ des navires avec une grande précision. Comme la hauteur du Soleil dans le ciel indique l'heure à bord, la différence des deux heures permet de connaître la longitude.

Le chronomètre marin H1 (1737)



DOC 2 L'invention du chronomètre marin.

2. Distances à la surface de la Terre

DOC

3

Distances sur un planisphère

La Terre peut être représentée de différentes façons : globe terrestre, planisphère, image satellite.

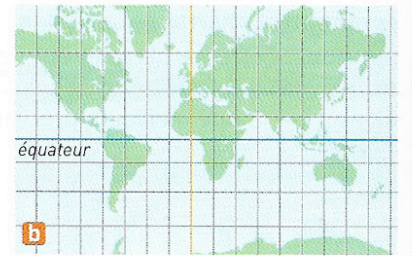
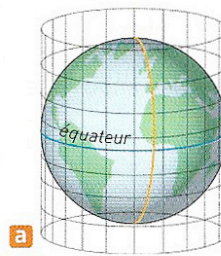
Le planisphère est obtenu en projetant la sphère terrestre sur une surface plane. Il y a différentes projections possibles.

Celle de Mercator (1569) est une projection sur un cylindre (a). Cette projection ne conserve pas les distances ni les aires. Plus on s'approche des pôles, plus les distances et les surfaces sont agrandies. Les **méridiens** sont espacés régulièrement, mais les **parallèles** sont de plus en plus espacés lorsque la latitude augmente (b).

L'animation c permet de calculer la distance loxodromique entre deux points, c'est-à-dire la longueur du chemin qui relie ces points selon une ligne droite sur un planisphère.

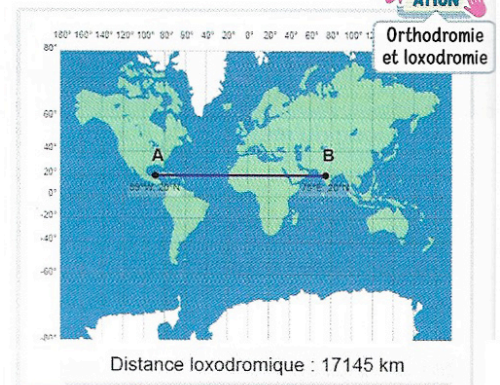
❖ Pour mener une investigation

- Utiliser cette animation pour donner des exemples de distances égales sur le planisphère, mais qui ne le sont pas en réalité.



Principe de la projection de Mercator. Le cylindre est déroulé pour obtenir le planisphère.

ANIMATION



c

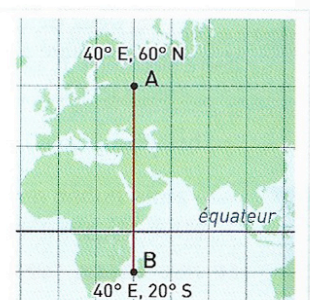
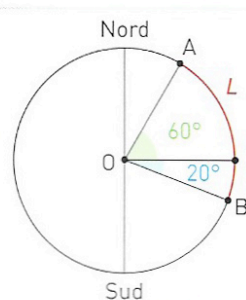
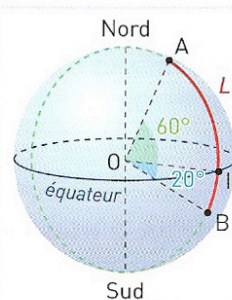
<https://www.sciences.univ-nantes.fr>

DOC

4

Longueur d'un arc de méridien

Lorsque deux points sont sur un même méridien, calculer la longueur L du chemin qui les relie en suivant ce méridien revient à calculer la longueur d'un arc de cercle. On utilise la propriété suivante : la longueur d'un arc de cercle est proportionnelle à l'angle qui l'intercepte.



a Arc de méridien entre deux points A et B.

On considère, par exemple, les points A et B de coordonnées géographiques respectives :

40° Est - 60° Nord et 40° Est - 20° Sud (a).

En notant O le centre de la Terre et L_M la circonférence du méridien (environ 40 000 km) on a :

$$\frac{L}{AOB} = \frac{L_M}{\dots}$$

Lien pour l'animation c du document 3 :

<https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/Meca/RefTerre/Orthodromie1.php>

DOC
5

Longueur d'un arc de parallèle

On considère les points A et B situés sur un même parallèle et de coordonnées géographiques respectives 20° Ouest - 40° Nord et 80° Est - 40° Nord (a). On peut utiliser la même propriété que pour un méridien : en notant C le centre du parallèle et L_C sa circonférence, on a :

$$\frac{L}{\widehat{ACB}} = \frac{L_C}{360}$$

L'angle $\widehat{ACB}$ est déduit des longitudes des deux points A et B.

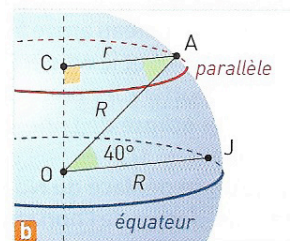
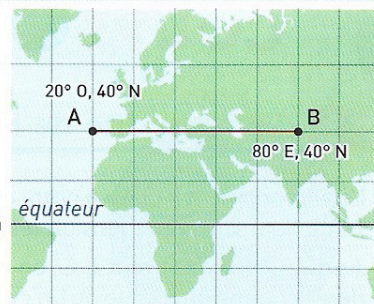
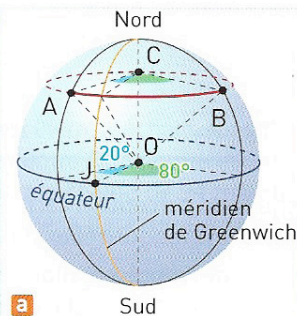
Ici, $\widehat{ACB} = 20^\circ + 80^\circ = 100^\circ$.

La longueur L_C du parallèle s'obtient en utilisant les relations de trigonométrie ou en remarquant que le parallèle est une réduction du cercle de l'équateur.

Avec les indications portées sur la figure (b), le rapport de cette réduction est $\frac{r}{R}$.

Or $\cos \widehat{OAC} = \frac{r}{R}$ et $\widehat{OAC} = \widehat{JOA} = 40^\circ$ (car les angles $\widehat{OAC}$

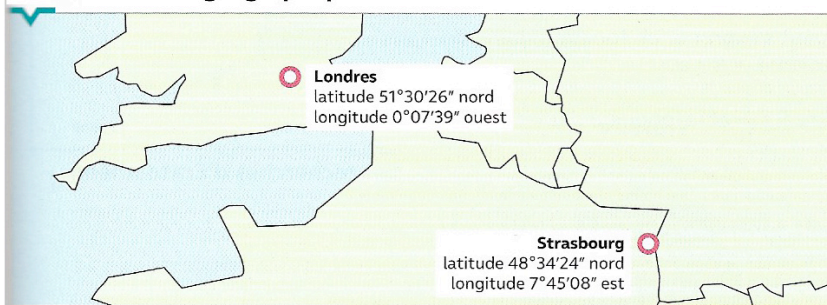
et $\widehat{JOA}$ sont alternes-internes), donc $\frac{r}{R} = \dots$



DOC
6

Le plus court chemin

1. Coordonnées géographiques



2. Distance entre deux points suivant un grand cercle

Si l'on considère deux points A et B sur la sphère, de latitudes φ_A et φ_B et de longitudes λ_A et λ_B , alors la distance S_{AB} entre A et B suivant un arc du **grand cercle** est :

$$S_{AB} = R \times \text{Arcos}(\sin \varphi_A \sin \varphi_B + \cos \varphi_A \cos \varphi_B \cos(\lambda_B - \lambda_A))$$

avec R le rayon terrestre

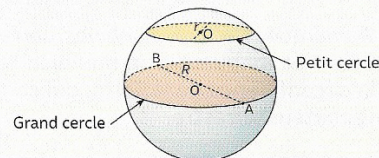
et $\text{Arcos}(\sin \varphi_A \sin \varphi_B + \cos \varphi_A \cos \varphi_B \cos(\lambda_B - \lambda_A))$ en radian (rad).

La touche **Arcos** de la machine à calculer correspond aussi parfois à la touche **cos⁻¹**.



VOCABULAIRE

Géodésique: « trajectoire correspondant à la distance minimale entre deux points sur une surface. Dans le cas de la sphère, c'est un arc de grand cercle. », d'après l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière).



Grand cercle: ligne d'intersection entre la surface de la Terre et un plan qui passe par son centre.

Petit cercle: ligne d'intersection entre la Terre et un plan qui ne passe pas par son centre.



DONNÉES

1 minute d'arc (notée 1') correspond à $\frac{1^\circ}{60}$.
1 seconde d'arc (notée 1'') correspond à $\frac{1'}{60}$ et donc à $\frac{1^\circ}{3600}$.

Définition : L'**orthodromie** est le plus court chemin entre deux points sur une surface (pour une sphère, c'est le plus petit arc de grand cercle).

Remarques : La quarantaine de satellites (parmi les 2 600 environ autour de la Terre) du système GPS nous donne notre position en temps réel au moyen des « coordonnées GPS ». Trois **satellites** vont déterminer la latitude, longitude, et la hauteur. Tandis que le quatrième permet de synchroniser l'horloge interne du récepteur.

Questions :

1. Utiliser l'animation du document 3 pour donner des exemples de distances égales sur le planisphère, mais qui ne le sont pas en réalité.
2. Compléter les deux égalités à la fin des documents 4 et 5.
3. Calculer la longueur L de l'arc de méridien reliant les points A et B de coordonnées géographiques 40° Est - 60° Nord et 40° Est - 20° Sud (document 4).
4. Calculer la longueur L de l'arc de parallèle reliant les points A et B de coordonnées géographiques 20° Ouest - 40° Nord et 80° Est - 40° Nord (document 5).
5. Réaliser le schéma d'une sphère et placer sans souci d'échelle Londres et Strasbourg relativement l'une à l'autre. Faire figurer sur le schéma le méridien de Greenwich et l'équateur.
6. À l'aide des données du document 6, déterminer la longueur du plus court chemin entre Londres et Strasbourg à la surface de la Terre. Vérifier le calcul à l'aide du site Internet suivant :
<http://www.bibmath.net/dico/index.php?action=affiche&quoi=./g/grandcercle.html>
7. Décrire le plus court chemin pour relier 2 points quelconques à la surface de la Terre.

Annexe de l'activité 4 – Liens vidéo

Latitude et longitude :

<https://www.youtube.com/watch?v=ENhMB2ftZMk>

Animations orthodromie et loxodromie :

<https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/Meca/RefTerre/Orthodromie1.php>

<http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/divers/ortholoxo.html>

Exercices :

https://www.youtube.com/watch?v=7Y5Y3F_uC4

<https://www.youtube.com/watch?v=RH97JDIKILA>

<https://www.youtube.com/watch?v=OHC07OfOk5U>

Bilan du chapitre 8 :

<https://www.youtube.com/watch?v=JOYUxn7LJMY>

<https://tube-a-essai.fr/1-ens-scientif-chap-8-la-forme-de-la-terre/>

GPS :

https://www.youtube.com/watch?v=V51dGqHw_24



THÈME 3 : LA TERRE, UN ASTRE SINGULIER

CH 8 : LA FORME DE LA TERRE

SYNTHÈSE

1. Observer la rotondité de la Terre

- Pour un observateur situé au sol, l'horizon paraît rectiligne, ce qui suggère en première approche que la Terre serait plane. Pourtant dès l'Antiquité, différents types d'observations ont laissé supposer que la Terre est sphérique.
- Depuis quelques décennies les voyages spatiaux ont permis d'avoir de belles photos de la courbure de la Terre.

2. Le premier calcul du rayon de la Terre

- On attribue au Grec Ératosthène (276-194 av. J.-C.) le premier calcul de la circonférence et du rayon terrestre. Pour cela, il a comparé les angles formés par les ombres portées à la même heure, dans deux villes différentes, situées sur le même méridien.
- Les calculs d'Ératosthène ne prouvent toutefois pas la rotondité de la Terre.

3. Le calcul du méridien au XVIII^e siècle

- À partir du XVII^e siècle, on utilise une méthode de **triangulation** pour calculer la longueur d'un méridien terrestre. Pour cela, on regroupe des points visibles de loin par trois, formant une multitude de triangles contigus. La mesure de la base d'un triangle et de ses angles permet ensuite de calculer la longueur de ses deux autres côtés. La méthode est répétée de triangle en triangle.
- La triangulation a été appliquée à la fin du XVIII^e siècle par Delambre et Méchain pour mesurer la portion de **méridien** entre Dunkerque et Barcelone. Connaissant la différence de latitude entre ces deux villes, ils en ont déduit la longueur du méridien (environ 40 000 km). Le mètre a alors été défini comme le dix-millionième du quart de cette longueur.

4. Le calcul de distances terrestres aujourd'hui

- N'importe quel point de la surface de la Terre peut être repéré par sa **latitude** et sa **longitude**, exprimées en degré. Tous les points de même longitude sont situés sur un méridien. Tous les points de même latitude sont sur un cercle parallèle à l'équateur, appelé **parallèle**.
- Un **grand cercle** est un cercle tracé sur la sphère terrestre ayant le même centre qu'elle (l'équateur est un exemple de grand cercle). Le plus court chemin entre deux points à la surface de la Terre est l'arc du grand cercle qui les relie.

Observations de la courbure de la Terre



Dans l'Antiquité

Éclipse lunaire

Ce que voit un observateur



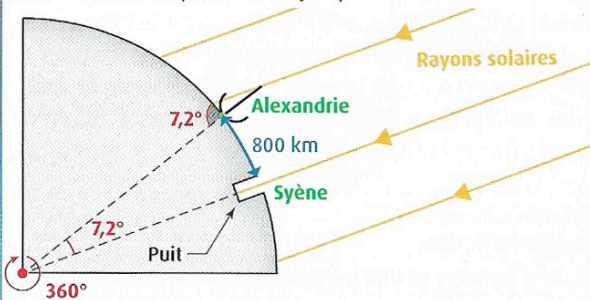
Éloignement d'un voilier

Déplacement du bateau



Calcul du rayon de la Terre

Ératosthène (276-194 av. J.-C.)



$$\text{Rayon}_{\text{Terre}} = \frac{\text{Circonférence}_{\text{Terre}}}{2\pi}$$

$$= \frac{800 \times 360}{7,2 \times 2\pi} = 6\,366,2 \text{ km}$$

Aujourd'hui

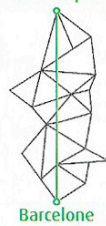
Vue depuis la Station spatiale internationale



Calcul du méridien

Delambre et Méchain (1792)

Méthode de triangulation



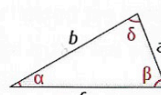
Longueur du méridien terrestre

$$= \frac{360 \times 1\,111,11}{10}$$

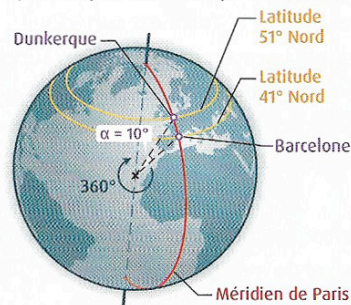
$$\approx 40\,000 \text{ km}$$

+ Loi des sinus :

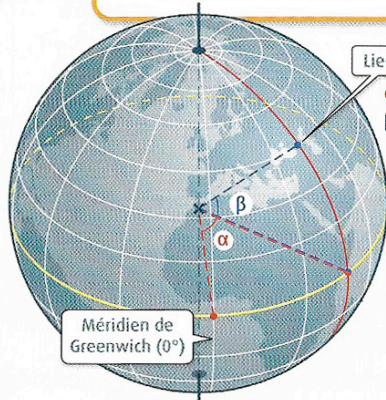
$$\frac{a}{\sin(\alpha)} = \frac{b}{\sin(\beta)} = \frac{c}{\sin(\delta)}$$



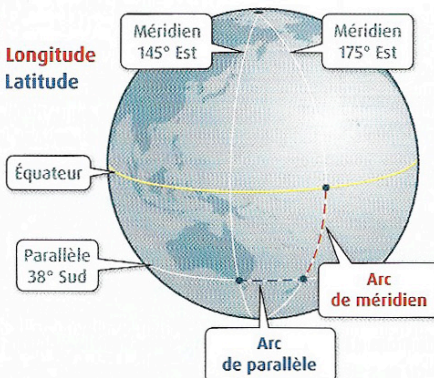
$D = (\text{Dunkerque} - \text{Barcelone}) = 1\,111,11 \text{ km}$



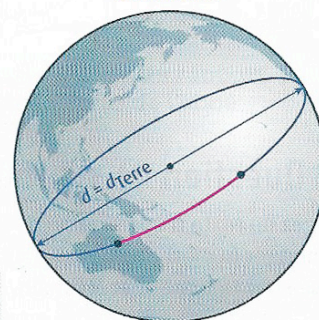
Distances terrestres



$\alpha = \text{Longitude}$
 $\beta = \text{Latitude}$



Grand cercle



Arc du grand cercle =
Plus courte distance entre deux points