



## POUR COMMENCER

### Testez votre culture scientifique

Identifiez la bonne réponse

**1. La majorité des savants de l'Antiquité pensaient que la Terre était :**

- a. cubique
- b. sphérique
- c. plate

**2. La latitude et la longitude sont :**

- a. des longueurs
- b. des points
- c. des angles

**3. La longueur de l'équateur terrestre vaut environ :**

- a. 40 000 km
- b. 24 000 km
- c. 7 000 km

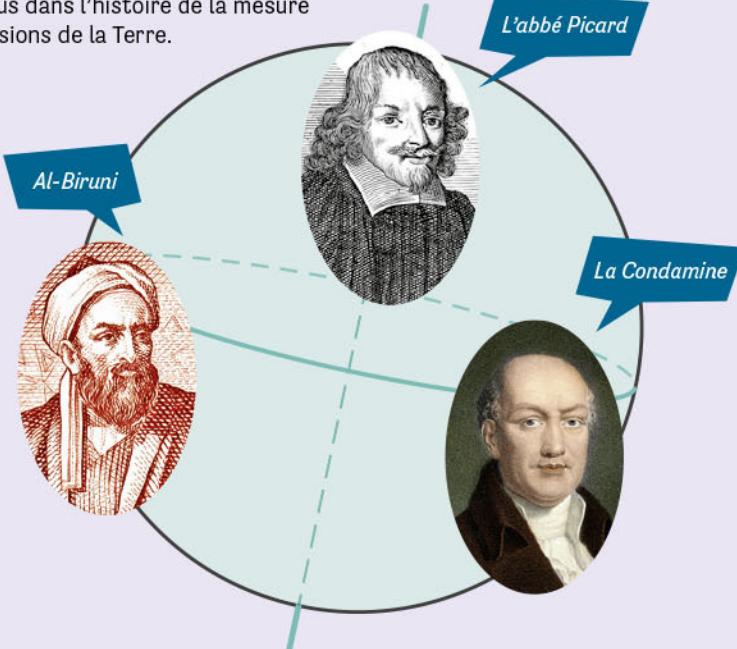
**4. Lorsqu'on observe un bateau au loin, il est en partie caché.**

Ceci est dû à :

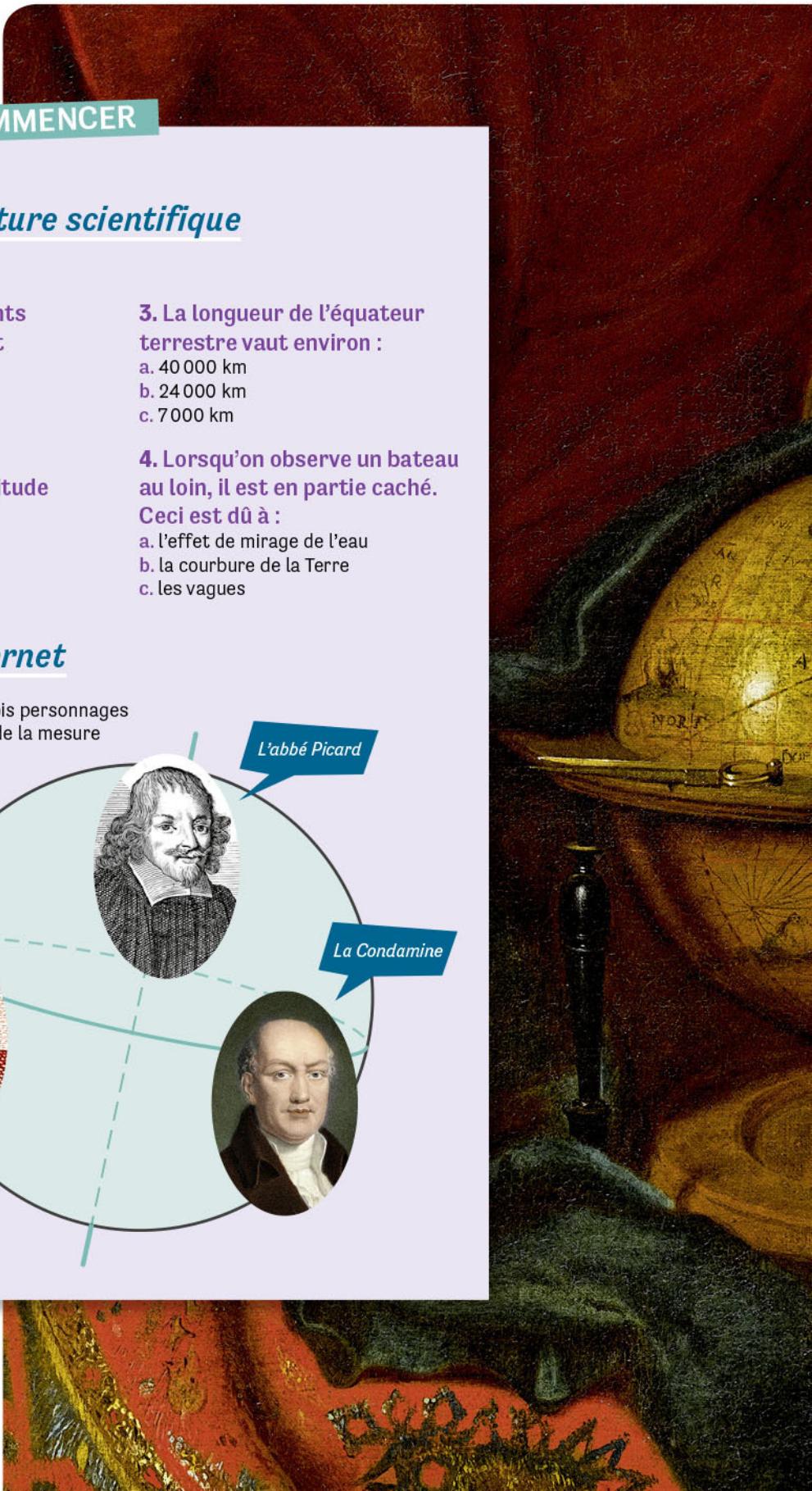
- a. l'effet de mirage de l'eau
- b. la courbure de la Terre
- c. les vagues

### Recherches Internet

Déterminez pourquoi ces trois personnages sont connus dans l'histoire de la mesure des dimensions de la Terre.



Peinture d'Evaristo Baschenis (1617-1677).



# CHAPITRE

# 8

# LA FORME DE LA TERRE



**UNITÉ 1** Observer la rotundité de la Terre

**UNITÉ 2** Le premier calcul du rayon de la Terre

**UNITÉ 3** Calcul du méridien au XVIII<sup>e</sup> siècle

**UNITÉ 4** Calcul de distances terrestres

# Observer la rotundité de la Terre

Les nombreuses photos des voyages spatiaux nous ont habitués à voir la courbure de la Terre. Mais les humains avaient déjà compris que la Terre était ronde avant l'exploration spatiale.

**Sans quitter la surface de la Terre, peut-on s'apercevoir que notre planète est sphérique ?**

## La courbure terrestre



**DOC 1** Vue de la Terre depuis la Station spatiale internationale. À 400 km d'altitude, on observe clairement la courbure de la Terre.

### Histoire des sciences

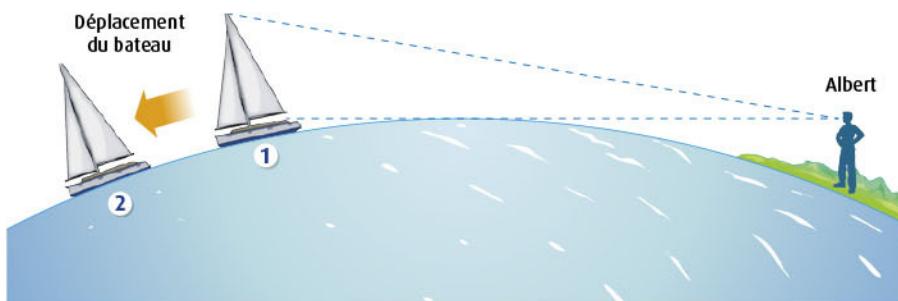
«Quand un navire quitte la terre, sa coque est cachée en premier tandis que son mat est encore visible.»

Cléomène, *Théorie des mouvements circulaires des corps célestes* (3<sup>e</sup> siècle avant J.-C.)

«Quand un bateau s'éloigne au loin, si quelque chose qui brille est attachée à l'extrémité du mat, on le voit descendre peu à peu pour finir par disparaître.»

Pline l'Ancien, *Histoire naturelle* (1<sup>er</sup> siècle après J.-C.)

**DOC 2** Extraits de textes de l'Antiquité.



**DOC 3** Schéma de la course d'un voilier.

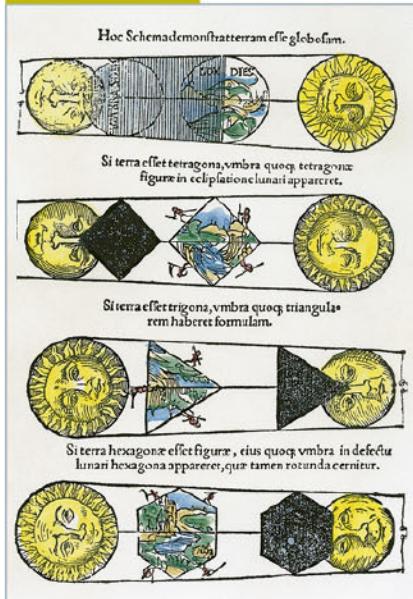
L'observateur ne voit que la partie du voilier qui se situe au-dessus de la tangente à la courbure de la Terre.



**DOC 4** Les gratte-ciel de Chicago (États-Unis) vus depuis le lac Michigan. La photo de gauche a été prise à une dizaine de kilomètres des immeubles, la photo de droite à quelques centaines de mètres de ces derniers.

# Les éclipses lunaires

## Histoire des sciences

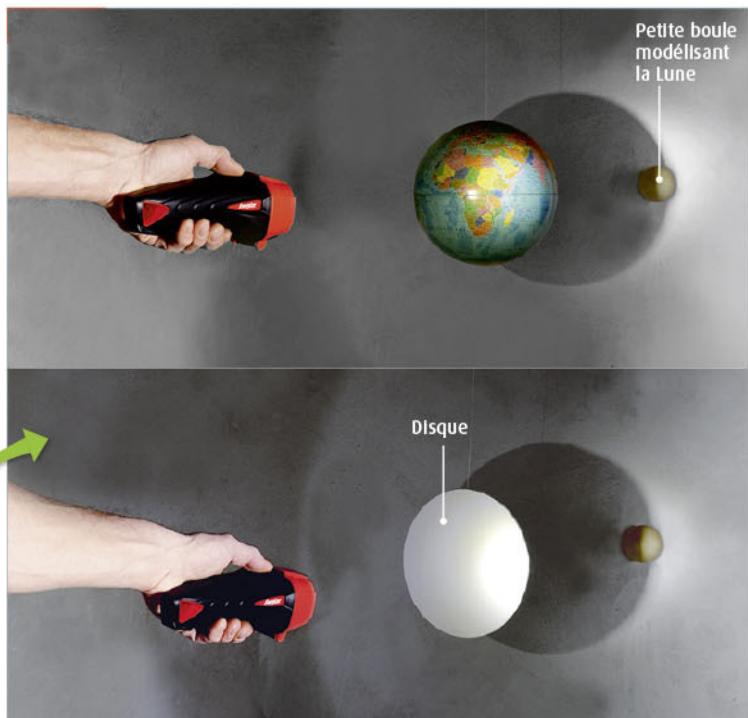


## Texte d'Aristote

**DOC 5 Dessins d'éclipses tiré de la Cosmographie de Petrus Apianus (1581).** Ce schéma illustre le raisonnement d'Aristote que l'on trouve dans son *Traité du ciel* (350 avant J.-C.). Il a imaginé, en prenant différentes formes pour la Terre, quelle forme aurait l'ombre sur la Lune lors d'une éclipse. Dans l'ordre, sur la deuxième figure, sont dessinés : le Soleil, la Terre, l'ombre et la Lune.



**DOC 6 Aspect de la Lune durant une éclipse.**



## EXPÉRIMENTATION

- Placez un globe entre la lampe et le mur.
- Placez la petite sphère en partie dans l'ombre formée sur le mur.
- Dessinez la forme de la petite sphère qui reste éclairée.
- Répétez ces étapes en remplaçant le globe par un disque.

**DOC 7 Une éclipse lunaire pour deux formes de la Terre.**

## ACTIVITÉ GUIDÉE

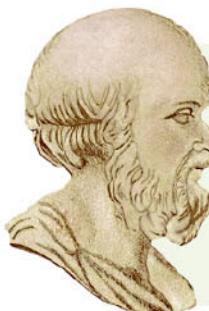
- Expliquez comment nous savons aujourd'hui que la Terre est sphérique (DOC. 1).
- Confirmez les affirmations du doc. 2 en dessinant ce qu'Albert voit du voilier dans les positions 1 et 2 (DOC. 3).
- Réalisez l'expérience du doc. 7 et comparez les deux formes dessinées à la forme de la Lune lors d'une éclipse (DOC. 6).
- Déterminez alors si les observations d'Aristote permettent de conclure que la Terre est sphérique (DOC. 5).

# Le premier calcul du rayon de la Terre

La majorité des savants de l'Antiquité pensent que la Terre est sphérique. L'astronome et mathématicien grec Ératosthène propose une méthode géométrique pour estimer le rayon de la Terre.

**Comment Ératosthène a-t-il calculé le rayon de la Terre et cela prouve-t-il que la Terre est sphérique ?**

## La méthode d'Ératosthène



### Histoire des sciences

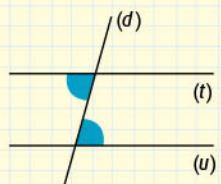
Ératosthène sait qu'à Syène (aujourd'hui Assouan en Égypte), à midi le jour du solstice d'été, les rayons solaires tombent verticalement par rapport au sol, de telle façon qu'ils éclairent le fond d'un puits. Au même moment à Alexandrie, ville située plus au nord et à la même longitude, le Soleil n'est déjà plus au zénith puisque les objets projettent des ombres. En mesurant la longueur de l'ombre d'un gnomon (un bâton planté verticalement qui permet d'observer l'ombre qui se déplace au cours de la journée et peut donc servir d'horloge), Ératosthène trouve un angle de  $7,2^\circ$  entre les rayons du soleil et la verticale du lieu (Alexandrie).

**DOC 1** Les observations d'Ératosthène (276-194 avant J.-C.).



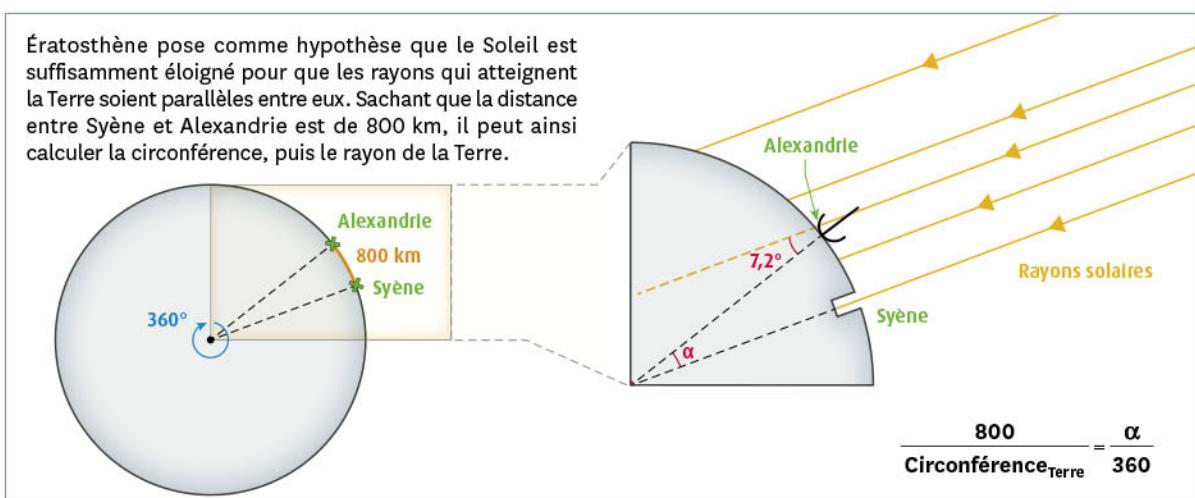
### focus maths

Si deux droites parallèles sont coupées par une sécante, alors elles forment des angles alternes-internes (en bleu) de même mesure.



**DOC 2** Un gnomon provenant de la ville de Neuss en Allemagne.

Ératosthène pose comme hypothèse que le Soleil est suffisamment éloigné pour que les rayons qui atteignent la Terre soient parallèles entre eux. Sachant que la distance entre Syène et Alexandrie est de 800 km, il peut ainsi calculer la circonference, puis le rayon de la Terre.



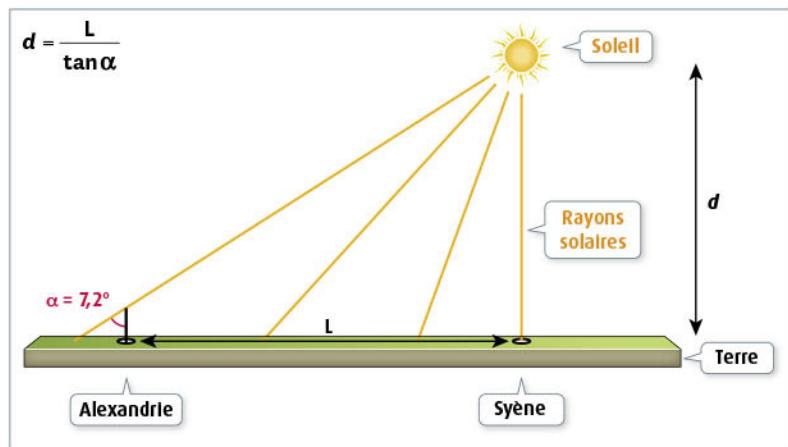
$$\frac{800}{\text{Circonference}_{\text{Terre}}} = \frac{\alpha}{360}$$

**DOC 3** Le raisonnement d'Ératosthène.

## Le modèle de la Terre plate



**DOC 4 Pièce de monnaie chinoise antique.** En Chine Antique, la croyance populaire voulait que la Terre soit plane et carrée, et le ciel un demi globe. On retrouve cela dans la forme des pièces de monnaie de l'époque.



**DOC 5 Les observations d'Ératosthène dans le modèle de la Terre plate.** Ce modèle a permis aux Chinois de mesurer une distance Terre-Soleil qui, plus tard, s'avéra fausse.

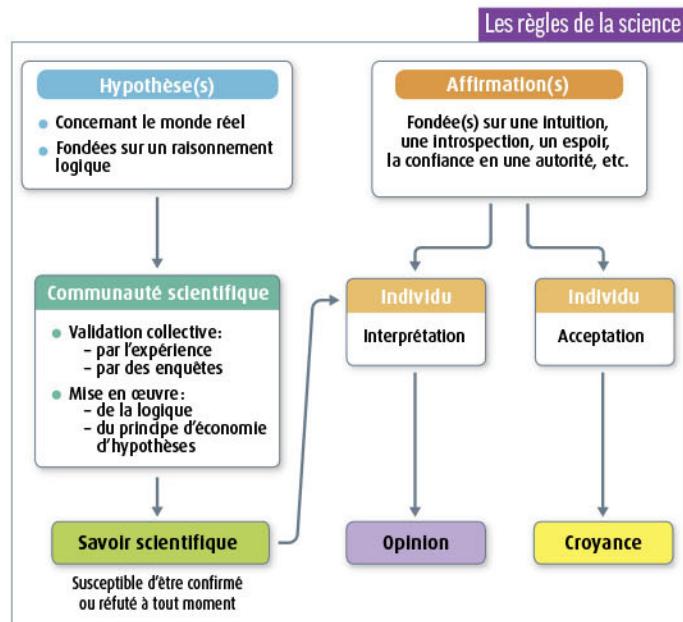


**Guillaume Lecointre,**  
Professeur du Muséum  
National d'Histoire  
Naturelle

Lorsqu'on analyse les théories des platonistes, qui pensent que la Terre est plate, on repère rapidement plusieurs failles. Déjà, le principe d'économie d'hypothèse n'est pas respecté. En effet, le rythme des jours et des nuits et celui des saisons, ne sont pas expliqués de façon aussi simple que pour une Terre sphérique. Ensuite, ils ne tiennent pas compte de toutes les données pertinentes disponibles concernant la forme de la Terre: il y a défaut de partialité. Enfin, la validation collective et croisée par publication dans des journaux scientifiques n'est pas faite. Il est donc clair que les personnes qui pensent que la Terre est plate ont accepté cette idée par avance, par excès de confiance accordée à autrui, et non par un examen rationnel et complet des arguments.

**DOC 6 Analyse des théories des platonistes.**

### Les règles de la science



**DOC 7 Les différences entre savoir scientifique, opinion et croyance.**

### ACTIVITÉ GUIDÉE

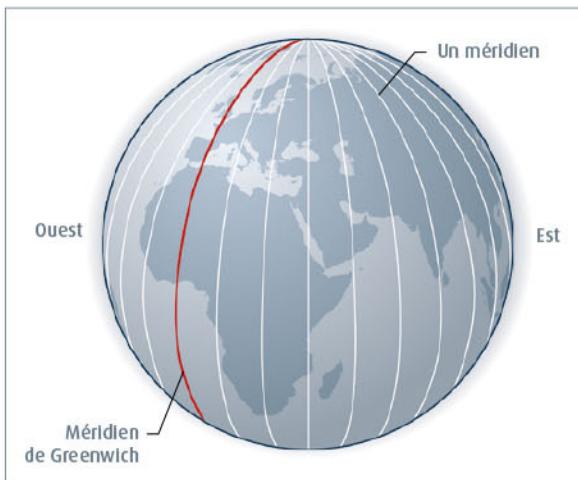
1. Grâce à la méthode d'Ératosthène, calculez la circonférence de la Terre (**docs 1 à 3**).
2. Sachant que le périmètre  $P$  et le rayon  $r$  d'une sphère sont reliés par la formule  $P = 2\pi r$ , en déduire le rayon de la Terre.
3. Déterminez si les observations d'Ératosthène permettent de conclure que la Terre est sphérique (**docs 4 et 5**).
4. Justifier que les théories platonistes sont des croyances (**docs 6 et 7**).

## Calcul du méridien au XVIII<sup>e</sup> siècle

En raison des divers obstacles (villes, forêts, montagnes, etc.) que traverse un méridien, il n'est pas possible de mesurer directement sa longueur. La méthode de triangulation, conçue au XVII<sup>e</sup> siècle, permet de contourner ce problème.

**Comment, avec les outils et les connaissances de l'époque, a-t-on pu mesurer la longueur du méridien ?**

### La création du mètre



**DOC 1 La définition du méridien.** Un méridien est un cercle qui fait le tour du globe terrestre en passant par les deux pôles. Le méridien d'origine passe par Greenwich en Angleterre.

#### Histoire des sciences

En 1790, l'Assemblée Nationale, fraîchement créée suite à la Révolution française, décide d'uniformiser les unités de mesure. En effet, il existe à l'époque de très nombreuses unités de masse et de longueur qui peuvent même différer d'une province à une autre. Le but est d'établir un système de mesures universel, valable « pour tous les temps et pour tous les peuples » qui n'ait plus pour modèle l'être humain (on mesurait alors en pouces, en pieds, en coudées) mais le seul vrai patrimoine commun de l'humanité : la Terre. La tâche est confiée à deux mathématiciens et astronomes français : Jean-Baptiste Delambre et Pierre Méchain qui décident d'utiliser le méridien passant par Paris comme base de cette nouvelle unité. En 1792, ils partent de la capitale dans des directions opposées : Delambre vers Dunkerque et Méchain vers Barcelone (villes qui sont sur le méridien de Paris) afin de mesurer avec précision la distance entre ces deux villes, et d'en déduire la longueur d'un méridien. Pour cela, ils utilisent une méthode mise au point plus d'un siècle plus tôt : la triangulation.

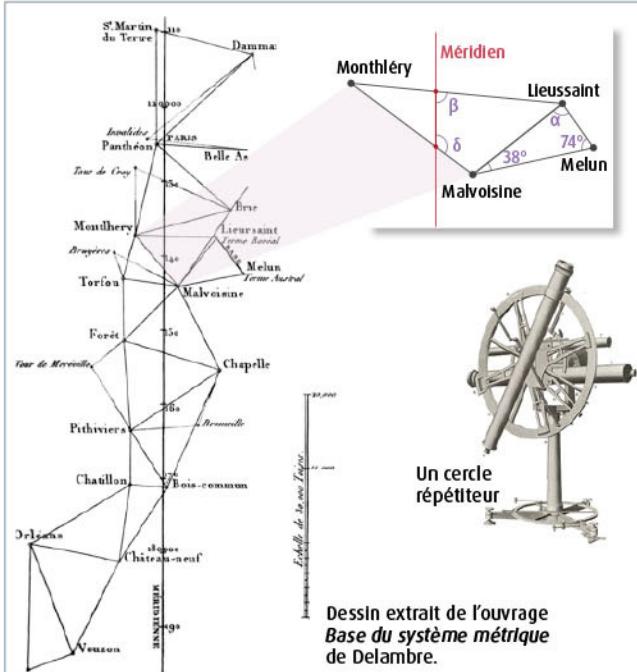


**DOC 2 Le voyage de Delambre et Méchain.**



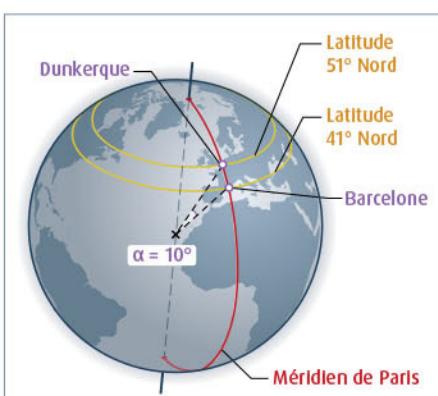
**DOC 3 Un mètre étalon gravé dans le marbre à Paris.** En 1793, le mètre est défini par Delambre et Méchain comme le dix-millionième du quart du méridien terrestre. Entre 1796 et 1797, seize mètres-étalons gravés dans du marbre sont placés dans Paris et ses alentours pour familiariser la population avec la nouvelle mesure. Aujourd'hui, il n'en subsiste que quatre, dont celui-ci situé au 36 rue de Vaugirard.

## De la triangulation à la longueur du méridien



Delambre et Méchain commencent par constituer un réseau de points autour du méridien, de préférence en hauteur (sommets de collines, clochers, tours de châteaux...) afin qu'ils puissent être repérables depuis les autres points aux alentours. Ils mesurent ensuite, à l'aide de deux règles, la distance entre Melun et Lieusaint (voir schéma ci-contre). Ils trouvent 11,8 km. Cette distance va leur servir de base. Depuis Melun, ils utilisent alors un cercle répétiteur (photo ci-contre), dont l'une des lunettes vise Lieusaint et l'autre Malvoisine, afin de connaître l'angle entre ces deux villes. Puis, ils répètent cette étape depuis Lieusaint pour trouver l'angle entre Melun et Malvoisine. Enfin, en appliquant la loi des sinus, ils déterminent la distance entre Lieusaint et Malvoisine, et la distance entre Malvoisine et Melun. Ils appliquent ensuite cette méthode au triangle formé par les villes de Lieusaint, Malvoisine et Monthléry. Ayant déterminé les distances entre ces trois villes, ils peuvent calculer la longueur d'une portion de méridien, en utilisant une autre loi trigonométrique (loi d'Al-Kashi). En procédant ainsi de proche en proche, ils calculent la longueur de toutes les petites portions du méridien entre Dunkerque et Barcelone. Leur somme donne la valeur de 1111,11 km.

**DOC 4** La méthode de triangulation inventée au XVII<sup>e</sup> siècle et mise en œuvre par Delambre et Méchain.  
La toise est l'unité de mesure de l'époque et correspond environ à 1,95 mètres.



**DOC 5** Calcul de la longueur du méridien. Delambre et Méchain déterminent les latitudes de Barcelone et Dunkerque en mesurant la hauteur des étoiles au-dessus de l'horizon dans ces deux villes. En appliquant une règle de proportionnalité (voir unité 2), ils trouvent une longueur d'environ 40 000 km pour le méridien.

**focus maths**

- La loi des sinus

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

- La somme des angles d'un triangle est égale à 180°.

### TÂCHE COMPLEXE

#### Mission

Vous devez reproduire la méthode appliquée par Delambre et Méchain au cours de leur voyage.

#### Pistes de réalisation

- Calculez les distances Lieusaint-Malvoisine et Malvoisine-Melun grâce à la triangulation.
- Vérifiez que le méridien mesure bien 40 000 km environ.
- Expliquez comment le mètre a été défini.

Besoin d'aide?

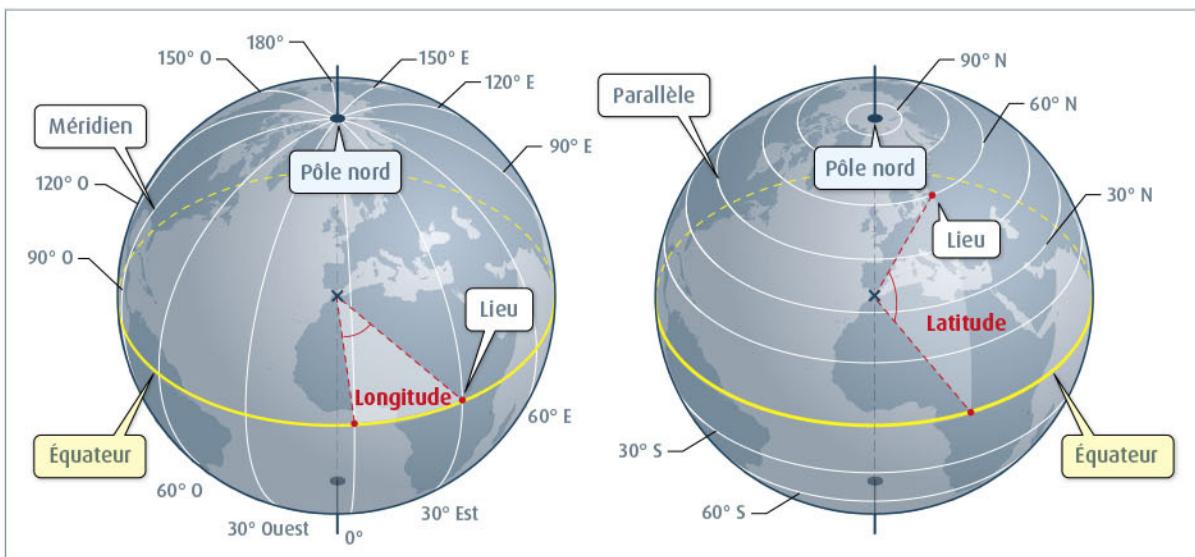


# Calcul de distances terrestres

On se repère sur la Terre à l'aide des coordonnées géographiques que sont la latitude et la longitude.

Comment calculer la distance entre deux points sur Terre ?

## Les coordonnées géographiques

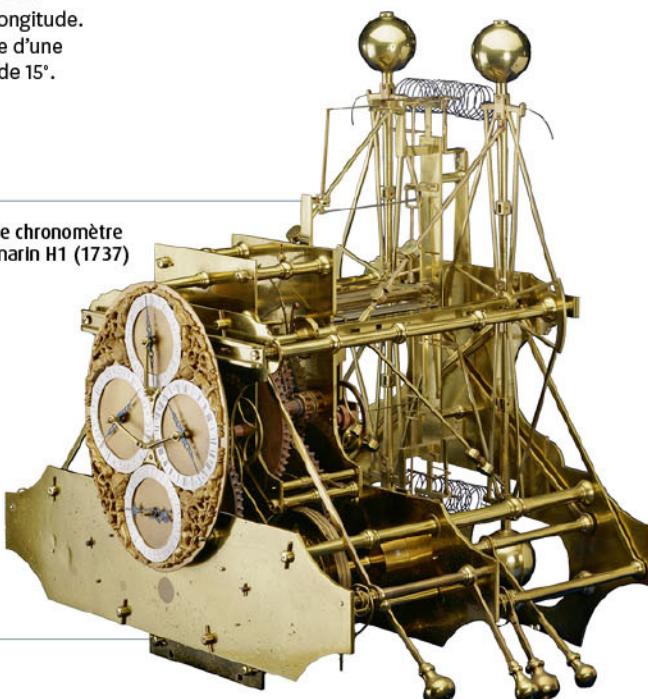


**DOC 1 Latitude et longitude.** On repère un lieu sur Terre par deux coordonnées géographiques : sa latitude et sa longitude, représentées par des valeurs angulaires. Tous les points d'un même parallèle ont la même latitude et tous les points d'un même méridien, la même longitude. Lorsqu'on change de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

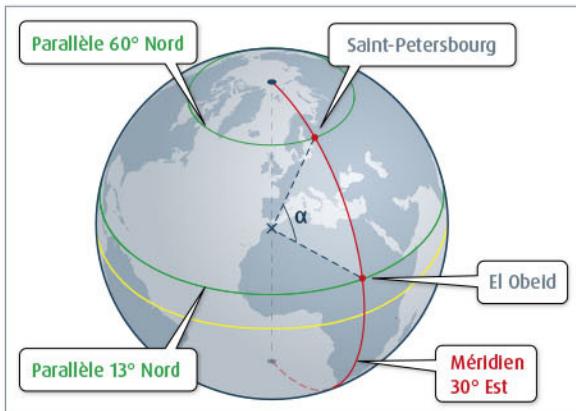
Si déterminer la latitude d'une position en mer n'a jamais posé problème (il suffit d'observer la hauteur des étoiles dans le ciel), déterminer sa longitude s'est avéré beaucoup plus compliqué. Suite aux nombreux naufrages causés par une mauvaise détermination de la longitude, le parlement britannique 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)

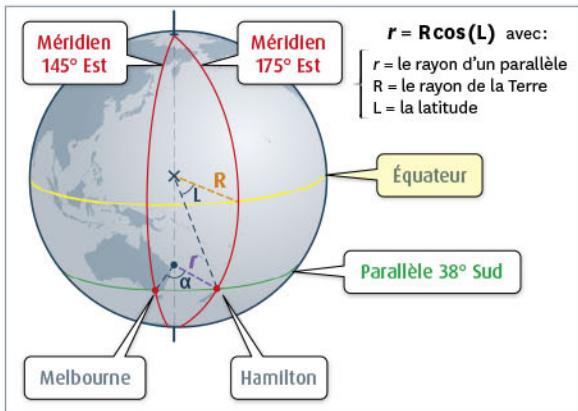


**DOC 2 L'invention du chronomètre marin.**

## Les chemins entre deux points

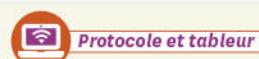


**DOC 3 Distance entre deux points sur un même méridien.** La distance entre deux points sur un même méridien, en suivant ce méridien, est appelée arc de méridien.

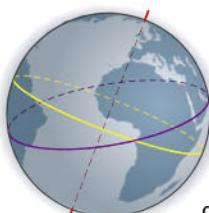


**DOC 4 Distance entre deux points sur un même parallèle.** La distance entre deux points sur un même parallèle, en suivant ce parallèle, est appelée arc de parallèle.

### UTILISATION DE GOOGLE EARTH



**DOC 5 Comparaison de distances entre Saint-Zacharie et Cuge-les-Pins (Bouches-du-Rhône) sur Google Earth.**



Un grand cercle est un cercle tracé à la surface d'une sphère qui a le même diamètre qu'elle. L'équateur (en jaune), les méridiens et le cercle violet sont par exemple des grands cercles et ont donc une longueur de 40 000 km environ. Le plus court chemin entre deux points à la surface de la Terre est l'arc du grand cercle qui les relie.

**DOC 6 Définition du grand cercle.**

### ACTIVITÉ GUIDÉE

1. L'heure locale d'un navire étant 13 h et celle à Quimper 10h30, calculez la longitude de ce navire parti de Quimper (qui se trouve sur le méridien 4,1° Ouest) et voyageant vers l'Ouest (**DOCS 1 ET 2**).
2. En utilisant la formule de l'unité 2, calculez la longueur de l'arc de méridien entre Saint-Pétersbourg et El Obeid (**DOCS 1 ET 3**).
3. Calculez la longueur de l'arc de parallèle entre Melbourne et Hamilton (**DOCS 1 ET 4**).
4. Utilisez Google Earth pour mesurer la longueur des différents chemins entre Saint-Zacharie et Cuge-les-Pins et vérifiez que le plus court trajet est l'arc du grand cercle qui les relie (**DOCS 5 ET 6**).



### 1. Observer la rotundité de la Terre > UNITÉ 1

- ▶ 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 > UNITÉ 2

- ▶ 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 rotundité de la Terre.

### 3. Le calcul du méridien au XVIII<sup>e</sup> siècle > UNITÉ 3

- ▶ À partir du XVII<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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 > UNITÉ 4

- ▶ 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.

#### Les mots-clés du chapitre

Grand cercle • Latitude • Longitude • Méridien • Parallèle • Triangulation

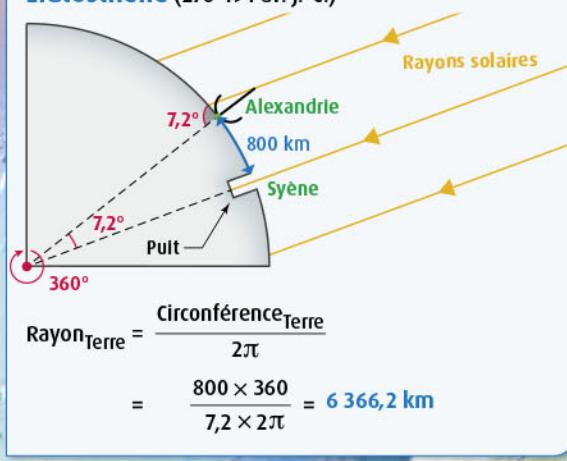
# *l'essentiel par l'image*

## Observations de la courbure de la Terre



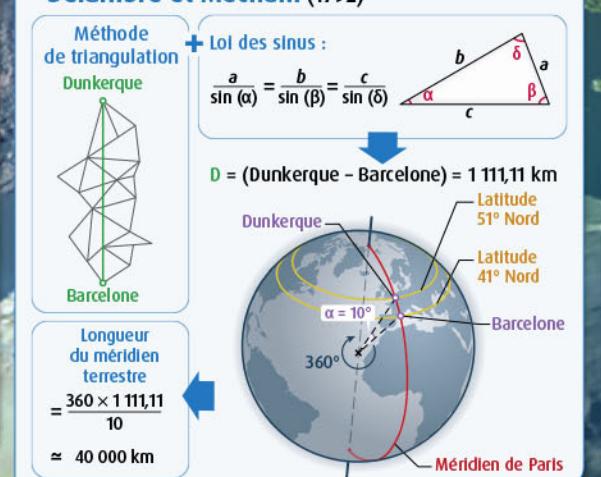
## Calcul du rayon de la Terre

**Ératosthène (276-194 av. J.-C.)**

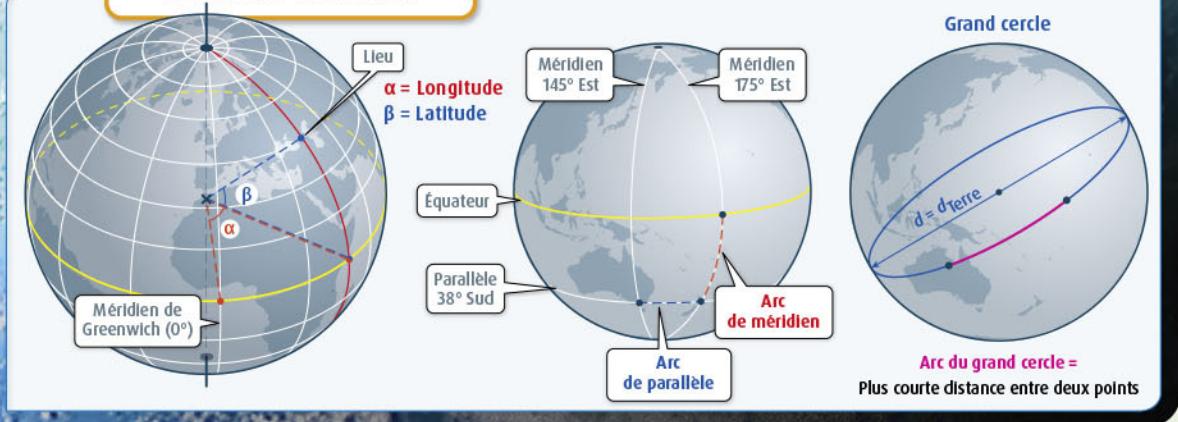


## Calcul du méridien

**Delambre et Méchain (1792)**



## Distances terrestres



# Tester ses savoirs

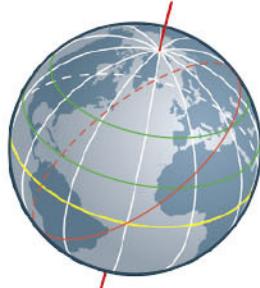
## 1 Vrai/Faux

Identifiez les affirmations fausses et rectifiez-les

- Chaque point à la surface de la Terre peut être repéré par sa latitude et sa longitude.
- On peut estimer sa latitude sur Terre à condition de disposer d'un chronomètre.
- Il est possible de démontrer que la Terre est sphérique en restant à sa surface.
- La longueur d'un méridien est d'environ 30 000 km.
- Le plus court chemin entre deux points à la surface de la Terre est l'arc du grand cercle qui les relie.

## 2 Légender un schéma

Légender le globe avec les termes suivants : *pôle Nord, pôle Sud, équateur, méridien, parallèle, grand cercle.*



## 3 QCM

Pour chaque affirmation, identifiez la bonne réponse.

**1. Lors d'une éclipse de Lune :**

- le Soleil est entre la Terre et la Lune
- la Lune est entre la Terre et le Soleil
- la Terre est entre le Soleil et la Lune

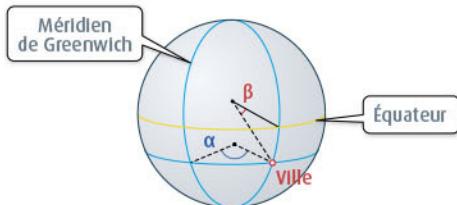
**2. Ératosthène a :**

- prouvé que la Terre est sphérique
- calculé le rayon de la Terre en supposant qu'elle est sphérique
- démontré la loi des angles alternes-internes
- infirmé le modèle chinois

**3. Un mètre a été défini comme étant égal à :**

- un arc de méridien
- un millionième de l'équateur
- le dix-millionième du quart du méridien terrestre

**4. Sur le globe ci-dessous,  $\alpha$  et  $\beta$  sont :**



- des latitudes
- une latitude et une longitude respectivement
- une longitude et une latitude respectivement
- des longitudes

**5. Lorsque l'on se déplace sur la Terre :**

- on change d'heure lorsque l'on change de latitude
- on change d'heure lorsque l'on change de longitude
- on change d'heure lorsque l'on se rapproche des pôles

## 4 Question de synthèse

Rédigez un texte d'une dizaine de lignes afin d'expliquer la méthode de triangulation plane utilisée par Delambre et Méchain.

### Critères de réussite

- ✓ J'ai évoqué la loi des sinus et la loi d'Al-Kashi
- ✓ J'ai expliqué comment on trouve la longueur du méridien à partir de l'arc de méridien
- ✓ J'ai fait des phrases avec le vocabulaire adapté, ponctuées et grammaticalement correctes

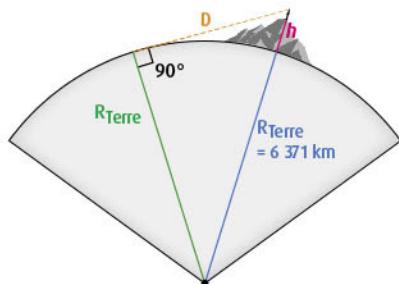
## 5 Calculer et représenter

## La distance à l'horizon

Lorsqu'une personne mesurant 1m 80 est au bord de la mer, l'horizon qu'elle voit se trouve à environ 4,789 km d'elle. Mais si elle monte en altitude, cette distance va augmenter.

## QUESTIONS

- Grâce au théorème de Pythagore, exprimez D en fonction de  $R_{\text{Terre}}$  et  $h$ .
- Calculez à quelle distance D se trouve l'horizon lorsque la personne se trouve à des hauteurs de 100 m, 2 km, 50 km et 300 km.
- Grâce à ces cinq points, tracez la distance à l'horizon en fonction de la hauteur de l'observateur.



**DOC 1** Distance entre une personne et l'horizon.

## 6 Analyser des données et calculer

## Une triangulation historique

Entre 1668 et 1670, un siècle avant Delambre et Méchain, l'abbé Picard entreprend une campagne de triangulation pour mesurer l'arc de méridien entre Amiens et Paris. À l'époque, les unités utilisées sont la toise, qui vaut 1,949 m, et le pied, qui vaut 0,3048 m. Il trouve une distance de 111,1 km entre les deux villes.

*Mesure de la Terre,*  
qui ne donnent pas les minutes que de six en six, ils n'ont pas laissé d'approcher de la justesse autant qu'il étoit nécessaire, pour faire voir qu'en ne s'étoit pas trompé aux conclusions.

I. TRIANGLE ABC.  
Pour connaître le côté AC.  
CAB.....14°-4'-35".  
ABC.....9°-6'-55".  
ACB.....10°-42'-10".  
A B.....4663-Toise de mesure actuelle.  
Donc AC.....11012-Toise 5 pieds.  
Et BC.....8954-Toise.

II. TRIANGLE ADC.  
Pour DC & AD.  
DAC.....77°-25'-40".  
ADC.....55°-0'-10".  
ACD.....47°-34'-0".  
AC.....11012-Toise 5 pieds.  
Donc DC.....13121-Toise 3 pieds.  
Et AD.....9932-Toise 2 pieds.

III. TRIANGLE DEC.  
Pour DE & CE.  
DEC.....74°-9'-30".  
DCE.....40°-14'-0".  
CDE.....65°-16'-30".  
DC.....13121-Toise 3 pieds.  
Donc DE.....8700-Toise 3 pieds.  
Et CE.....11389-Toise 3 pieds.

par M. l'Abbé Picard. 35  
IV. TRIANGLE DCF.  
Pour DF.

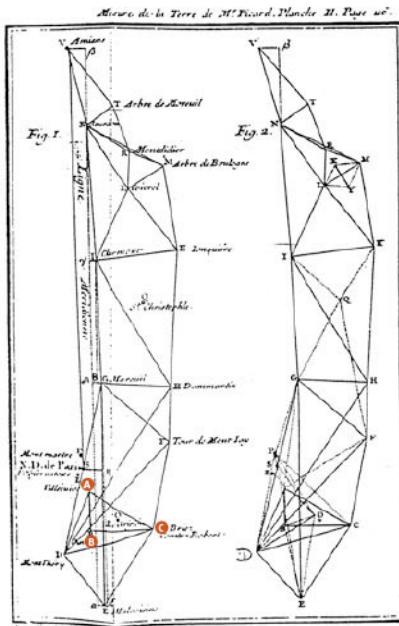
DCF.....11°-47'-40".  
DFC.....53°-40'-0".  
FDC.....31°-32'-10".  
Donc DCF.....13121-Toise 3 pieds.  
Et DF.....11658-Toise.

Notez que dans ce quatrième triangle, l'angle DFC a été augmenté de 10'', qui manquaient à la somme des trois angles.

V. TRIANGLE DFG.  
Pour DG & FG.

DGF.....92°-5'-10".  
DGF.....17°-34'-0".  
GDF.....10°-20'-0".  
DF.....11658-Toise.  
Donc DGF.....15643-Toise.  
Et FG.....12963-Toise 3 pieds.

Ensuite de ces cinq triangles, il a été facile de conclure la distance GE entre Malvoisine & Marcuil, sans supposer aucune nouvelle observation.



**DOC 2** Dessin extrait du rapport Mesures de la Terre de l'abbé Picard (1671).

**DOC 1** Distances extraites du rapport Mesures de la Terre.

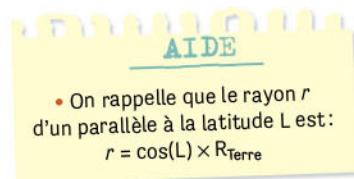
## QUESTIONS

- À l'aide de la loi de sinus, vérifiez le calcul de Picard pour la distance AC dans le triangle ABC.
- Sachant qu'il y a un degré de différence entre les latitudes de Paris et Amiens, calculez la longueur du méridien en utilisant les mesures de Picard.
- Commentez sur la précision de ses mesures.

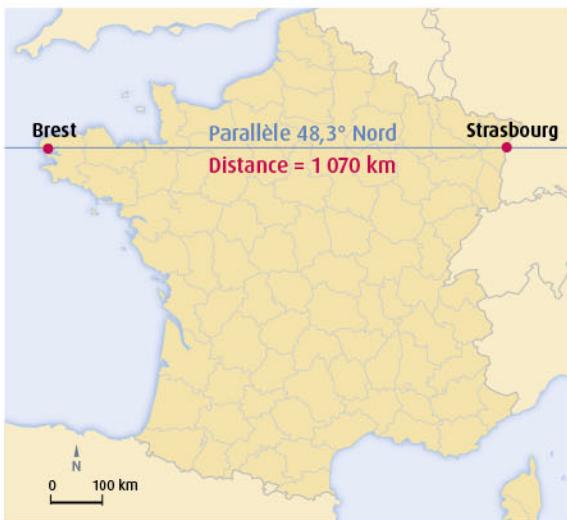
## 7 Calculer

## Le décalage horaire entre Brest et Strasbourg

On souhaite connaître le décalage horaire réel entre Brest et Strasbourg, deux villes françaises distantes de 1070 km. On considérera qu'elles sont sur le même parallèle, de latitude 48,3° Nord.



**DOC1** Localisation de Brest et Strasbourg.



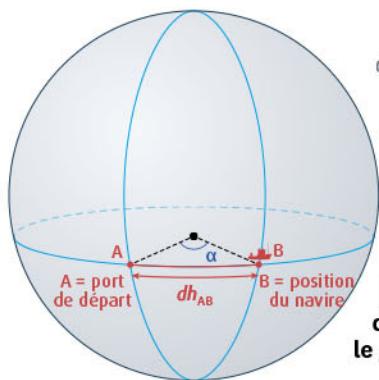
## QUESTIONS

- Déterminez la formule permettant d'exprimer la longueur  $C$  d'un parallèle en fonction de sa latitude  $L$  et du rayon de la Terre  $R_{\text{Terre}} = 6370$  km.
- Calculez la longueur du parallèle sur lequel sont situées Strasbourg et Brest.
- Déterminez la proportion du parallèle que représente la distance entre ces deux villes.
- Appliquer cette proportion à la durée d'une journée, en heures, pour trouver le décalage horaire.

## 8 Raisonner et calculer

## Le repérage en mer

Pour connaître leur longitude en mer, les marins ont besoin de connaître l'heure. Au xvii<sup>e</sup> siècle, les montres de poche étaient peu précises et pouvaient varier de 15 minutes par jour. Au xviii<sup>e</sup> siècle, on construit des chronomètres de marine précis (voir **DOC2** p. 134) qui ne varient que de cinq secondes par jour.



$dh_{AB}$  = le décalage horaire entre A et B  
 $\alpha$  = la différence de longitude entre A et B

**DOC1** Trajectoire d'un navire sur le globe terrestre.

**AIDE**

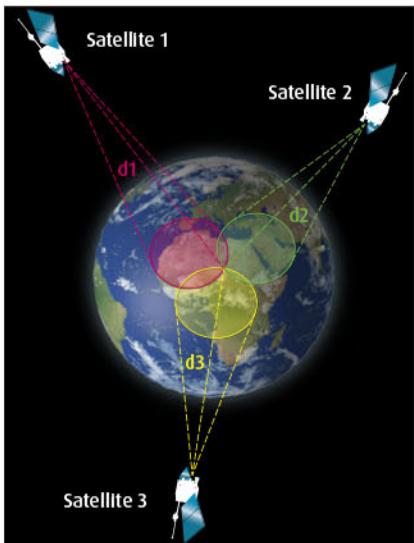
- Le décalage horaire est de 24 heures pour un tour complet de la Terre (360°).
- Pour faire les calculs, il faut convertir les minutes et les secondes en heures.

## QUESTIONS

- Exprimez  $dh_{AB}$  en fonction de  $\alpha$ .
- Calculez l'erreur de longitude au bout de trois jours, puis de deux semaines de traversée, si l'instrument de mesure à bord est une montre de poche du xvii<sup>e</sup> siècle.
- Refaites les calculs dans le cas où l'instrument de mesure à bord est un chronomètre marin.

## Repérage

### Le fonctionnement du GPS



**Le fonctionnement du GPS avec 3 satellites.**

Toutes les méthodes autrefois utilisées pour se repérer sur Terre ont aujourd’hui été remplacées par des systèmes de positionnement par satellite. Le système américain, GPS (Global Positioning System), est constitué de 24 satellites en orbite autour de la Terre.

Chaque satellite émet un signal électromagnétique, capté par le récepteur (d'un téléphone, d'une voiture, etc.) qui recherche sa position sur Terre. Ce signal contient son heure d'émission et la position du satellite. Le récepteur, connaissant l'heure de réception et la vitesse de la lumière, peut donc en déduire sa distance au satellite. Le processus est répété avec deux autres satellites, ce qui permet au récepteur de connaître sa position : il se situe à l'intersection des trois sphères. En pratique, le récepteur croise les données de plus de trois satellites, ce qui lui donne une précision de la dizaine de mètres, voire du mètre.



Pour en savoir plus  
Article du magazine  
*Sciences et Avenir*

#### Menez l'enquête

Recherchez combien de systèmes de géopositionnement il existe actuellement.

## Géologie

### Le GPS au service de la tectonique des plaques

L'un des facteurs qui limite la précision des GPS est la présence de turbulences atmosphériques. En effet, le signal électromagnétique envoyé par les satellites se propage dans l'atmosphère, et les variations de pression, ainsi que la présence ou non de nuages, entraînent d'infimes variations dans sa vitesse.

Un décalage du signal d'une microseconde entraîne ainsi une erreur de 300 m sur la position. Cependant, les géologues parviennent à une précision bien plus grande, d'une part en moyennant le signal sur de longues durées, et d'autre part en faisant des mesures différentielles (entre deux GPS) et non absolues. Leur précision est telle qu'ils parviennent à suivre, grâce à des balises GPS, le déplacement des plaques litosphériques qui n'est que de quelques centimètres par an.



**Le déplacement absolu de balises GPS situées sur les différentes plaques litosphériques.**



Pour en savoir plus Site de l'École normale supérieure de Lyon

#### Menez l'enquête

Identifiez les propriétés de l'atmosphère qui influent sur la vitesse des ondes électromagnétiques.