



POUR COMMENCER

Testez votre culture scientifique

Identifiez la bonne réponse

1. Le fait que la Terre tourne autour du Soleil a été prouvé:

- a. au xviii^e siècle
- b. dans l'Antiquité
- c. grâce aux premiers voyages dans l'espace

2. La révolution de la Terre autour du Soleil engendre:

- a. les alternances jour/nuit
- b. les saisons
- c. les changements de météo

3. La Terre effectue un tour complet sur elle-même en:

- a. une année
- b. une saison
- c. une journée

4. La Lune tourne:

- a. sur elle-même et autour de la Terre
- b. uniquement sur elle-même
- c. uniquement autour de la Terre

Recherches Internet

Placez sur une frise chronologique les personnage suivants et recherchez ce qu'ils ont apporté à la connaissance du système solaire.



CHAPITRE

10

LA TERRE
DANS L'UNIVERS

UNITÉ 1 Observer et interpréter les mouvements des astres

UNITÉ 2 La controverse géocentrisme-héliocentrisme

UNITÉ 3 Les arguments du modèle héliocentrique

UNITÉ 4 Les mouvements de la Lune

Observer et interpréter les mouvements des astres

Savoir si le Soleil tourne autour de la Terre fixe (géocentrisme) ou si la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil (héliocentrisme) fut longtemps l'objet de débats. Pour poser les fondements de cette question, il convient d'abord d'observer les mouvements des astres depuis la Terre.

Le mouvement des astres nous renseigne-t-il sur la configuration Terre-Soleil ?

Trajectoires des astres dans le ciel



DOC 1 Trajectoire du Soleil le 21 décembre 2005 en Italie.

43 photos, prises du même endroit au cours de la journée, ont été superposées pour obtenir cette trajectoire.

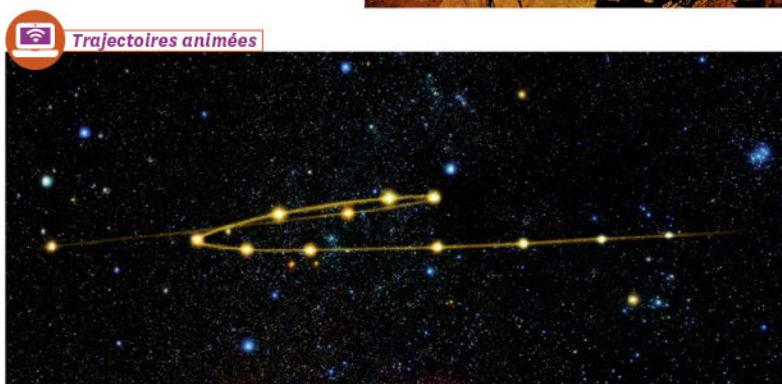


Animation « Timelapse »



DOC 2 Mouvement apparent des étoiles dans le ciel.

Les photos prises en continu pendant une certaine durée de la nuit ont été superposées pour obtenir cette image.



DOC 3 Trajectoires de Mars d'août 2007 à avril 2008, observée depuis la Terre. Depuis l'Antiquité, on observe que les planètes font des allers-retours, appelés rétrogradations, dans le ciel.

Interprétation des trajectoires



DOC 4 Mouvement du tourniquet dans le référentiel Terre (a), et mouvement des arbres dans le référentiel tourniquet (b).

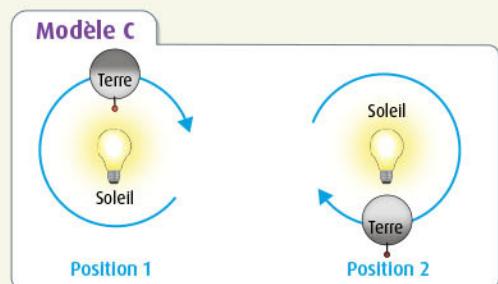
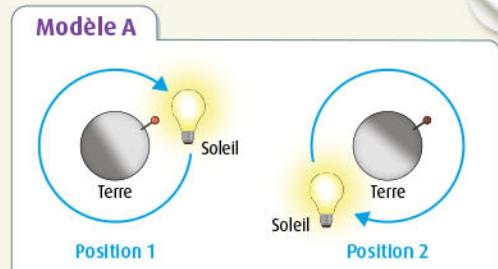
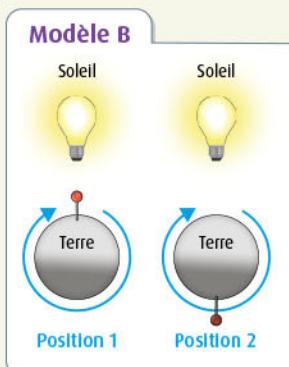
EXPÉRIMENTATION



Vidéos des expériences

Efonnez une punaise de couleur dans la boule de polystyrène (la Terre), puis reproduisez les trois modèles ci-contre. Observez si la punaise passe de l'ombre à la lumière.

- **Modèle A:** après avoir fixé la Terre pour qu'elle reste immobile, munissez-vous de la lampe (le Soleil) et effectuez une trajectoire circulaire autour de la Terre.
 - **Modèle B:** après avoir fixé la lampe pour qu'elle reste immobile, munissez-vous de la Terre et faites-la tourner sur elle-même.
 - **Modèle C:** après avoir fixé la lampe pour qu'elle reste immobile, munissez-vous de la Terre et effectuez une trajectoire circulaire autour de la lampe.



DOC 5 Étude expérimentale de l'alternance jour/nuit sur Terre.

TÂCHE COMPLEXE

Mission

Vous devez déterminer si l'observation des astres dans le ciel permet de trancher entre géocentrisme et héliocentrisme

Pistes de réalisation

- Décrivez les trajectoires apparentes du Soleil, des étoiles et des planètes dans le ciel.
 - Interprétez, si possible, ces trajectoires en vous placant dans différents

référentiels dans les deux modèles (héliocentrique et géocentrique).
→ Montrez que l'alternance jour/night ne permet pas de trancher entre ces deux modèles.



La controverse géocentrisme-héliocentrisme

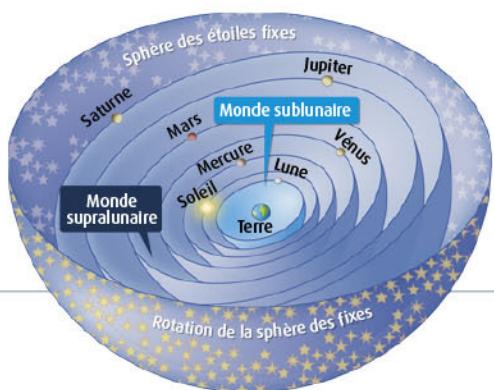
La controverse entre les partisans d'un modèle géocentrique et les partisans d'un modèle héliocentrique s'est déroulée pendant plusieurs siècles, de l'Antiquité au XVII^e siècle.

Quelles ont été les principales étapes de cette controverse ?

Le modèle géocentrique

Histoire des sciences

Le Grec Eudoxe de Cnide (408-355 avant J.-C.), puis de nombreux autres après lui comme Aristote, conçoivent l'Univers comme un ensemble de sphères concentriques autour de la Terre, sur lesquelles évoluent la Lune, le Soleil et les planètes. Sur la sphère la plus lointaine sont fixées les étoiles. Pour Aristote (384-322 avant J.-C.), la Terre est forcément immobile, car «les projectiles pesants envoyés vers le haut en ligne droite reviennent au même point». Si la Terre tournait, ces projectiles ne pourraient pas retomber à leur point de départ puisque le sol se serait déplacé pendant leur trajet aérien.



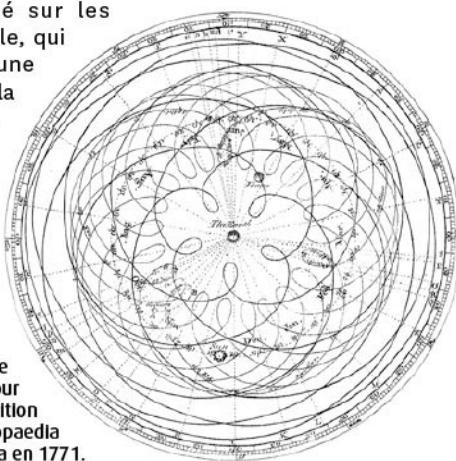
DOC 1 La théorie des sphères.

Le chapitre 10 du livre de Josué raconte que, lors d'une bataille, Josué pria Dieu de lui venir en aide en arrêtant le Soleil dans sa course. «Alors Josué parla à l'Éternel, le jour où l'Éternel livra les Amoréens aux enfants d'Israël, et il dit en présence d'Israël: "Soleil, arrête-toi sur Gabaon, Et toi, Lune, sur la vallée d'Ajalon!"». Au XVI^e et XVII^e siècles, l'Église s'appuie sur la Bible pour défendre le modèle géocentrique.

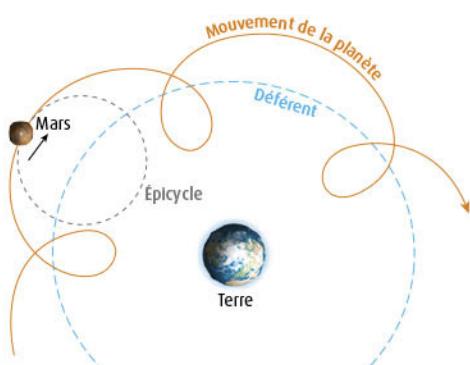
DOC 2 Extrait du livre de Josué dans la Bible.

Animation des trajectoires

La théorie des sphères ne permettant pas d'expliquer les rétrogradations des planètes (voir doc. 3 p. 160), le Grec Ptolémée (90-168 après J.-C.) imagine un autre modèle géocentrique basé sur les épicycles. Ce modèle, qui permet d'obtenir une précision de 5° sur la position des planètes, servira de références aux astronomes pendant 1500 ans.



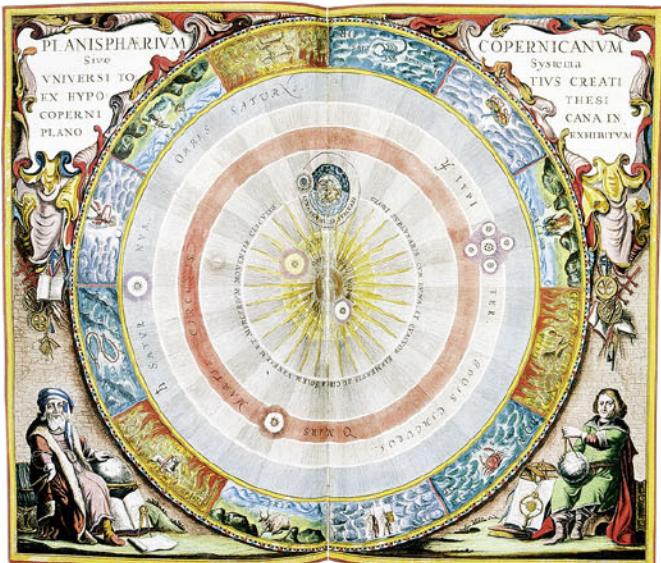
Dessin du modèle de Ptolémée réalisé pour la première édition de l'Encyclopædia Britannica en 1771.



DOC 3 Le modèle géocentrique de Ptolémée.

Le modèle héliocentrique

Histoire des sciences

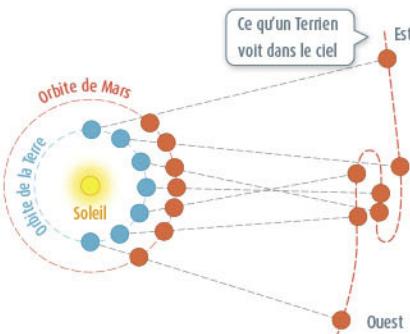


Dans son livre *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* (1632), l'Italien Galilée réfute l'argument d'Aristote sur l'immobilité de la Terre. Pour cela, il fait une analogie avec un bateau en mouvement :

lorsqu'on laisse tomber une pierre du haut du mât, celle-ci atterrit au pied du mât, et non à l'arrière du bateau. Ainsi, l'observation d'Aristote est tout à fait compatible avec une Terre en mouvement. Il se fonde aussi sur des observations astronomiques pour montrer que la Terre n'est pas au centre de l'Univers (voir doc. 1 p. 164). La parution de cet ouvrage provoque la colère de l'Église, et Galilée est contraint de se rétracter pour éviter le bûcher.

DOC 5 Les arguments de Galilée.

Après avoir longtemps étudié les écrits de ses prédecesseurs, le Polonais Copernic (1473-1543), montre les défaillances du système de Ptolémée et critique sa complexité. Il établit la pertinence astronomique du référentiel héliocentrique associé à une Terre qui tourne sur elle-même. L'une des forces du modèle est d'expliquer simplement la rétrogradation des planètes sans faire intervenir d'épicycle. Beaucoup plus simple que celui de Ptolémée, ce modèle respecte donc davantage le principe d'économies d'hypothèses.



DOC 4 Le système héliocentrique de Copernic.



DOC 6 Couverture de «*L'infini, l'Univers et les mondes*» (1584) de Giordano Bruno.

Le frère dominicain italien Giordano Bruno pousse le raisonnement de Copernic plus loin et affirme «qu'il existe d'innombrables soleils et un nombre infini de terres tournant autour de ces soleils» et «qu'il n'y a aucun astre au milieu de l'Univers parce que celui-ci s'étend également dans toutes les directions».

Il croit en l'infini de Dieu qui ne se serait donc pas borné à créer un seul monde fini. Condamné par l'Inquisition, il sera brûlé vif en place publique pour hérésie en 1600.

TÂCHE COMPLEXE

Mission

Répondez à la question de l'unité sous la forme d'un tableau.

Pistes de réalisation

- Donnez, pour chaque personnage ou institution présenté dans la double page, le siècle où il a vécu ou existé, le ou les modèles proposés et le type d'arguments utilisés.
- Distinguez les arguments fondés sur des observations de phénomènes terrestres, ceux fondés sur des observations de phénomènes astronomiques et les arguments théologiques.

Besoin d'aide?



Les arguments du modèle héliocentrique

Histoire des sciences

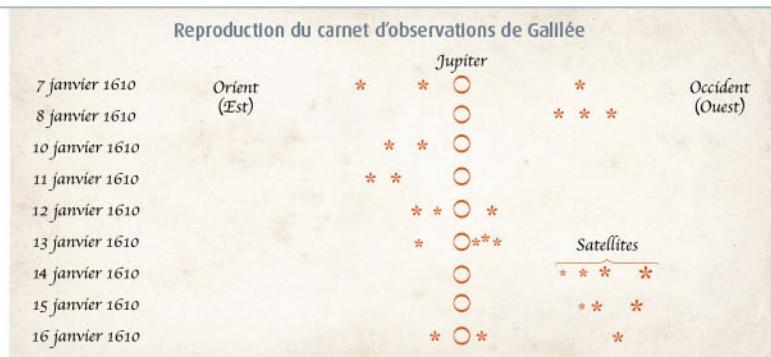
Au XVIII^e siècle, les instruments de mesure deviennent plus précis. De nouvelles observations et le développement de solides socles théoriques vont permettre de trancher la controverse.

Comment a-t-on réussi à invalider le modèle géocentrique ?



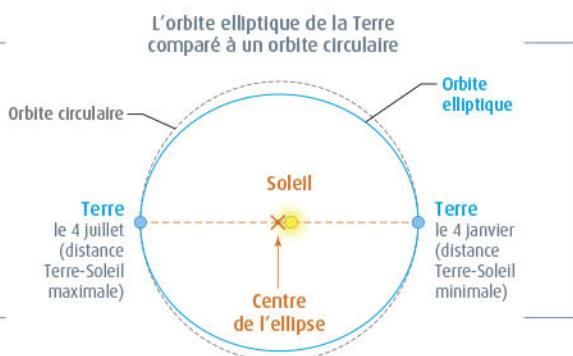
Planche de dessins de Galilée

En 1610, Galilée observe Jupiter avec une lunette astronomique de sa conception et découvre quatre astres, ou satellites, qui l'accompagnent en permanence : Ganymède, Io, Europe et Callisto. Ils ne tournent visiblement pas autour de la Terre : c'est la preuve que la Terre n'est pas le centre de l'Univers, et l'un des premiers arguments scientifiques contre le géocentrisme.



DOC 1 Les observations de Galilée.

En 1600, l'Allemand Johannes Kepler se fonde sur ses longues années d'observations astronomiques, ainsi que celles de Tycho Brahe (1546-1601), pour confirmer le modèle héliocentrique de Copernic et l'affiner. Il montre ainsi que le mouvement apparent de Mars s'explique en considérant une orbite non pas circulaire, mais elliptique : c'est sa première loi. Il réalise également des prédictions d'évolution de la vitesse des planètes sur leur orbite.



DOC 2 Les lois de Kepler.

En 1687, l'Anglais Isaac Newton étudie la chute des corps. S'interrogeant sur le fait qu'un objet tombe toujours vers le centre de la Terre, Newton propose que la Terre et l'objet s'attirent mutuellement. C'est la loi de la gravitation universelle. De la même façon, la Terre est attirée par le Soleil, mais sa vitesse la maintient en orbite autour de celui-ci. La gravitation universelle permet à Newton de démontrer, dans un cadre théorique solide, les lois empiriques de Kepler.



DOC 3 Newton et la gravitation universelle.

**Animation du pendule**

En 1851, le Français Léon Foucault apporte une preuve expérimentale de la rotation de la Terre sur elle-même. Il suspend, au plafond du Panthéon, une masse de 28 kg au bout d'une corde de 67 m de long. Le pendule ne semble pas osciller en permanence dans le même plan. En effet,

l'amplitude de ce pendule est tellement grande que la Terre a le temps de tourner un peu entre chaque oscillation, ce qui donne l'impression que le pendule tourne. Foucault montre ainsi que la Terre n'est pas immobile, prenant le contre-pied de certains modèles géocentriques.



DOC 4 Le pendule de Foucault au Panthéon (Paris).

C'est en 1727 que le Britannique James Bradley démontre de façon formelle que la Terre est en mouvement autour du Soleil. Aujourd'hui, le modèle héliocentrique fait l'unanimité. Pour autant, le Soleil, n'est pas immobile puisqu'il tourne autour du centre de notre galaxie, la Voie lactée.

DOC 5 La démonstration du modèle héliocentrique.

**TÂCHE COMPLEXE****Mission**

Réalisez une frise chronologique, accompagnée d'un texte d'une quinzaine de lignes, qui récapitule les étapes ayant permis de décrire les mouvements dans le système solaire.

Pistes de réalisation

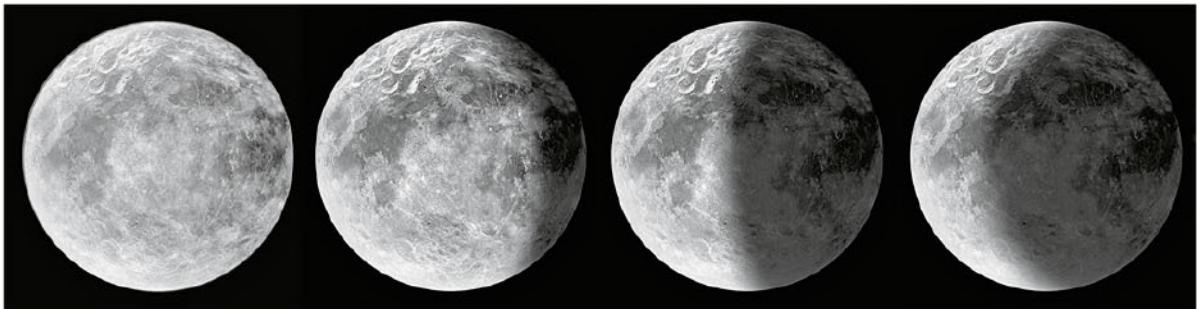
- Listez les noms des scientifiques et les dates de leurs découvertes.
- Présentez les preuves et l'affinement du modèle héliocentrique.
- Expliquez comment la rotation de la Terre sur elle-même a été confirmée.

Les mouvements de la Lune

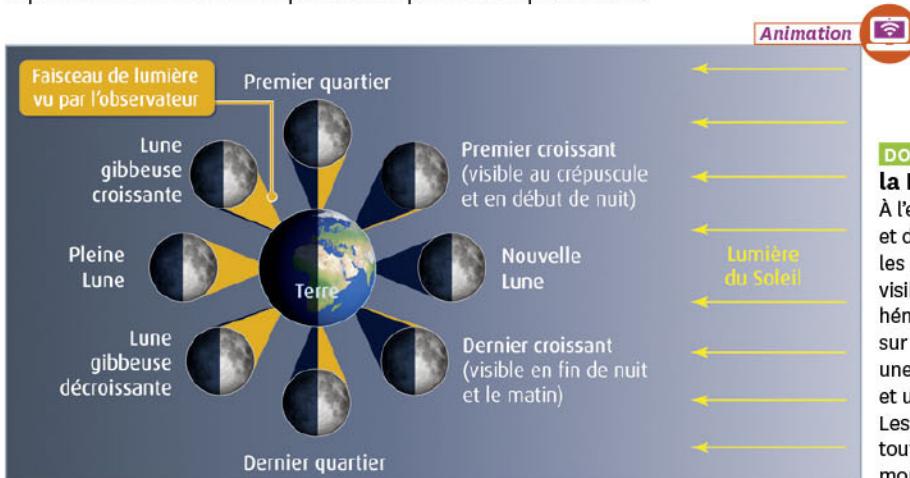
L'aspect de la Lune dans le ciel varie au fil des nuits : elle peut être entièrement visible, partiellement visible ou totalement invisible.

Comment expliquer l'aspect changeant de la Lune dans le ciel nocturne ?

Les phases de la Lune

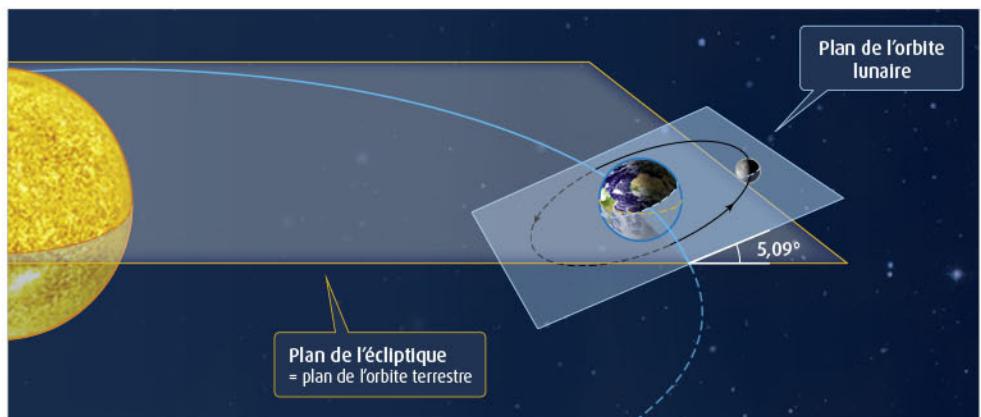


DOC 1 Quatre phases lunaires. La phase lunaire, ou phase de la Lune, désigne la portion de la Lune illuminée par le Soleil qui est vue depuis la Terre.

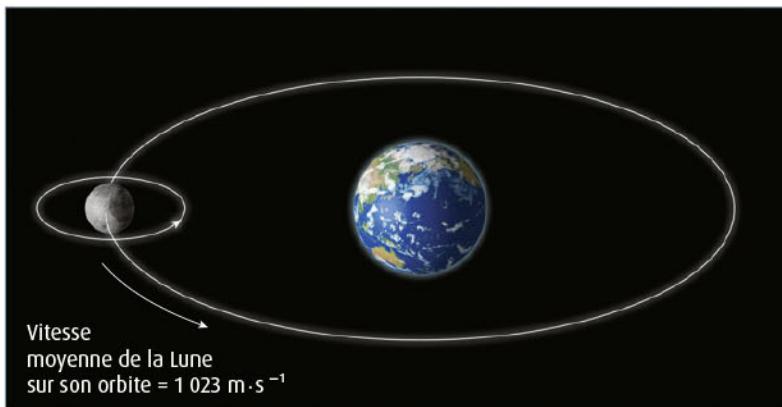


DOC 2 Huit positions de la Lune autour de la Terre. À l'exception de la nouvelle Lune et de la pleine Lune, toutes les phases de la Lune sont visibles dans les deux hémisphères de la Terre sur une zone comprenant une partie où il fait nuit et une partie où il fait jour. Les différentes phases ne sont toutefois pas visibles au même moment de la nuit.

DOC 3 Plans des orbites terrestre et lunaire. Le plan de l'orbite lunaire ne se confondant pas avec le plan de l'orbite terrestre, la Lune n'est pas cachée lorsqu'elle se trouve «derrière» la Terre et elle n'éclipse pas le Soleil chaque fois qu'elle passe entre lui et notre planète.



La face cachée de la Lune



rappel

Définition de la vitesse

$$\text{Vitesse } (\text{m}\cdot\text{s}^{-1}) = \frac{\text{Distance (m)}}{\text{Durée (s)}}$$

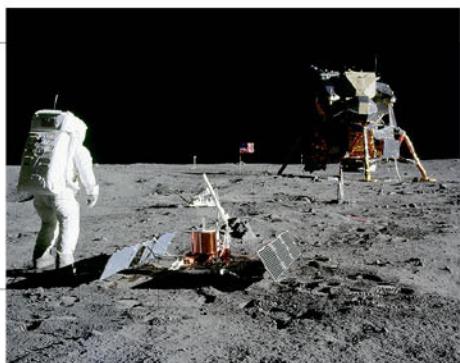
DOC 4 Révolution et rotation de la Lune.

En plus d'effectuer une révolution autour de la Terre, la Lune effectue également une rotation sur elle-même. Il lui faut 27,3 jours pour faire un tour complet sur elle-même.

Pratique scientifique

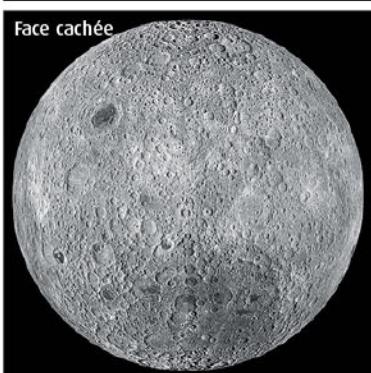
La mission Apollo 11 atterrit sur la Lune en juillet 1969. C'est la première fois que les humains posent pied sur leur satellite. L'une des tâches des astronautes consiste à déployer un panneau composé de miroirs sur le sol lunaire. Celui-ci va permettre de réfléchir les faisceaux laser envoyés depuis la Terre vers la Lune, et donc de mesurer la durée de leur aller-retour. Sachant que la lumière se déplace dans le vide à environ $300\ 000\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$, la distance moyenne Terre-Lune peut ainsi être mesurée. Les scientifiques obtiennent une valeur de 384 403 km.

DOC 5 Mesure de la distance Terre-Lune.



DOC 6 Les deux faces de la Lune.

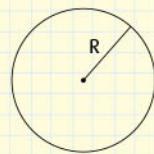
La Lune présente toujours la même face à la Terre. Les premiers humains à avoir pu observer directement sa face cachée sont les membres de l'équipage d'Apollo 8 ayant fait le tour de la Lune en 1968.



rappel

Le périmètre d'un cercle

$$P = 2\pi R$$



ACTIVITÉ GUIDÉE

1. Dessinez, pour chacune des huit positions de la Lune, comment une personne sur Terre voit la Lune ([docs 2 ET 3](#)).
2. Nommez alors les quatre phases du document 1.
3. En considérant que l'orbite de la Lune est un cercle, calculez sa longueur ([doc. 5](#)).
4. Calculez, en secondes puis en jours, la durée d'une révolution de la Lune autour de la Terre. Comparez le résultat à la durée d'une rotation de la Lune sur elle-même ([doc. 4](#)).
5. En déduire pourquoi la Lune présente toujours la même face à la Terre ([doc. 6](#)).



1. Observer et interpréter les mouvements des astres > UNITÉ 1

- ▶ Depuis la Terre, le Soleil et les étoiles dessinent une trajectoire circulaire dans le ciel. Quant aux planètes, leurs trajectoires comportent des mouvements rétrogrades (retours en arrière).
- ▶ La description d'une trajectoire dépend du **référentiel** choisi, c'est-à-dire des éléments fixes à partir desquels on la décrit. Les trajectoires du Soleil et des étoiles depuis la Terre peuvent être ainsi interprétées dans un modèle **géocentrique** (le Soleil et les autres astres décrivent une trajectoire circulaire autour de la Terre) ou **hélicentrique** (la Terre et les autres planètes tournent autour du Soleil).

2. La controverse hélicentrisme-géocentrisme > UNITÉS 2 ET 3

- ▶ Le modèle géocentrique proposé par Ptolémée au deuxième siècle nécessite de faire intervenir des épicycles (« cercles sur des cercles ») pour décrire la trajectoire rétrograde des planètes. Pendant 1500 ans, c'est lui qui a permis de décrire et prévoir les mouvements des astres.
- ▶ Le modèle hélicentrique a été proposé par Copernic au xv^e siècle. Il permet d'expliquer de façon plus simple la trajectoire rétrograde des planètes. Au xvii^e siècle, plusieurs arguments vont soutenir ce modèle : observations astronomiques de Galilée ; observations astronomiques et lois empiriques de Kepler ; énoncé de la loi de la gravitation universelle par Newton (1687), qui permet de démontrer les lois de Kepler.
- ▶ Au xviii^e, Bradley prouve que la Terre est en mouvement autour du Soleil, et au xix^e siècle, Foucault prouve qu'elle tourne sur elle-même.
- ▶ La **controverse** autour des deux modèles, qui a animé les scientifiques pendant plusieurs siècles, a été alimentée à la fois par des arguments scientifiques et non scientifiques, notamment de nature religieuse.

3. Les mouvements de la Lune > UNITÉ 4

- ▶ Dans le référentiel du modèle géocentrique, la Lune décrit une trajectoire quasiment circulaire autour de la Terre. Elle présente toujours la même face à la Terre.
- ▶ En fonction de sa position par rapport à la Terre et au Soleil, une partie plus ou moins grande de la Lune est éclairée pour des observateurs terrestres. La Lune présente ainsi différentes **phases**.

Les mots-clés du chapitre

Controverse scientifique • Géocentrique • Héliocentrique • Phase lunaire • Référentiel

l'essentiel par l'image

La controverse géocentrisme - héliocentrisme

L'Univers est un ensemble de sphères concentriques centré sur la Terre

Eudoxe de Cnide
408 – 355 av. J.C.

Le Soleil est au centre du système solaire et la Terre tourne sur elle-même

Copernic
1473 – 1543

Les trajectoires des planètes autour du Soleil sont des ellipses

Kepler
1571 – 1630

L'expérience du pendule prouve que la Terre tourne sur elle-même

Foucault
1819 – 1868

GÉOCENTRISME

Ptolémée
90 – 168

Les planètes effectuent des trajectoires en forme d'épicycles autour de la Terre

HÉLIOCENTRISME

Galilée
1564 – 1642

La Terre n'est pas au centre de l'Univers puisque Jupiter possède quatre satellites qui tournent autour d'elle

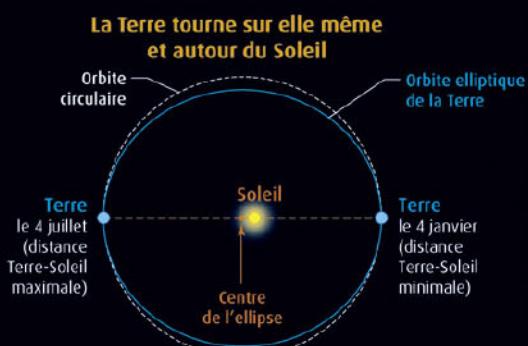
Newton
1643 – 1727

D'après la loi de la gravitation universelle, le Soleil, le corps le plus massif du système solaire, doit se trouver en son centre

Bradley
1693 – 1762

Des observations stellaires démontrent que la Terre tourne autour du Soleil

Les trajectoires de la Terre et de la Lune



Les phases de la Lune



Tester ses savoirs

1 Vrai/Faux

Identifiez les affirmations fausses et rectifiez-les.

- L'observation des astres dans le ciel permet de prouver que la Terre tourne autour du Soleil.
- Le modèle géocentrique de Ptolémée a servi de référence aux astronomes pendant 1500 ans.
- Au XVI^e siècle, certains religieux soutenaient le modèle héliocentrique.
- Le Soleil est immobile dans tous les référentiels.
- La Lune a une face cachée car sa durée de rotation est égale à la moitié de sa durée de révolution.

2 Légender un schéma

Sur la figure, légandez: la nuit sur Terre, le jour sur Terre, la face cachée de la Lune, la phase de la Lune.



3 QCM

Pour chaque proposition, identifiez la bonne réponse.

1. Vues depuis la Terre, les trajectoires des planètes sont:

- des cercles
- des ellipses
- des rétrogradations
- des droites

2. Deux personnes observant un même mouvement depuis deux référentiels différents voient:

- le même mouvement
- deux mouvements différents
- des mouvements inversés

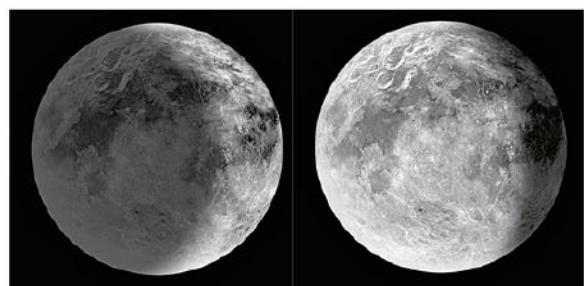
3. Galilée et Giordano Bruno défendent:

- le modèle géocentrique
- le modèle héliocentrique
- le modèle barycentrique

4. La rotation de la Terre sur elle-même a été prouvée grâce:

- à la loi de la gravitation universelle
- aux lois de Kepler
- au pendule de Foucault
- aux observations de Galilée

5. Les deux phases de la Lune sur les photos ci-dessous sont respectivement :



- Un croissant et un quartier
- Un quartier et une nouvelle lune
- Une lune gibbeuse et une pleine lune
- Un croissant et une lune gibbeuse

4 Question de synthèse

Expliquez, dans un texte d'une dizaine de lignes, comment les travaux de Newton et de Foucault ont permis de prouver que la Terre tourne sur elle-même et/ou autour du Soleil et ont contribué à invalider le modèle géocentrique.

Critères de réussite

- ✓ J'ai parlé de la loi de la gravitation universelle.
- ✓ J'ai fait le lien entre le mouvement d'oscillation du pendule et la rotation de la Terre.
- ✓ J'ai vérifié l'orthographe et la grammaire de mon texte.

5 Interpréter des données et rédiger

Controverse sur la place de la Terre au sein de l'Église

Aux xv^e et xvi^e siècles, si la plupart des hommes d'Église, comme Martin Luther, père du protestantisme, croyaient au modèle géocentrique, certains le rejetaient. Le cardinal Nicolas de Cues, par exemple, affirmait que la Terre est en mouvement et qu'elle n'est pas au centre de l'Univers.



« Ce fou de Copernic veut bouleverser toute l'astronomie ; mais l'Écriture dit que Josué arrête le Soleil et non la Terre. [...] On mentionnait un nouvel

astronome qui aurait prouvé que la Terre se meut, et non pas le ciel, le Soleil ou la Lune, exactement comme quelqu'un qui se déplaçant sur un char ou un navire, croirait être en repos, tandis que la Terre et les arbres se déplaceraient. »

Propos de Table, Martin Luther (1566).

DOC 1 Critique du modèle de Copernic par Luther.

« Il est évident pour nous que cette Terre se meut réellement, mais nous ne nous en apercevons pas, car nous ne pouvons saisir le mouvement que par la comparaison avec un point fixe. »

De docta ignorantia, cardinal Nicolas de Cues (1440).



DOC 2 Nicolas de Cues sur le mouvement de la Terre.

QUESTIONS

1. Nommez la notion de physique liée aux mouvements à laquelle font référence les deux personnages.
2. Répondez à la critique de Luther.

6 Calculer

Kepler et l'étoile Tau Ceti

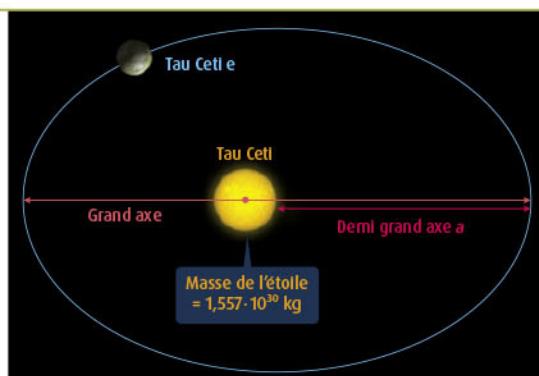
D'après la troisième loi de Kepler, le temps T qu'une planète prend pour parcourir son orbite, exprimé en secondes, est directement lié au demi-grand axe a de son orbite, exprimé en mètres, selon la formule :

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} a^3$$

avec G = constante de la gravitation universelle
 $= 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

et M = masse de l'astre au centre de l'orbite

L'étoile Tau Ceti, dans la constellation de la Baleine, est très semblable à notre Soleil. En 2012, on a découvert cinq planètes orbitant autour d'elle, dont l'une, Tau Ceti e, se situerait dans la zone d'habitabilité de l'étoile.



DOC 1 L'orbite de la planète Tau Ceti e autour de son étoile.

Planète	Demi grand axe (mètres)
Tau Ceti b	$1,575 \cdot 10^{10}$
Tau Ceti c	$2,925 \cdot 10^{10}$
Tau Ceti d	$5,61 \cdot 10^{10}$
Tau Ceti e	$8,28 \cdot 10^{10}$
Tau Ceti f	$2,025 \cdot 10^{11}$

DOC 2 Valeurs des demi-grand axes des cinq planètes en orbite autour de Tau Ceti.

QUESTIONS

1. Calculez la période orbitale T de chaque planète en secondes puis en années.
2. En déduire laquelle des cinq planètes a la période la plus proche de celle de la Terre. Commentez.

7 Analyser et raisonner

Le modèle barycentrique

D'après la loi de la gravitation universelle, la plus lourde des planètes du système solaire, Jupiter, a une influence non négligeable sur la position du Soleil. On sait aujourd'hui que le Soleil n'est pas fixe, et qu'il oscille autour d'un point situé à quelques centaines de milliers de kilomètres de son centre, que l'on nomme barycentre du système solaire. Le référentiel associé est dit barycentrique.



DOC 1 Le barycentre du système solaire.

QUESTION

Déterminez où se trouve réellement le centre du système solaire et décrivez le mouvement du Soleil, de la Terre et de la Lune dans le référentiel barycentrique.

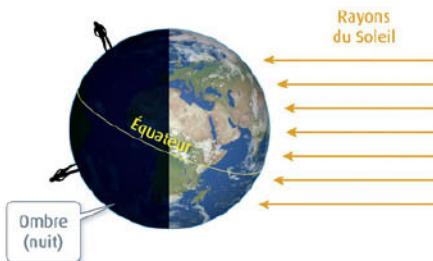
8 Mettre en relation des données et raisonner

Les phases de la Lune dans les hémisphères Nord et Sud

À une date donnée, selon l'hémisphère où l'on se trouve, on ne voit pas la Lune de la même façon.



DOC 1 Quatre phases de la Lune dans les deux hémisphères aux mêmes dates.



DOC 2 Position d'une personne dans chaque hémisphère.

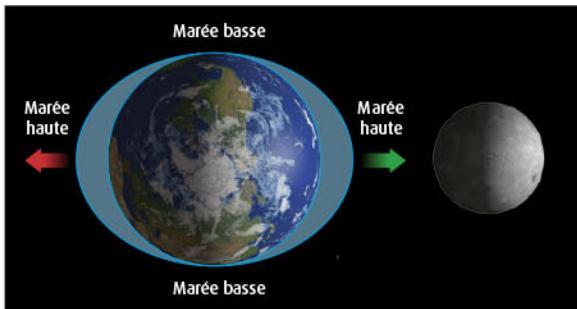
QUESTIONS

- Expliquez pourquoi les phases de la Lune n'ont pas la même orientation en fonction de l'hémisphère.
- Dessinez la pleine Lune, la Lune gibbeuse décroissante, le dernier quartier et le dernier croissant pour chaque hémisphère.

Phénomènes naturels

Lune, Soleil et marées

La Terre et la Lune s'attirent mutuellement par l'intermédiaire de la force d'attraction gravitationnelle. Une conséquence de cette attraction est la déformation des océans, phénomène qu'on appelle les marées. Au cours d'une journée, la Terre tourne alors que la Lune se déplace à peine, et la déformation se déplace donc sur Terre. Cela explique qu'à un endroit donné, il y a en général deux marées hautes et deux marées basses par jour. Le Soleil contribue aussi aux marées, mais de façon moindre que la Lune. Lorsqu'il est aligné avec la Lune, leurs effets s'ajoutent, les marées sont plus importantes,

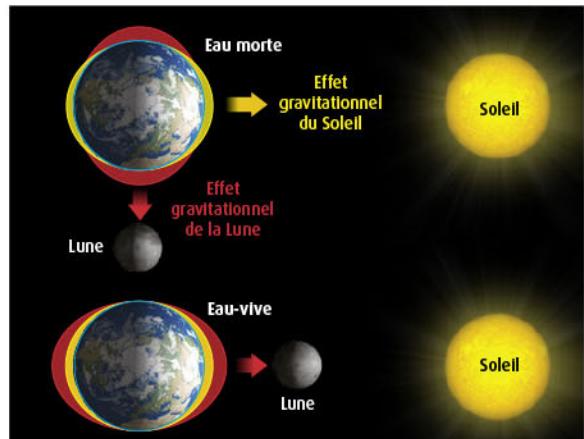


Déformation des océans due à l'attraction de la Lune.

c'est l'eau-vive. Inversement, lorsque Soleil et Lune sont à 90° par rapport à la Terre, leurs effets se compensent partiellement, les marées sont plus faibles, c'est l'eau-morte.



Pour en savoir plus Épisode de l'émission *C'est pas Sorcier*



Action combinée de la Lune et du Soleil sur les océans.

Menez l'enquête

Recherchez ce qu'est un coefficient de marée et à quel coefficient il est le plus pratique de se baigner.

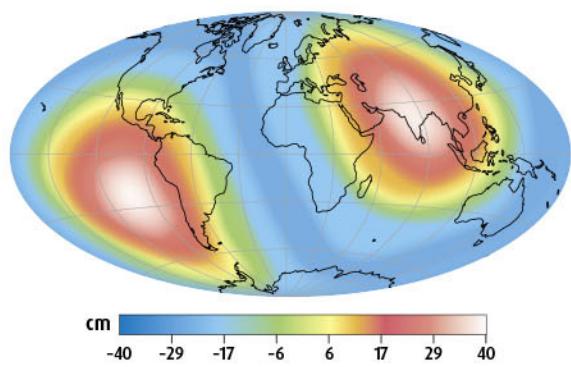
Sous nos pieds

Les marées terrestres

Le phénomène de marée est en réalité plus compliqué que la description fournie ci-dessus. D'une part, les côtes des océans et des mers ont des formes compliquées. D'autre part, les océans ont une fréquence propre d'oscillation, qui dépend de leur taille et de leur géométrie. Résultat : il existe différentes fréquences et amplitudes de marées. Par ailleurs, l'effet de l'attraction combinée de la Lune et du Soleil déforme également les surfaces solides : ce sont les marées terrestres. Ainsi, deux fois par jour, le sol sur lequel nous marchons monte et descend d'une amplitude qui dépend de notre position sur Terre.



Pour en savoir plus Article du magazine *Géomatique Expert*



Menez l'enquête

Expliquez comment on mesure les marées terrestres.

4

THÈME SON ET MUSIQUE, PORTEURS D'INFORMATION

11

CHAPITRE LE SON, PHÉNOMÈNE VIBRATOIRE

UNITÉ 1	Voir les sons.....	176
UNITÉ 2	Les harmoniques d'une note.....	178
UNITÉ 3	Le son des instruments de musique.....	180
UNITÉ 4	L'intensité des ondes sonores.....	182
BILAN	184
EXERCICES	186
ÇA VOUS CONCERNE!	189

12

CHAPITRE LA MUSIQUE OU L'ART DE FAIRE ENTENDRE LES NOMBRES

UNITÉ 1	De la note à l'intervalle	192
UNITÉ 2	La construction des gammes naturelles.....	194
UNITÉ 3	La gamme tempérée, un compromis nécessaire.....	196
BILAN	198
EXERCICES	200
ÇA VOUS CONCERNE!	203

13

CHAPITRE LE SON, UNE INFORMATION À CODER

UNITÉ 1	Numériser un son	206
UNITÉ 2	Taille et stockage d'un son numérique	208
UNITÉ 3	Réduire la taille d'un fichier son: la compression	210
UNITÉ 4	Les plateformes de musique en streaming	212
BILAN		214
EXERCICES		216
ÇA VOUS CONCERNE!		219

14

CHAPITRE ENTENDRE LA MUSIQUE

UNITÉ 1	La transmission des ondes sonores dans l'oreille	222
UNITÉ 2	La réception des ondes sonores	224
UNITÉ 3	L'interprétation de sons par le cerveau	226
BILAN		228
EXERCICES		230
ÇA VOUS CONCERNE!		233