

> SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Approfondir ses connaissances

La planète Terre. Les êtres vivants dans leur environnement

Les mouvements de la Terre sur elle-même et autour du Soleil

Mouvement apparent du Soleil au cours de la journée

Consulter la vidéo:
[mouvement
apparent du soleil](#)



Alternance jour/nuit



«Chaque jour, les habitants de la Terre constatent que le Soleil apparaît vers l'est, monte dans le ciel, culmine (est au plus haut au-dessus de l'horizon) en passant au-dessus du sud (dans l'hémisphère nord), redescend et disparaît vers l'ouest (cette affirmation n'est pas vraie dans les régions polaires). En Europe, la trajectoire du Soleil est parcourue de gauche à droite pour un observateur situé face à lui.»

Source : extrait de la fiche connaissance n°19 Mouvement apparent du Soleil - Documents d'application des programmes cycles 2 et 3, Scéren CNDP, 2002

Cette alternance jour/nuit résulte uniquement du mouvement de rotation de la Terre sur elle-même (autour de son axe reliant les pôles Nord et Sud). La Terre est animée d'un mouvement de rotation d'ouest en est (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, vue de l'hémisphère nord). Pour un observateur terrestre, la durée moyenne du jour est environ égale à vingt-quatre heures.

Remarque :

- la durée du jour varie en réalité légèrement autour de cette valeur moyenne, du fait de l'ellipticité de l'orbite terrestre ;
- la définition de l'heure a été basée sur cette durée moyenne du jour jusqu'au milieu du vingtième siècle. Après un bref passage par une définition basée sur l'année, les progrès de la science ont permis d'élaborer une nouvelle définition du temps permettant une précision de quatorze chiffres (ce qui en fait la grandeur la plus précise de toutes) : « La seconde est la durée de 9 192 631 770,000 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les niveaux hyperfins F=3 et

Retrouvez Éduscol sur



$F=4$ de l'état fondamental ${}^6S_{1/2}$ de l'atome de césium 133 au repos à 0 K ».

Attention la durée de rotation propre (i. e. par rapport aux étoiles) de la Terre est inférieure à ce temps.

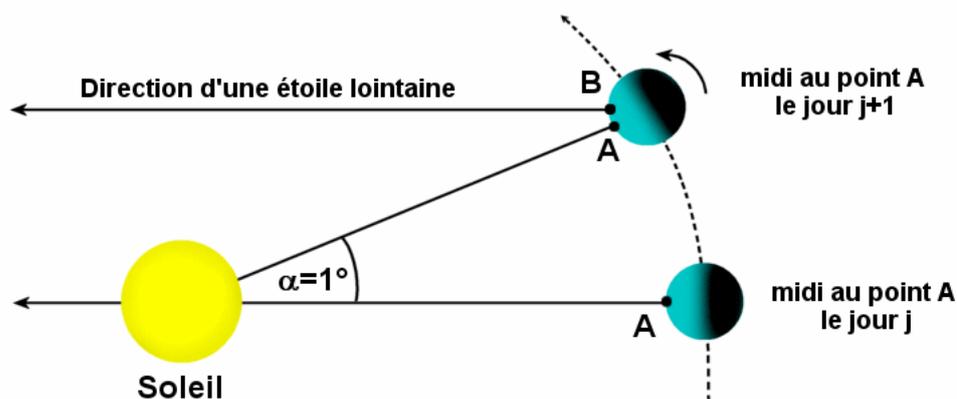
Durée de rotation de la Terre sur elle-même

La Terre est animée d'un mouvement de rotation d'ouest en est (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, vue de son côté nord), ainsi les astres, dont le Soleil et la Lune, semblent animés d'un mouvement opposé, allant d'est en ouest.

La durée de cette rotation par rapport aux étoiles (rotation sidérale) est d'environ 23 h 56 min 4 s. C'est ce que l'on appelle le jour sidéral.

Cependant, au cours de l'année, la Terre avance sur son orbite. Ainsi, pour un observateur terrestre, afin que le Soleil passe à nouveau au sud d'un jour à l'autre, il faudra rajouter environ 4 minutes au jour sidéral (document 1). Ce n'est donc bien qu'au bout de 24 heures que le Soleil se retrouve à la même position que la veille. C'est ce qui est appelé le jour solaire.

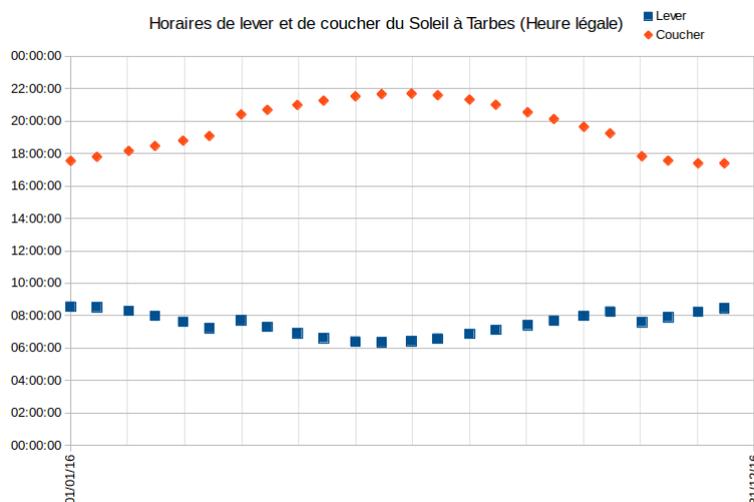
Document 1 - Différences entre jour sidéral et jour solaire, du fait de l'avancée de la Terre sur son orbite (échelles non respectées).



Heures de lever et de coucher de Soleil en temps légal

Lorsque l'on s'intéresse à la durée de la journée et aux heures de lever et de coucher du Soleil, il est fortement conseillé d'utiliser les heures en Temps Universel, ne tenant pas compte du décalage de l'heure légale (en France : + 1 h en hiver ; + 2 h en été).

En effet, si l'on utilise les heures légales (celles relevées sur un calendrier des Postes ou sur le bulletin météorologique télévisé), on obtiendra un graphique montrant que la durée de la journée varie bien au cours de l'année (document 2), mais montrant également deux décalages soudains des heures de lever et de coucher du Soleil. Ces décalages reflètent simplement le changement de l'heure d'hiver à l'heure d'été et vice-versa. Ils ne correspondent donc à aucun phénomène physique au niveau du Système solaire et peuvent perturber l'interprétation du graphique. Il est donc conseillé d'utiliser une table d'horaires en Temps Universel.

Document 2 : Horaires de lever et de coucher du Soleil à Tarbes, en heure légale (c'est à dire l'heure de la montre).**Temps solaire vrai, Temps solaire moyen, Temps universel et Temps légal**

Lors d'un relevé des positions du Soleil au cours d'une journée, on prend comme approximation que l'heure légale («de la montre») est en avance de 1 h en hiver et de 2 h en été sur l'heure solaire locale. **Cette approximation est suffisante pour des relevés et un travail scolaire.** Cependant voici des formulations plus exactes qui permettront de comprendre la progressivité depuis l'heure solaire locale (relevée sur un cadran solaire par exemple) jusqu'à l'heure légale.

Heure solaire locale : appelée aussi **temps solaire vrai**, elle est fondée sur la définition du midi solaire, instant où le Soleil atteint le point le plus haut de sa course journalière (au méridien) en un endroit donné de la Terre.

Un jour solaire apparent est donc le temps que met le Soleil pour revenir à la même position dans le ciel que la veille.

Or, du fait que l'orbite terrestre n'est pas un cercle parfait (mais une ellipse) et que l'axe de rotation de la Terre est incliné par rapport au plan de son orbite, les jours solaires apparents n'ont en réalité pas la même durée (ils ne font pas exactement vingt-quatre heures mais sont parfois plus longs, parfois plus courts ... différence dont on ne traitera pas à l'école).

Temps solaire moyen : Pour des raisons pratiques, on a adopté ce temps moyen où les jours font tous vingt-quatre heures. La différence entre le temps solaire moyen et le temps solaire apparent est appelée l'équation du temps. Sur Terre, elle varie entre 17 minutes en moins et 14 minutes en plus et il est nécessaire de l'ajouter ou la retrancher à l'heure solaire locale pour connaître le temps solaire moyen.

Temps universel : Le temps universel est une échelle de temps fondée sur la rotation de la Terre. Sa mesure peut être effectuée en observant le passage d'objets célestes au méridien du lieu d'observation. Il est le même partout dans le monde et se définit à partir du Temps solaire moyen en tenant compte de la longitude de l'observateur. En effet, le Soleil ne culmine pas dans le ciel au même moment partout en France. Il culminera plus tôt pour un observateur situé à l'est d'un autre. La correction à apporter est d'environ quatre minutes par degré de longitude.

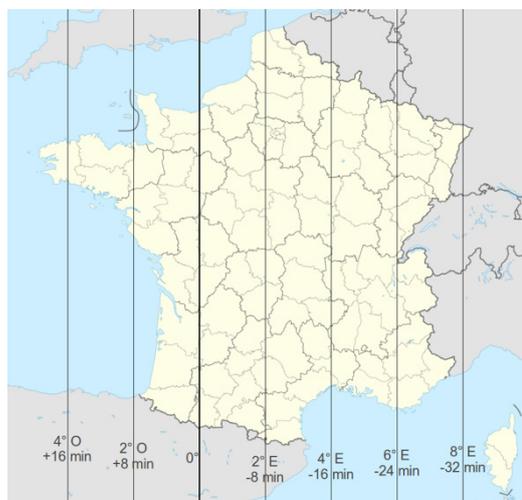
Temps légal : Il s'agit du Temps universel tenant compte du décalage dû aux heures d'hiver (+ 1 h) ou d'été (+ 2 h). C'est l'heure indiquée par nos montres et horloges.

Tout ceci expliquera pourquoi, sur un relevé, au midi de la montre (Temps légal), le Soleil ne sera pas forcément au plus haut de sa course journalière.

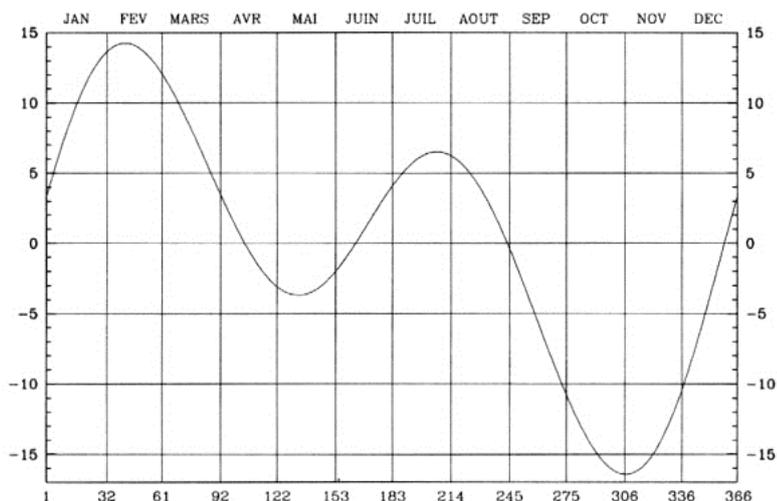
Dans une première approximation (celle qui a été adoptée dans ce module), il s'approchera plutôt de sa culmination vers 13 h à la montre (heure légale en hiver) ou 14 h de la montre (heure légale en été).

Si l'on réalise un relevé très rigoureux de la culmination du Soleil (passage au méridien), on constatera des différences avec cette première approximation qui s'expliqueraient par la variation de l'équation du temps et par la longitude de l'observateur (décalage variable au cours du temps et pouvant aller jusqu'à +/- 45 min selon l'époque de l'année et la position de l'observateur en France métropolitaine).

Document 3 - Correction de l'effet de la longitude pour le calcul du temps légal



Document 4 - Équation du temps en minutes (source : Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides).

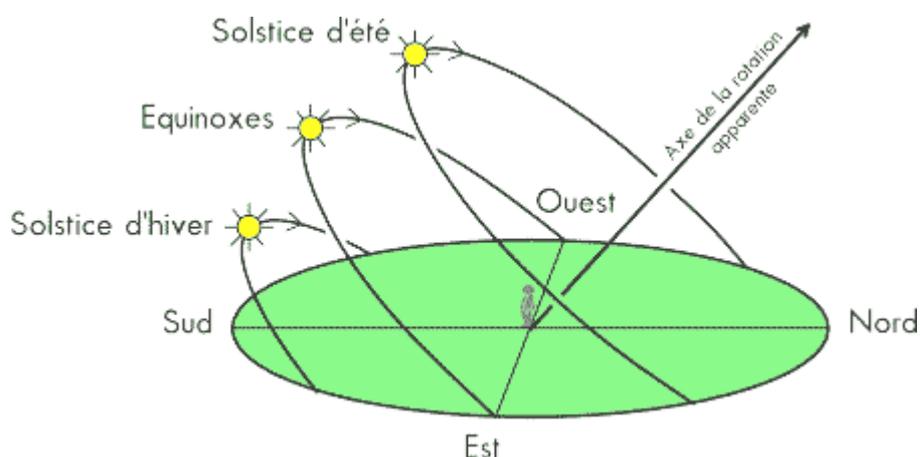


Variations de la durée du jour au cours de l'année et phénomène des saisons

«La trajectoire apparente du Soleil dans le ciel se modifie au cours des saisons. Aux latitudes de l'Europe, elle est la plus courte au solstice d'hiver (le Soleil se lève alors pratiquement au sud-est et se couche pratiquement au sud-ouest) et la plus longue au solstice d'été (le Soleil se lève pratiquement au nord-est et se couche pratiquement au nord-ouest). Ce n'est qu'aux équinoxes de printemps et d'automne que le Soleil se lève exactement à l'est et se couche exactement à l'ouest (sur un horizon parfaitement horizontal). »

Source : extrait de la fiche connaissance n°19 Mouvement apparent du Soleil - Documents d'application des programmes cycles 2 et 3, Scéren CNDP, 2002)

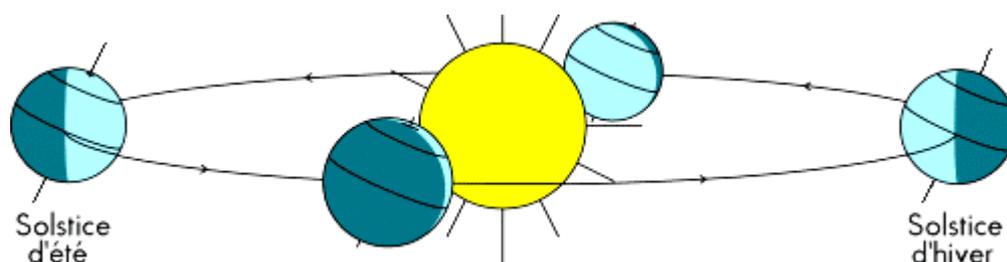
Document 5 - Trajectoire apparente du Soleil pour un observateur situé à la latitude de la France métropolitaine. Source Comité de Liaison Enseignants Astronomes.



Le schéma du document 5 montre la variation de trajectoire apparente du Soleil au cours de l'année, pour un observateur situé à la latitude de la France métropolitaine. Il met bien en évidence que les directions de lever et de coucher du Soleil varient constamment au cours de l'année, influant directement sur la durée de la journée.

Cette variation de la durée de la journée s'explique par l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre sur elle-même (documents 6 et 7).

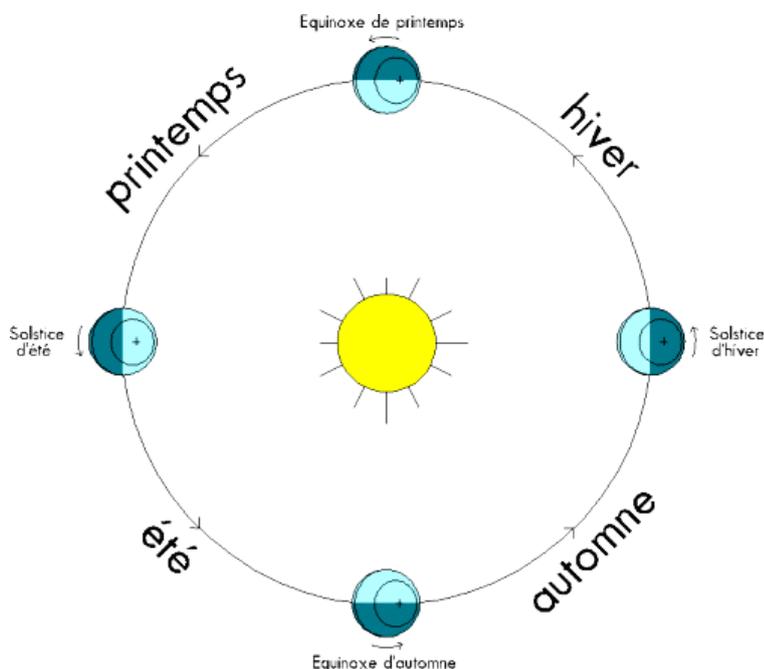
Document 6 - Révolution de la Terre autour du Soleil, vue depuis le nord de l'orbite terrestre (échelles non respectées). Source : Comité de Liaison Enseignants Astronomes.



Retrouvez Éduscol sur



Document 7 : Révolution de la Terre autour du Soleil, vue en perspective (échelles non respectées). Source : Comité de Liaison Enseignants Astronomes.



Au cours de sa révolution autour du Soleil (en 365,2422 jours), l'axe de la Terre pointe toujours dans la même direction.

Remarque : cette direction, actuellement approximativement vers l'étoile polaire, est inclinée d'un angle de $23^{\circ} 26'$ par rapport à la perpendiculaire au plan de l'écliptique (plan de l'orbite terrestre). Par définition, c'est le même angle qu'entre l'équateur et chacun des tropiques. À cause de la précession des équinoxes, cet angle perd environ une demi-seconde d'arc chaque année.

Ainsi, au cours de l'année, un point donné sur Terre sera éclairé plus ou moins longtemps par le Soleil.

Lorsque le Soleil reste longtemps levé et culmine haut dans le ciel, il chauffe davantage le sol (saison chaude). En revanche, lorsqu'il reste bas au-dessus de l'horizon et que la durée de la journée est courte, son apport thermique est plus limité (saison froide).

Les variations climatiques saisonnières sont ainsi expliquées essentiellement par l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de l'orbite terrestre (associée à la rotation de la Terre autour du Soleil et à la rotation de la Terre autour de son axe).

Remarque : l'orbite terrestre est une ellipse pratiquement circulaire (excentricité d'environ 2 %). La très légère variation de la distance au Soleil qui en résulte n'est pour quasi rien dans les variations climatiques saisonnières. D'ailleurs la Terre est au plus près du Soleil (périhélie) début janvier, ce qui peut expliquer que les hivers sont très légèrement moins froids dans l'hémisphère nord que dans l'hémisphère sud.

Consulter la vidéo:
« Kezako ?
D'où viennent
les saisons ? »



Retrouvez Éduscol sur



Durée du jour et son changement au cours des saisons

Tout en étant attentif aux dangers pour la rétine de l'observation directe du Soleil, il est toutefois possible de se rendre compte des évolutions du mouvement apparent du Soleil. Ce mouvement peut être représenté sur une feuille plane comportant le profil de l'horizon du lieu d'observation. L'étude est utilement complétée par celle de l'évolution, au fil de l'année, des ombres portées sur le sol par un bâton vertical (gnomon).

L'enseignant doit être attentif à quelques idées reçues : Dans les régions tempérées, le Soleil ne passe jamais à la verticale ; dire qu'il se lève « à l'est » et qu'il se couche « à l'ouest » est très approximatif (cela serait vrai aux équinoxes, soit seulement deux jours par an, et sur un horizon fictif parfaitement horizontal).

On se contentera d'une définition approchée : la durée de la journée est maximale (minimale) au solstice d'été (d'hiver) ; la durée de la journée est quasiment égale à celle de la nuit aux deux équinoxes.

Remarque : quasiment seulement à cause de l'effet de réfraction de l'atmosphère qui permet à un observateur terrestre de voir le Soleil quelques minutes avant ou après son passage géométrique sous la ligne d'horizon.

On sera attentif à éviter la confusion de vocabulaire entre les mots « jour » et « journée » :

- Le jour se définit comme la durée que met le Soleil pour revenir (approximativement) à la même position dans le ciel. Il est de vingt-quatre heures.
- La journée se définit comme le temps durant lequel le Soleil est visible dans le ciel (par opposition à la nuit). Sa durée est variable (sauf à l'équateur).

Contributions de Copernic et Galilée à l'évolution des idées en astronomie

Évolution des idées en astronomie

Les premières conceptions astronomiques qui nous sont parvenues proviennent des philosophes grecs de l'Antiquité (Thalès, Socrate, Platon, Pythagore). Ces derniers ont donné au ciel un ordre géocentrique (la Terre placée au centre de l'Univers). Il est possible néanmoins de citer Aristarque de Samos (310 - 230 av. J.C.) qui déjà à cette époque a émis l'hypothèse d'un système héliocentrique.

Cependant, les œuvres dominantes d'Aristote (384 - 322 av. J.C.) et de Ptolémée (90 - 168 après J.C.) se sont imposées durant des siècles, appuyées par les dogmes religieux.

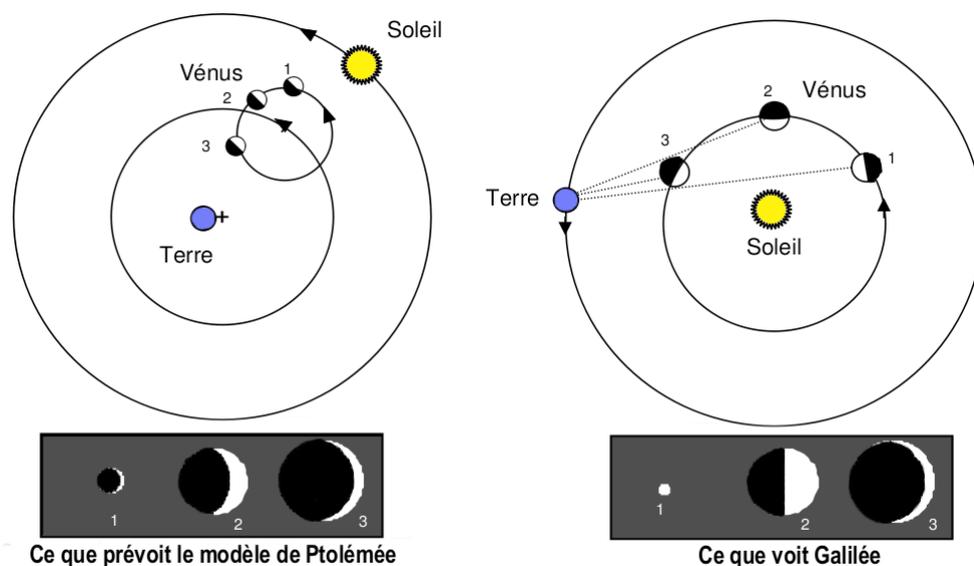
Il était admis durant la période médiévale, selon le modèle de Ptolémée, que les planètes décrivaient de petits mouvements circulaires (épicycles) au cours de leur déplacement sur des cercles concentriques (ces épicycles devaient expliquer l'observation du mouvement rétrograde des planètes).

L'évolution fondamentale des idées naquit en 1543 avec la publication de l'œuvre de Nicolas Copernic (1473-1543), *De revolutionibus orbium coelestium* (Des révolutions des sphères célestes). Se basant sur les observations de ses prédécesseurs, Copernic propose une vision simplificatrice en adoptant un système héliocentrique : les planètes (dont la Terre) se déplacent selon des cercles autour du Soleil. Ce modèle explique et simplifie un certain nombre de phénomènes astronomiques, cependant à l'époque il n'est pas validé par l'observation.

C'est Galilée (1564-1642) qui apportera des arguments probants en faveur du système héliocentrique :

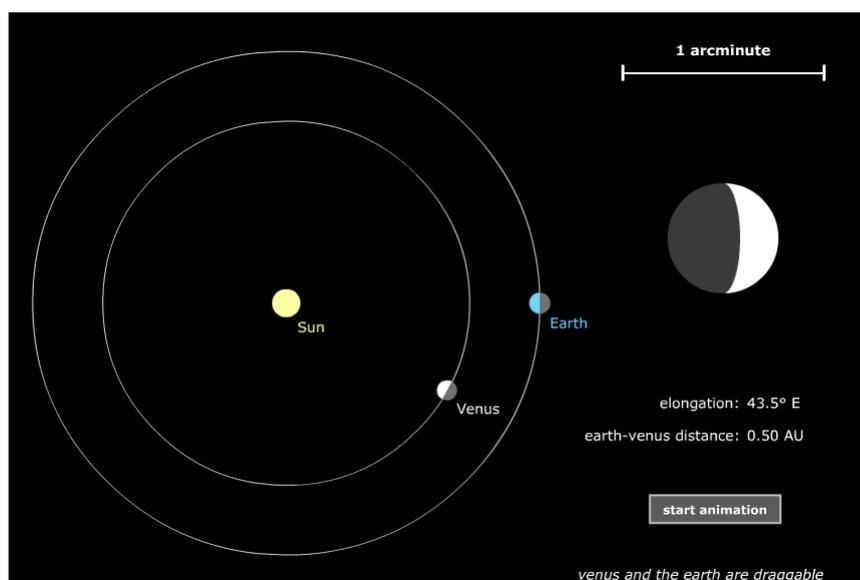
- ses observations des reliefs de la Lune et des taches solaires enlèvent au monde céleste son caractère de perfection ;
- ses observations de Jupiter démontrent que des satellites peuvent orbiter autour d'une autre planète et qu'ainsi la Terre n'est pas au centre de tous les mouvements ;
- ses observations des phases de Vénus mettent en défaut le système géocentrique : ce qu'observe Galilée ne peut clairement pas être le fait d'un système géocentrique (document 8 et ressource complémentaire document 9).

Document 8 - Phases de Vénus dans un système géocentrique (à gauche) et héliocentrique (à droite).



Document 9 : Animation « venus and the earth are draggable »

L'animation
« venus and the earth
are draggable »
disponible [ici](#)



Retrouvez Éduscol sur

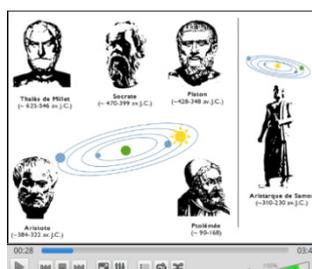


Consulter la vidéo:
[contributions de Copernic et Galilée à l'évolution des idées en astronomie](#)



Les découvertes de Galilée allaient à l'encontre de la cosmologie ancienne et de la théologie, valant pour ce dernier d'être convoqué devant le tribunal de l'Inquisition en 1633. Il est condamné à abjurer ses travaux, son ouvrage est interdit et il est assigné à résidence.

C'est avec Kepler (1571 – 1630) et ses lois que le système héliocentrique s'est imposé. Newton (1643 – 1727) avec sa loi universelle de la gravitation démontre les lois de Kepler¹ et sa théorie permet par la suite une description extrêmement fine des mouvements de tous les objets du Système solaire.



Phases de Vénus

Pour une meilleure compréhension de la problématique des phases de Vénus, il est possible de se reporter à deux animations très pédagogiques proposées par le service éducation de l'Université de Nebraska-Lincoln :

- Phases de [Vénus dans le système héliocentrique](#) correspondant à la réalité :
- Phases de [Vénus dans un système géocentrique](#) (vision erronée) :

Résumé des connaissances

Points de vigilance pour l'enseignant

Il est inutile et dommageable à ce niveau de scolarité d'expliquer le caractère elliptique des trajectoires des planètes. Inutile car la différence est très faible pour la plupart des planètes. Dommageable car cela conforterait les élèves dans leur conception selon laquelle la distance Terre-Soleil expliquerait les saisons.

En revanche, il est nécessaire de réfléchir à la représentation d'un cercle en perspective de manière à ce que les élèves comprennent les schémas des livres documentaires ou des manuels scolaires qui représentent les trajectoires sous la forme d'une ellipse (il s'agit bien sûr d'un cercle en perspective).

Chaque fois que ceci est possible, il faut saisir l'occasion de faire observer le ciel étoilé aux élèves.

Le recours à des maquettes et à des documents divers est indispensable, mais vient seulement en complément de l'observation directe des astres, facilitée par exemple lors d'une sortie scolaire avec nuitée :

- observation à l'œil nu du ciel nocturne et du mouvement diurne des étoiles ;
- observations éventuelles à l'aide d'un petit instrument :
 - des cratères lunaires (jumelles, lunette) ;
 - des satellites de Jupiter (jumelles, lunette, télescope) ;
 - des phases de Vénus (lunette, télescope) ;
 - des anneaux de Saturne (lunette, télescope).

Retrouvez Éduscol sur



1. Lois selon lesquelles les orbites des planètes sont des ellipses, le mouvement d'une planète balayant des aires égales pendant des temps égaux et la période de révolution d'une planète ne dépendant que du grand axe de son ellipse.

Cliquer sur l'image pour l'obtenir en taille réelle.

Carte mentale

Cette carte mentale résume les connaissances essentielles exposées dans ce document.

