

## Activité documentaire

En 1610, grâce à sa lunette, Galilée découvrit quatre des satellites de Jupiter : Io, Europe, Ganymède et Callisto. Il réalisa que l'observation des mouvements périodiques de ces satellites autour de Jupiter pouvait servir d'horloge pour la navigation.

L'étude des éclipses des satellites de Jupiter fut entreprise par Jean-Dominique Cassini en 1664. Il publia en 1668 un calendrier de leurs apparitions dans le ciel en utilisant la périodicité de leurs mouvements.

Engagé à l'Observatoire de Paris en 1672, Olaüs Römer, jeune astronome danois, reprit les travaux de Cassini afin d'étudier les irrégularités observées entre son calendrier et les heures réelles d'observation du satellite Io. Après huit années de travaux, il publia ses résultats. Suivant les

positions respectives de la Terre et de Jupiter par rapport au Soleil (Fig.), les apparitions de Io se produisaient quelques minutes avant (Terre 1) ou après (Terre 2) l'horaire prévu. Il en déduisit que lorsque

la Terre était plus éloignée de Jupiter, la lumière devait mettre plus de temps pour parvenir à l'observateur. Elle possédait donc une vitesse finie et ne se propageait pas instantanément, comme on le pensait à l'époque. Il fut calculé à l'époque que la lumière mettait 22 minutes pour parcourir une distance égale au diamètre de l'orbite de la Terre, évaluée alors à 290 millions de kilomètres.

Aujourd'hui, les calculs donneraient 16 minutes et 38 secondes pour une distance évaluée à 299,2 millions de kilomètres.

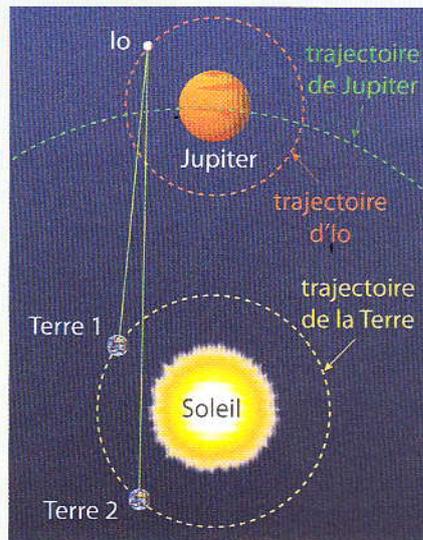


Fig. Distances parcourues par la lumière de Io à la Terre

## Extraits des informations

1. Le mouvement de Io autour de Jupiter est-il régulier ?

Le mouvement de Io autour de Jupiter est qualifié de « périodique ». Il est donc régulier dans le temps.

2. Römer et Cassini ont-ils observé ce mouvement périodique au cours de l'année ?

Ils ne l'ont pas observé : ils ont remarqué que Io apparaissait quelques minutes avant ou après l'horaire prévu.

3. En combien de temps la lumière parcourt-elle le diamètre de l'orbite terrestre ?

La lumière parcourt le diamètre de l'orbite terrestre en 16 minutes et 38 secondes.

## Interprète

4. Pourquoi existe-t-il un décalage dans le temps entre les prévisions de Cassini et les observations de Römer ?

La distance Terre-Jupiter varie, donc la durée de propagation de la lumière n'est pas la même.

5. Calcule la vitesse de la lumière avec les données actuelles, en km/s.

La lumière parcourt 296 millions de kilomètres en 16 minutes et 38 secondes.

$$16 \text{ min } 38 \text{ s} = 16 \times 60 + 38 = 998 \text{ s.}$$

$$v = d/\Delta t = 296 \times 10^6 / 998 = 3,00 \times 10^5 \text{ km/s.}$$

La lumière se propage à une vitesse d'environ 300 000 km/s.

## Rédige ta conclusion

Olaüs Römer a observé qu'un des satellites de Jupiter, Io, apparaissait dans le ciel avec un temps de décalage en fonction du jour de la mesure. Cette différence est due au fait que la distance Terre-Jupiter varie au cours de l'année. La lumière met donc plus ou moins de temps pour nous parvenir, donc elle a une vitesse finie. Aujourd'hui, on trouve que cette vitesse vaut environ  $3,00 \times 10^5$  km/s.

## L'essentiel à compléter

L'essentiel corrigé à télécharger sur [www.bordas-regaud-vento.fr](http://www.bordas-regaud-vento.fr)

- > La **vitesse** ou **célérité** de la lumière dans le vide ou dans l'air est environ égale à  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s = 300 000 km/s.
- > La lumière est constituée d'un ensemble de **rayonnements** dont seule une petite partie est perçue par l'œil humain. Celui-ci n'est capable de voir qu'un petit domaine appelé le **visible**. L'ensemble de ces rayonnements peut être classé sur une échelle des **énergies**.



## As-tu compris l'essentiel ?

### 1 Fais le bon choix

Coche la (ou les) réponse(s) correcte(s).

a. La vitesse de la lumière dans le vide est égale à :

- $3 \times 10^5$  km/s
- 3 000 000 km/s
- 300 000 000 m/s

b. Quand la distance entre la Terre et Jupiter diminue, la durée de parcours de la lumière :

- augmente
- diminue
- ne dépend pas de la distance entre les deux planètes

c. La formule utilisée pour calculer la vitesse de la lumière est :

- $c = d/\Delta t$
- $c = \Delta t/d$
- $c = d \cdot \Delta t$

### 2 Entoure la réponse correcte

Entoure la proposition correspondant au classement énergétique correct des différents rayonnements.

- a. IR > visible > UV > rayons X
- b. rayons X < UV > visible < IR
- c. IR < visible < UV < rayons X
- d. IR < UV < visible < rayons X

### 3 Trouve les erreurs

Trouve les erreurs dans le texte et corrige-les.

- Distance entre la Terre et la Lune :  $d = 384\,000$  km.
- Vitesse de la lumière :  $v = 3 \times 10^6$  km/s.
- Calcul de la durée du trajet de la lumière entre la Terre et la Lune :

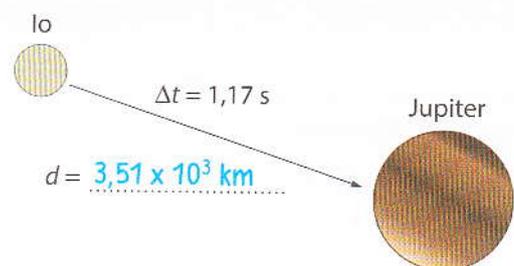
$$\Delta t = d \cdot c = 384\,000 \times 3 \times 10^6 = 1 \times 10^{12} \text{ h.}$$

$$\bullet c = 3 \times 10^5 \text{ km/s.}$$

$$\bullet \Delta t = d/c = 384\,000 / (3 \times 10^5) = 1 \text{ s.}$$

### 4 Complète le schéma

En utilisant la durée  $\Delta t$  de la propagation de la lumière, trouve la distance entre Jupiter et sa Lune Io et complète le dessin.



$$d = c \cdot \Delta t = 3,00 \times 10^8 \times 1,17.$$

$$d = 3,51 \times 10^3 \text{ km.}$$

## 5 La lumière dans différents milieux

D2 Utiliser des outils de traitement de données OI OF OS OTB

Les valeurs de la vitesse de la lumière dans différents milieux sont données dans le tableau ci-dessous :

Eau liquide	Verre	Glace	Diamant	Alcool
$2,25 \times 10^8$ m/s	$2,00 \times 10^8$ m/s	$2,29 \times 10^5$ km/s	$1,24 \times 10^8$ m/s	220 000 km/s

a. Convertis les vitesses dans la glace et dans l'alcool en m/s.

$$v_{\text{glace}} = 2,29 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{alcool}} = 2,20 \times 10^8 \text{ m/s}$$

b. Classe les vitesses de la lumière dans les différents milieux par ordre croissant.

$$v_{\text{diamant}} < v_{\text{verre}} < v_{\text{alcool}} < v_{\text{eau}} < v_{\text{glace}}$$

c. Compare ces vitesses à la valeur de la vitesse de la lumière dans l'air ou dans le vide.

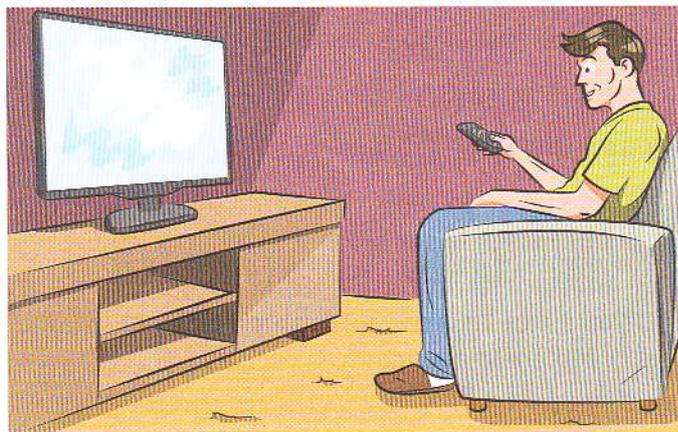
$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

La vitesse de la lumière dans l'air est plus élevée que dans tous ces milieux.

## 6 Flash fait du zapping

D2 Utiliser des outils de modèles numériques OI OF OS OTB

Assis dans son canapé, Alex est à environ 3,5 mètres de son téléviseur. Il utilise une télécommande munie d'une DEL infrarouge pour changer de chaîne.



Le rayonnement infrarouge se déplace, dans l'air, à la vitesse de la lumière.

a. Pourquoi Alex ne voit-il pas la DEL s'éclairer quand il appuie sur une touche de la télécommande ?

Alex ne voit pas la DEL s'éclairer car elle émet un rayonnement IR, n'appartenant pas au domaine du visible.

b. Combien de temps met le signal infrarouge émis par la télécommande pour parvenir jusqu'au téléviseur ?

$$\Delta t = d/c = 3,5 / (3,0 \times 10^8) = 1,0 \times 10^{-8} \text{ s}$$

c. S'il pouvait être aussi rapide, combien de fois Alex pourrait-il changer de chaîne en une seconde ?

$$1 / (1,0 \times 10^{-8}) = 1,0 \times 10^8$$

Alex pourrait changer de chaîne 100 millions de fois en une seconde !

## 7 Bon ou mauvais UV ?

D1 Comprendre des documents scientifiques OI OF OS OTB

Le Soleil émet un rayonnement composé, entre autres, de trois types d'ultraviolets :

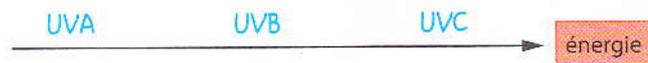
- Les UVA, les moins énergétiques.

Ils sont responsables du bronzage et accélèrent le vieillissement de la peau et l'apparition des rides.

- Les UVB, responsables des « coups de soleil », brûlures au 1<sup>er</sup> degré. Ils jouent un rôle important dans l'apparition de cancers cutanés et présentent un danger pour les yeux. Les UVB sont essentiels pour la synthèse de la vitamine D. Cette vitamine facilite l'absorption du calcium et du phosphore dans l'organisme. Une carence en UVB peut provoquer des pathologies comme le rachitisme.

- Les UVC, les plus énergétiques et les plus nocifs. Ils sont complètement filtrés par la couche d'ozone et n'atteignent pas la surface de la Terre.

a. Classe les différents rayonnements UV sur une échelle d'énergie croissante.



b. La plupart des crèmes solaires filtrent les UVA et le UVB. Pourquoi ne mentionnent-elles pas les UVC ?

Les UVC sont filtrés par la couche d'ozone.

Les crèmes solaires n'ont donc pas besoin de protéger la peau de ce type d'UV.

c. Il est souvent affirmé que le soleil joue un rôle positif sur la santé et qu'il est bénéfique de s'exposer quelques minutes chaque jour. Justifie cette affirmation.

Le rayonnement solaire est composé d'UVB, essentiels pour la synthèse de la vitamine D. Sans exposition au soleil, l'organisme pourrait manquer de cette vitamine et risquerait de développer des maladies.

**8 Sight of the past**



D4 Comprendre des documents scientifiques O I OF OS OTB

The Nebula of Eagle is a celestial object located at  $6.62 \times 10^{16}$  km from Earth. Stars are being continuously born in this nebula. However, the formation of these stars has occurred before the time of their observation.



Estime à combien d'années remonte la formation de ces étoiles.

Lorsqu'une étoile se forme, la lumière émise doit

parcourir  $6.62 \times 10^{16}$  km pour parvenir sur Terre.

La durée de parcours de la lumière est donc :

$$\Delta t = d/c = 6.62 \times 10^{16} / (3.00 \times 10^8)$$

$$\Delta t = 2.21 \times 10^{11} \text{ s}$$

$$\Delta t = \frac{2.21 \times 10^{11}}{365 \times 24 \times 3\,600} = 7.00 \times 10^3 \text{ années}$$

Ainsi une formation d'étoile observée au télescope

a eu lieu 7 000 ans auparavant.

→ Solution p. 128

**9 Éclaire ma lanterne**

D5 Expliquer l'évolution des sciences par leur histoire O I OF OS OTB

Au XVII<sup>e</sup> siècle, Galilée fut le premier à imaginer une expérience permettant de mesurer la vitesse de la lumière. De nuit, deux personnes munies de lanternes sont situées aux sommets de deux collines séparées de 1 800 m.



La première pointe sa lanterne en direction de la colline opposée et déclenche une clepsydre, ancêtre du chronomètre. Une clepsydre mesure la durée d'un écoulement d'eau dans un récipient gradué. Quand l'autre personne voit la lumière, elle lève sa lanterne. La première arrête la clepsydre quand elle voit le 2<sup>e</sup> signal lumineux. La durée mesurée avec la clepsydre correspond au temps mis par la lumière pour faire l'aller-retour entre les deux observateurs.

Cette méthode n'a pas permis de mesurer c. Pour quelle(s) raison(s) ?

La distance séparant les deux observateurs est

de 1 800 m. L'aller-retour correspond donc à une

distance de 3 600 m. Durée du trajet de la lumière :

$$\Delta t = d/c = 3\,600 / (3.00 \times 10^8) = 1.00 \times 10^{-5} \text{ s}$$

La durée du trajet de la lumière est bien trop

courte pour être mesurée avec une clepsydre.

**10 Pleins feux sur la Terre**

D4 Mettre en œuvre des démarches propres aux sciences O I OF OS OTB

Sur Terre, un astronome chargé de l'observation des planètes reçoit différentes images envoyées par des sondes spatiales.

Avec les documents suivants, complète le tableau et trouve dans quel ordre seraient reçues sur Terre les lumières des planètes si elles étaient diffusées au même instant et dans la configuration représentée.

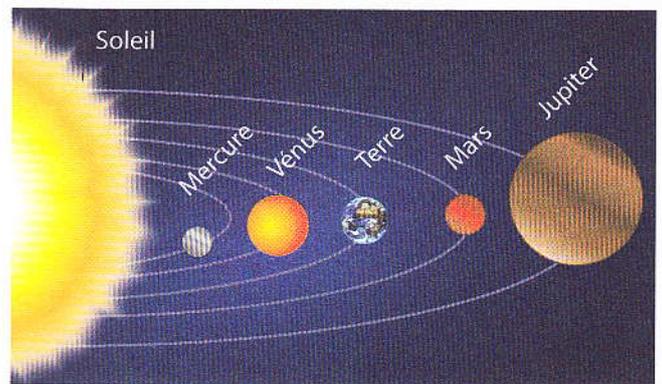


Schéma partiel du système solaire

Planète	Distance Soleil-planète (km)	Distance Terre-planète (km)
Mercure	$58 \times 10^6$	$92 \times 10^6$
Vénus	$108 \times 10^6$	$42 \times 10^6$
Terre	$150 \times 10^6$	
Mars	$228 \times 10^6$	$78 \times 10^6$
Jupiter	$779 \times 10^6$	$629 \times 10^6$

Plus la distance entre deux astres est petite,

plus la durée du trajet de la lumière est petite.

Il suffit donc de déterminer les distances entre

la Terre et les autres astres.

$$d_{\text{Terre-Mercure}} = d_{\text{Terre-Soleil}} - d_{\text{Soleil-Mercure}}$$

$$d_{\text{Terre-Mercure}} = 150 \times 10^6 - 58 \times 10^6$$

$$d_{\text{Terre-Mercure}} = 92 \times 10^6 \text{ km}$$

On calcule de même  $d_{\text{Terre-Vénus}}$ ,  $d_{\text{Terre-Mars}}$  et  $d_{\text{Terre-Jupiter}}$ .

Ainsi, le classement est : Vénus, Mars, Mercure,

Soleil et Jupiter.