



LA VITESSE DE LA LUMIÈRE DANS L'ESPACE

Contrairement à une idée qu'on pourrait à priori avoir, la vitesse ne se propage pas instantanément et peut mettre un certain temps pour parcourir des distances dans l'espace.

La lumière se propage dans le vide à la vitesse de 300 000 km/s. Cette vitesse s'appelle aussi la célérité de la lumière et se note c . Elle constitue une vitesse limite infranchissable dans le vide.

Un phénomène analogue : le son

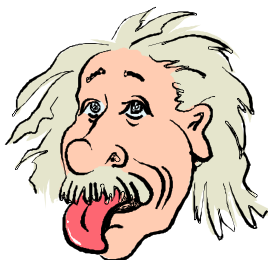
- Il est toujours difficile de s'imaginer la propagation de la lumière avec une certaine vitesse. Les très faibles distances de la vie courante n'engendrent pas la possibilité de mettre en évidence une quelconque vitesse de la lumière. En revanche cela est possible avec le son.
- Le son se propage dans l'air beaucoup plus lentement que la vitesse de la lumière (340 m/s). On peut donc, lorsqu'on est situé assez loin d'un orage, distinguer les éclairs et ne percevoir le son que quelques instants après.
- Il se passe la même chose pour la vitesse de la lumière. L'explosion d'une étoile ne sera visible que lorsque sa lumière nous sera parvenue. Et avec les distances colossales, on peut voir exploser une étoile qui n'existe déjà plus !

La vitesse de la lumière

- La lumière est une onde électromagnétique. Elle se propage à la même vitesse que ces dernières.
- La **célérité** de la lumière dans le vide (ou dans l'air) est d'environ 3×10^8 m/s ou encore 300 000 000 m/s.
- Une année lumière correspond à la distance parcourue par la lumière en une année.

Une barrière infranchissable

- La théorie de la **relativité** établie par Einstein donne la vitesse de la lumière comme une vitesse limite infranchissable dans le vide.





Exercice n°1 (niveau débutant)

Énoncé :

- 1) Pourquoi, lors d'un orage, voit-on l'éclair avant de percevoir le son du coup de tonnerre ?
- 2) Je veux mesurer chez moi la vitesse de la lumière dans l'air. Pour cela je chronomètre le temps que je mets pour percevoir la lumière d'une lampe une fois que j'ai fermé l'interrupteur. Que pensez-vous de cette méthode ?
- 3) Donner la vitesse de la lumière dans le vide en m/s.
- 4) Convertir cette vitesse en km/h.
- 5) Comparer cette vitesse avec celle d'une fusée (10 km/s environ).
- 6) A quoi correspond une année lumière ?



Exercice n°1 (niveau débutant)

Correction :

- 1) On voit l'éclair avant de percevoir le son du coup de tonnerre parce que le son se propage bien moins vite que la lumière.
- 2) Il est tout à fait impossible de mesurer la vitesse de la lumière ainsi. Les distances sont bien trop petites. Au début du XVII^e siècle, Galilée tenta de déterminer expérimentalement la vitesse de la lumière, en mesurant son temps de parcours entre deux collines distantes de quelques kilomètres. Il n'y arrivera pas tellement la durée est courte.
- 3) La vitesse de la lumière dans le vide est de 300 000 000 m/s soit 3×10^8 m/s.

- 4) La vitesse de la lumière dans le vide est de 1 080 000 000 km/h soit $1,08 \times 10^9$ km/h.

$$\left(300\,000\,000 \times \frac{3600}{1000} \right)$$

- 5) La vitesse de la lumière est environ 27000 fois plus grande que celle d'une fusée.

$$\frac{300000}{11} \approx 27000$$

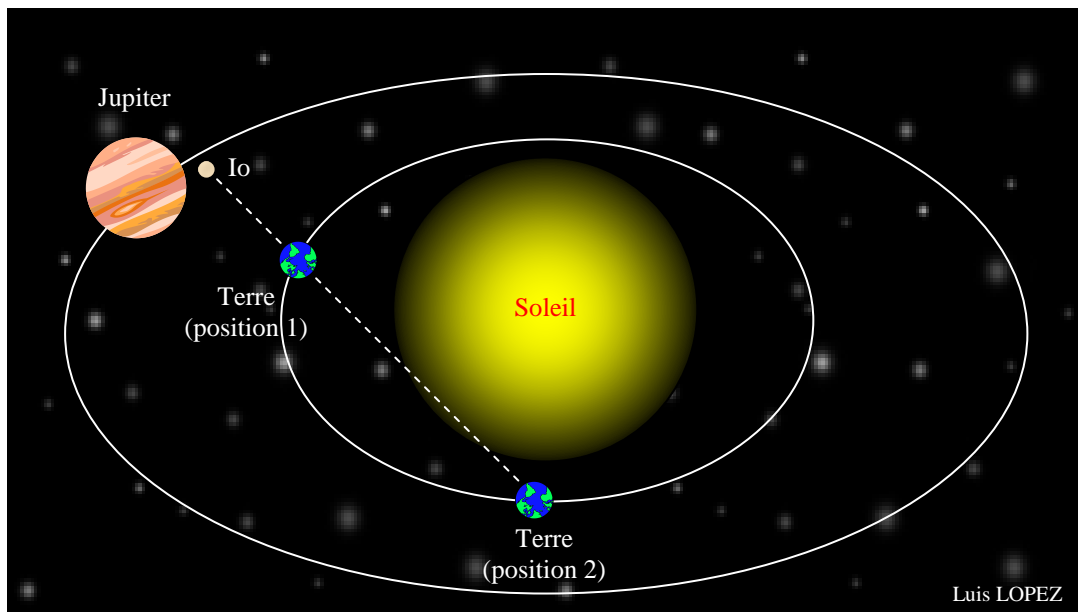
- 6) Une année lumière correspond à la distance parcourue en une année.



Exercice n°2 (niveau confirmé)

Énoncé :

- 1) En 1675, Ole Rømer, astronome danois, observe les satellites de Jupiter. Il constate que les levers observés de Io n'ont pas toujours lieu aux heures prévues par les tables établies par l'astronome Cassini.



A l'aide du schéma ci-dessus, tentez de donner une explication.

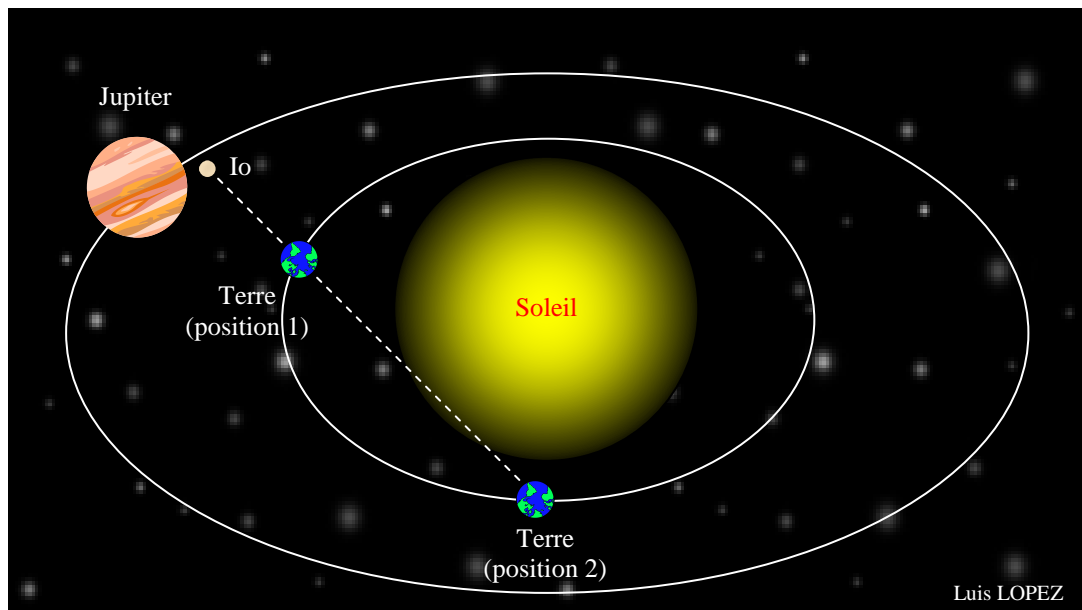
- 2) Par le calcul, il établit la vitesse de la lumière à 220 000 km/s. Que pensez-vous de cette valeur ?
- 3) Quelle distance fallait-il connaître pour calculer la vitesse de la lumière ?
- 4) En 1850, Foucault montre que la lumière se propage moins vite dans l'eau que dans l'air. Ainsi on sait que dans l'eau, la vitesse de la lumière correspond à 75 % de c (c étant la célérité de la lumière dans le vide). Calculer la vitesse de la lumière dans l'eau.



Exercice n°2 (niveau confirmé)

Correction :

1)



L'observateur sur terre dans la position 1 est plus proche de Io que dans la position 2. La lumière qui parvient de Io, selon la position de la Terre, met plus ou moins de temps pour nous parvenir, d'où l'écart possible avec les prévisions.

- 2) La valeur établie par Ole Römer nous paraît loin de la vérité aujourd'hui, mais c'est tout à fait remarquable, compte tenu des moyens à sa disposition à cette époque.
- 3) Römer comprit que l'écart avec les prévisions provenait de la variation de distance que la lumière parcourt entre Jupiter et la Terre. Il connaissait le rayon de l'orbite terrestre, il pouvait donc calculer cette différence de distance et de là, déterminer la vitesse de la lumière.
- 4) Dans l'eau, la vitesse de la lumière correspond à 75 % de c .
 $c = 300\,000\,000$ m/s ou encore 3×10^8 m/s.
Donc dans l'eau la vitesse de la lumière est de : $225\,000\,000$ m/s ou $2,25 \times 10^8$ m/s.

$$\left(\frac{75}{100} \times 3 \times 10^8 = 2,25 \times 10^8 \right)$$



Exercice n°3 (niveau expert)

Énoncé :

- 1) Aujourd'hui, on connaît très précisément la valeur de c . Elle est de 299 792 458 m/s
La connaissance de la vitesse de la lumière a permis de calculer précisément la valeur de la distance Terre-Lune. On émet un rayon laser depuis la Terre, la Lune le renvoie, et on mesure le temps que met le rayon pour revenir.

Sachant que cette durée est d'environ 2,5 s, donner une valeur approximative de la distance Terre-Lune.

- 2) Une année lumière correspond à la distance parcourue par la lumière en une année. Donner la valeur de cette distance.
- 3) Quel est l'intérêt d'avoir introduit cette distance en astronomie ?
- 4) La plus proche étoile est Proxima du Centaure située à un peu plus de 4 années lumière. Si on pouvait voyager au dixième de la vitesse de la lumière, on pourrait facilement visiter toutes les planètes du système Solaire. Mais combien de temps durerait alors, le voyage vers cette étoile ?



Exercice n°3 (niveau expert)

Correction :

- 1) La vitesse de la lumière est de 3×10^8 m/s. Elle parcourt un aller-retour Terre-Lune en 2,5s, soit la distance Terre-Lune en 1,25 s (la moitié du temps).
La distance est donc : $3 \times 10^8 \times 1,25 = 3,75 \times 10^8$ soit $3,75 \times 10^8$ m

- 2) L'année lumière est la distance parcourue par la lumière pendant une année.
Dans une année il y a 31 536 000 s ($365 \times 24 \times 3600$) ;
En une seconde la distance parcourue est de 3×10^5 km.
En 31 536 000 s elle est de 94608×10^8 km ($31\,536\,000 \times 3 \times 10^5$)
La distance parcourue par la lumière pendant une année est de 94608×10^8 km.

- 3) En astronomie, les distances sont énormes. Le kilomètre n'est pas adapté pour ce domaine.

- 4) Si on pouvait voyager au dixième de la vitesse de la lumière, on mettrait dix fois plus de temps que la lumière pour parcourir une même distance. Le voyage vers cette étoile durerait alors, un peu plus de quarante ans



GLOSSAIRE

Célérité : Terme employé pour parler de la vitesse de propagation d'une onde.

Relativité : La relativité restreinte et la relativité générales sont deux concepts développés par Albert Einstein, physicien américain d'origine allemande, au début du XX^e siècle.