

Univers 1
Activité 2

LA LUMIERE POUR MESURER DES DISTANCES



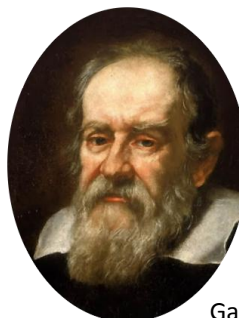
Objectif : savoir utiliser la lumière pour mesurer des distances

La vitesse de la lumière est tellement grande que durant des siècles les savants ont pensé qu'elle était infinie. Comment les savants ont-ils montré que la vitesse de la lumière est finie ?

I – MESURES DE LA VITESSE DE LA LUMIERE

1) Les premiers pas : Galilée (1564 – 1642)

Au XVII^{ème} siècle, le savant Galilée tente de déterminer la vitesse de la lumière c en mesurant le temps de propagation Δt de la lumière entre deux collines séparées d'une distance $d = 1800$ m. De nuit, il se place au sommet de l'une des collines et allume une lanterne. Un de ses assistants, situé sur l'autre colline, allume sa lanterne dès qu'il aperçoit la lumière de la première. Galilée constate que les allumages des lanternes semblent simultanés. Il en conclut que la vitesse de la lumière doit être très grande.



Galilée



a. Comment se propage la lumière dans un milieu homogène comme l'air ?

b. Écrire une relation entre « vitesse », « distance » et « durée ». Indiquer les unités de chacune des grandeurs.

c. Quelle relation peut-on alors écrire entre les grandeurs c , d et Δt ?

2) Les preuves expérimentales

A la fin du XVII^e siècle, sous le règne de Louis XIV, les astronomes remarquent que les durées des éclipses des satellites de Jupiter n'ont pas toujours la même durée. L'astronome danois Römer (1644-1710) explique ces irrégularités par la variation de la distance entre la Terre et Jupiter. Plus Jupiter est loin de la Terre, plus la lumière émise par l'un des satellites met du temps pour parvenir jusqu'à la Terre. Römer calcule qu'il faut environ 11 minutes pour que la lumière parcoure la distance Terre-Soleil. La preuve est apportée : **la lumière se propage avec une vitesse finie ; elle n'est pas infinie.** Avec la même méthode, l'astronome français Delambre (1749-1822) trouve 8 min 13 s (voir Animation).

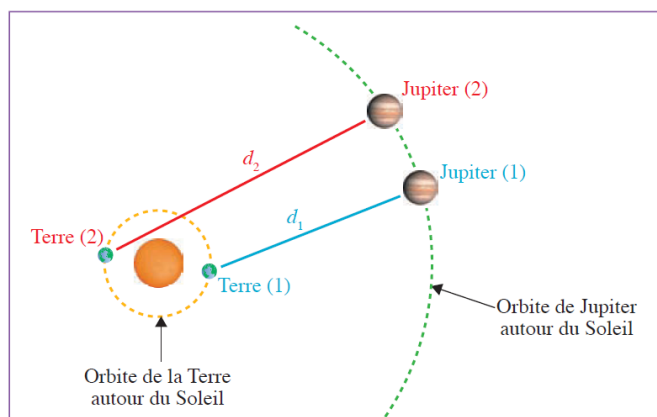
Au XX^e siècle, la valeur de la vitesse de la lumière est fixée à $c = 299\,792\,458$ m.s⁻¹.



Römer



Delambre



Satellites de Jupiter vus au télescope

- a. Pourquoi Römer n'a-t-il pas pu calculer la vitesse de la lumière c ?
- b. On sait aujourd'hui que la distance Terre – Soleil est d'environ 150 Gm : exprimer cette distance en mètre et l'écrire au format scientifique.
- c. Déterminer, en m/s (ou $m.s^{-1}$), la vitesse de la lumière c qu'aurait pu trouver Römer. L'écrire au format scientifique.
- d. Déterminer de la même façon la valeur de la vitesse c de la lumière qu'aurait pu trouver Delambre.
- e. Aujourd'hui, la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide est voisine de $c = 3,00 \times 10^8 m.s^{-1}$.
La comparer avec celles qu'aurait pu trouver Römer et Delambre.
- f. Dans l'expérience de Galilée et avec la valeur actuelle de la vitesse de la lumière, déterminer la durée Δt du trajet de la lumière entre les deux collines. Conclure.

II – L'ANNEE DE LUMIERE

1) Une unité adaptée à la mesure des distances dans l'Univers

- a. Quelle relation a-t-on entre la distance d parcourue par la lumière, la vitesse c et la durée Δt de parcours ? Rappeler les unités de chaque grandeur.
- b. Le périmètre de la Terre est d'environ $42 \times 10^6 m$.
Calculer la durée Δt que met la lumière pour faire le tour de la Terre.
- c. La lumière met environ 1,28 s pour parcourir la distance Terre – Lune. Calculer cette distance en m.

Les étoiles visibles dans le ciel sont très éloignées. Pour faciliter la comparaison des distances dans l'Univers, on n'utilise plus le mètre comme unité de longueur mais une autre unité, l'année de lumière.

L'année de lumière (a.l) est la distance parcourue par la lumière dans le vide, en une année.

$$1 \text{ a.l} = 9,46 \times 10^{15} \text{ m.}$$

- d. Quel est l'ordre de grandeur, en mètre, d'une année de lumière ?
- e. Sachant qu'une année vaut $365,25 \times 24 \times 3600 \text{ s}$, et que la valeur exacte de la vitesse de la lumière est $c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$, montrer que :
- $$1 \text{ a.l} = 9,46 \times 10^{15} \text{ m.}$$

Point Info ordre de grandeur d'un nombre : c'est la puissance de 10 la plus proche de ce nombre.

2) Voir loin c'est voir dans le passé

L'étoile la plus proche du Soleil, Proxima du centaure, est située à 4,3 a.l.

- a. Combien de temps a voyagé la lumière de cette étoile avant de nous parvenir ?
- b. En quelle année à été émise la lumière de l'étoile que nous observons aujourd'hui ?
L'étoile polaire est l'une des étoiles de la constellation de la petite Ourse. Elle est située à $4,08 \times 10^{15} \text{ km}$.
- c. Exprimer cette distance en mètre.
- d. Exprimer cette distance en a.l.
- e. Combien de temps met cette lumière avant de nous parvenir de l'étoile polaire ?
- f. Expliquer le titre du paragraphe.

Consulter l'animation :

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/voyage_lumiere.swf

