

La vitesse de la lumière

Niveau

Lycée - Seconde

Objectif

L'objectif de cette activité est de comprendre comment une simple observation d'un satellite de Jupiter a pu permettre de mettre en évidence la vitesse finie de la lumière, et d'en estimer la valeur.

Compétences

Utiliser les puissances de 10 dans l'évaluation des ordres de grandeur, dans les calculs, et dans l'expression des données et des résultats. Garder le nombre de chiffres significatifs en adéquation avec la précision de la mesure. Exprimer le résultat avec une unité adaptée. Connaître la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide et savoir qu'il s'agit d'une vitesse limite.

Pré requis

Connaître le mouvement de Jupiter et de la Terre autour du Soleil. Savoir qu'il existe des éclipses de lune. Connaître la relation entre la vitesse, la distance et le temps.

Durée

Activité : 45 min

Déroulement

Dans cette séquence nous allons nous intéresser à une approche historique de la mesure de la vitesse de la lumière. Il faut bien garder à l'esprit qu'à l'époque de Cassini et Römer, la lumière était supposée se propager instantanément, c'est à dire avec une vitesse infinie. Nous allons voir comment Römer a estimé la vitesse de la lumière à partir de l'observation des éclipses d'un des principaux satellites de Jupiter, Io.

Vitesse de la lumière et éclipses de Jupiter

Au XVII^{ème} siècle, Giovanni Domenico Cassini, astronome italien, avait remarqué que les prédictions des éclipses des satellites de Jupiter présentait des écarts de temps qui atteignaient la dizaine de minutes en plus ou en moins par rapport aux observations. En particulier pour le satellite le plus proche (appelé plus tard Io) dont les éclipses sont les plus fréquentes.

Olaüs Römer, astronome danois, proposa une explication à ce phénomène. La lumière provenant des satellites a une vitesse finie, par conséquent en fonction de la position de la Terre par rapport au Soleil (conjonction ou opposition) la distance parcourue par la lumière pour nous parvenir n'est pas la même d'où le décalage temporel.

- a) En théorie, il serait très facile de calculer la vitesse de la lumière en tenant compte de la conjonction et de l'opposition de la Terre et de Jupiter. (Schéma 1)

Ecrire le calcul permettant de trouver la vitesse de la lumière en utilisant les paramètres du schéma.

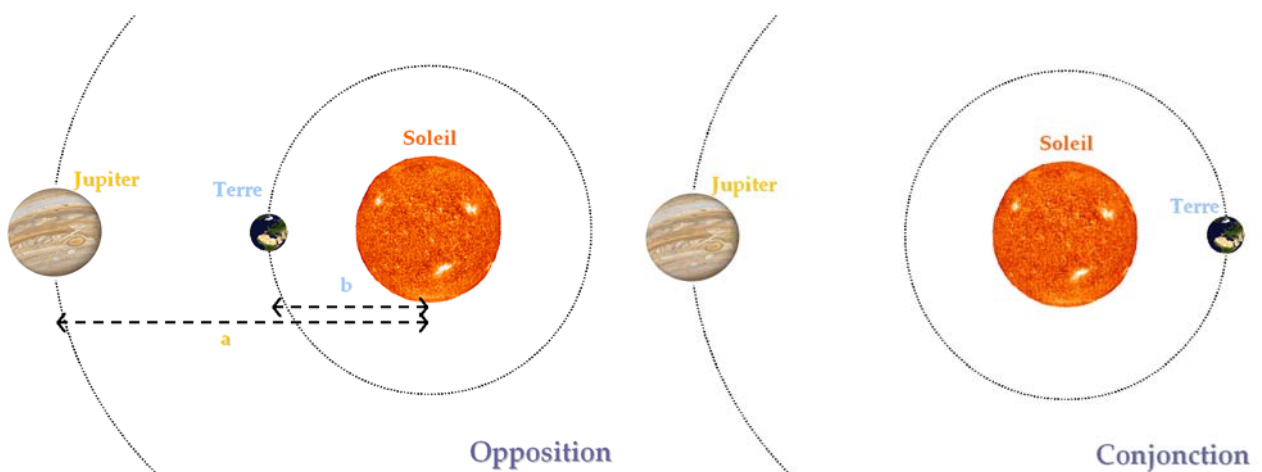
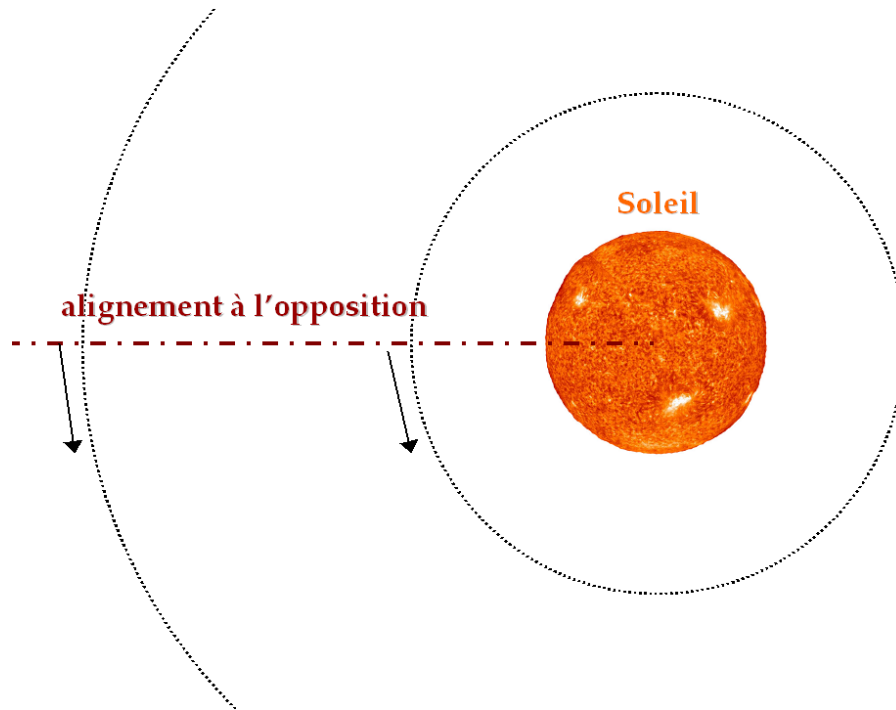


Schéma 1 : Positions relatives de la Terre, de Jupiter et du Soleil lors de l'opposition et de la conjonction.

- b) Pourquoi, dans la pratique cette méthode le calcul précédent est-il inapplicable ?
- c) Dans la réalité Jupiter ne redevient observable que 261 jours après l'opposition.
- c1) Sachant que la période de révolution de Jupiter est de 4332,5 jours quel angle aura balayé Jupiter pendant les 261 jours ?
- c2) Compléter le schéma suivant en indiquant les positions des planètes 261 jours après l'opposition :



- d) On donne la relation d'Alkashi dans le triangle JST (Jupiter – Soleil – Terre) :

$$JT^2 = JS^2 + ST^2 - 2 \times (JS \times ST) \times \cos(\hat{JST})$$

d1) Calculer l'angle JST.

d2) Sachant que la distance entre le Soleil et Jupiter est de 5,2 U.A. et que la distance Terre - Soleil est de 1 U.A. (par définition), en déduire la distance Terre – Jupiter, que l'on appellera par la suite D_2 .

- e) En faisant la soustraction entre la distance trouvée à l'opposition D_1 (que l'on calculera) et celle trouvée précédemment D_2 , on obtient la distance parcourue par la lumière pendant l'écart de temps observé par Cassini et Römer, à savoir 16 minutes.
En déduire l'estimation faite par Römer de la vitesse de la lumière.
- f) Quelles ont pu être les sources d'erreurs de cette expérience permettant d'expliquer l'écart entre la valeur trouvée et celle que l'on définit actuellement. (i.e. $c = 299\,792,458$ km/s dans le vide)