



Mesure de la vitesse de la lumière

On sait depuis la plus haute antiquité que l'éclair est perçu avant le grondement du tonnerre, ce que l'on interprétait souvent en disant que « *la vue est plus prompte que l'ouïe* ».

Pour Aristote, la lumière est une propriété des objets. Son interprétation fit autorité dans le monde chrétien jusqu'au XVI^{ème} siècle.

C'est dans le monde musulman que réapparaît, au XI^{ème} siècle, l'idée d'Empédocle avec Ibn Sîna (dit Avicenne), l'astronome persan Al Biruni, et surtout Ibn al Haytham (dit Alhazen), qui dans ses différents traités d'optique, pose le problème sous sa forme moderne, en séparant nettement la propagation de la lumière et la vision des objets.

A la fin du Moyen Âge, en occident, plusieurs opticiens pensaient que la lumière avait une vitesse, mais personne n'avait tenté de le vérifier. Il fallut attendre l'avènement de la science expérimentale.

C'est donc Galilée qui, le premier, chercha à mesurer cette vitesse. Il imagina une expérience, qu'il décrit dans *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles*. Deux personnes postées à bonne distance l'une de l'autre se font des signaux lumineux, en masquant et démasquant des lanternes, l'un démasquant sa lanterne aussitôt qu'il aperçoit le signal de l'autre lanterne. Il imagina même, si besoin était, d'opérer à grande distance, en utilisant des lunettes installées avec les lanternes dans de petits observatoires.

Il semble que Galilée ait bien réalisé cette expérience, en plaçant des aides à quelques centaines de m l'un de l'autre, puis en augmentant la distance, sans dépasser un mille. Mais les durées mesurées étaient indépendantes de la distance, et ne correspondaient qu'au temps de réaction des faiseurs de signaux.

Galilée ne mesura donc rien du tout. Il n'en déduisit pas pour autant que la propagation était instantanée, il en déduisit que si la vitesse de la lumière avait une valeur finie, cette valeur était très grande, et la propagation quasi instantanée à notre échelle.

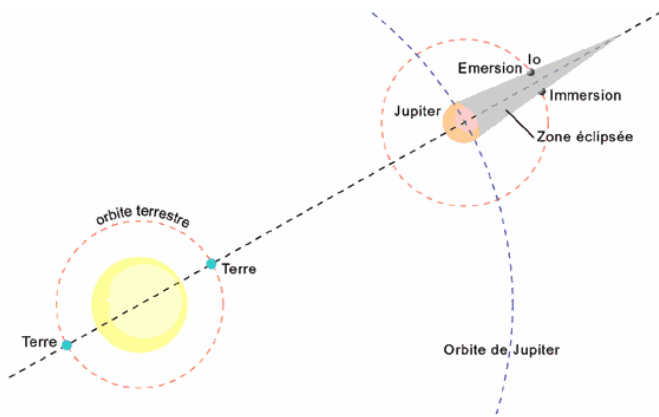
Au XVII^{ème} siècle encore, quelques savants, et non des moindres, croyaient encore la propagation instantanée de la lumière.

Ainsi, Kepler admet bien le caractère géométrique de la propagation de la lumière, avec comme conséquence une diminution d'intensité selon l'inverse du carré de la distance, mais croit cette propagation instantanée, et Descartes, qui pourtant, a découvert les lois de la réfraction, est du même avis

2 – Mesurer la vitesse de la lumière dans l'air

2.1 – La méthode de Römer (1676)

L'astronome danois Ole Römer (1644-1710) effectua la première détermination de la vitesse de la lumière en 1676 par une méthode astronomique. Sur la figure ci-dessous, on voit à droite l'orbite de Io, satellite jovien. Bien noter que Io disparaît à notre vue quand il entre dans le cône d'ombre de Jupiter (immersion) et réapparaît (émersion) en sortant de l'ombre. A partir de la durée de l'éclipse, Römer déterminait la période de révolution du satellite autour de Jupiter. Il constata que cette période (voisine de 42,5 h) variait en fonction de la position de la Terre quand on effectuait la mesure.



Ce résultat était en contradiction avec les lois de Kepler qui stipulaient que la période de révolution du satellite était constante. Römer comprit alors qu'il fallait tenir compte du temps de parcours de la lumière pour aller de Io à la Terre. Partant d'une conjonction Soleil-Terre-Jupiter, le danois estime qu'il faut 22 minutes à la lumière pour parcourir le diamètre de l'orbite terrestre.

Il trouva d'abord qu'au bout d'une révolution de Io, le premier satellite, on n'observait pas de retard sensible, bien que la distance de la Terre à Jupiter ait varié de plus de 210 diamètres terrestre. Mais pour une variation de distance nettement plus grande, il trouva que 40 révolutions observés lors d'une quadrature étaient plus courtes que 40 autres observées lors de la quadrature suivante. Il en déduisit que quand Jupiter est en conjonction, sa lumière doit, pour nous parvenir, mettre 22 minutes de plus pour parcourir une distance supplémentaire par rapport à l'opposition, égale au diamètre de l'orbite terrestre

Ci-contre, une figure extraite de l'article publié par Römer dans le *Journal des Sçavans* du lundi 7 septembre 1676.

Dans cet article, le danois mentionne que la révolution de Io mesurée en K dure une trentaine de secondes de plus que celle mesurée en L : ceci est dû à la propagation de la lumière de L à K.

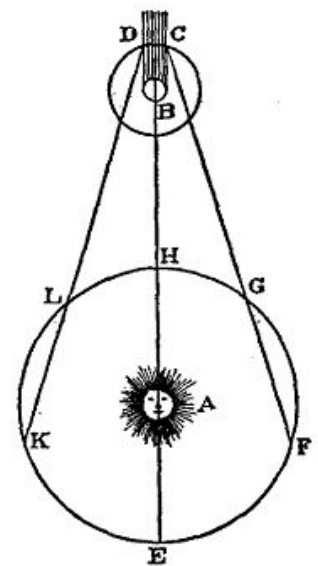


FIG. 70.



Estimer la valeur de la vitesse de la lumière.

Donnée : la distance Terre-Soleil est de l'ordre de 150 millions de km. Cette donnée, mal maîtrisée à l'époque de Römer, est la principale source d'erreur de la méthode.

Réponse

La lumière mettant 22 minutes pour parcourir 2×150 millions de kilomètres, on en déduit sa vitesse,

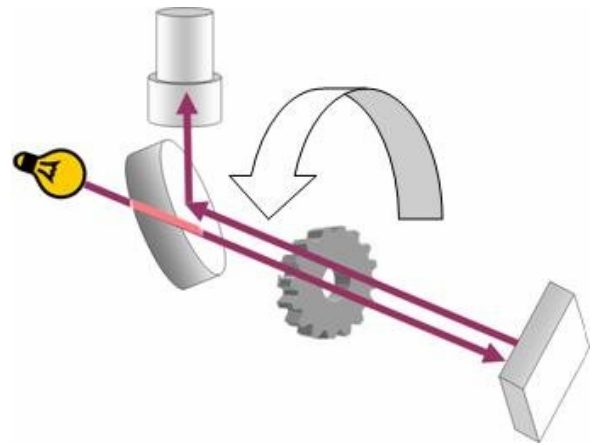
$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2 \times 1,50 \cdot 10^8}{22 \times 60} = 230\,000 \text{ km.s}^{-1}$$



2.2 – La méthode de Fizeau (1849)

Hippolyte Fizeau (1819-1896) réalise en 1849 la première mesure terrestre de la vitesse de la lumière. Pour cela il fabrique un ingénieux système comportant une roue dentée et deux miroirs, dont un semi-réfléchissant.

Sur la figure ci-contre on devine le principe : la roue est mise en rotation, une source de lumière est réfléchi par le premier miroir, franchit une échancrure de la roue, se réfléchit sur le second miroir et parvient à l'observateur après un parcours correspondant à $(2d)$ à la vitesse (c) qui est l'inconnue.



Fizeau fait son expérience entre Montmartre et le Mont Valérien à Suresnes distants de 8633 m. La roue dentée comporte 720 dents et 720 échancrures. Fizeau détermine alors la vitesse de rotation de la roue qui permet à la lumière de traverser le bord d'un "creux" et de revenir au bord du même creux. Le faisceau est donc juste occulté et ne parvient plus à l'observateur. Cette vitesse de rotation est de 12,6 tours par seconde.

Appelons Δt la durée d'aller et retour de la lumière à la vitesse c .

1. Donner l'expression de Δt en fonction de d et de c : ce sera la relation (1).

$$c = \frac{2d}{\Delta t} \quad (1)$$

2. Quelle est la valeur, en degrés, d'un secteur angulaire a de la roue dentée ?

$$a = \frac{360}{2 \times 720} = \frac{1}{4} = 0,25^\circ$$

3. Quelle est donc la valeur, en degrés par seconde, de la vitesse angulaire v du disque ?

$$v = 12,6 \times 360 = 4,54 \cdot 10^3 \text{ degré} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pendant le temps d'un aller et retour de la lumière l'échancrure a tourné de l'angle (a) à la vitesse (v) pendant le temps (Δt) .

4. Quelle est la relation, qu'on notera (2), donnant Δt en fonction de a et de v ?

$$\Delta t = \frac{a}{v} \quad (2)$$

5. A l'aide des relations (1) et (2), donnant la valeur de la vitesse de lumière selon Fizeau. Les relations (1) et (2) donnent

$$\Delta t = \frac{a}{v} = \frac{2d}{c} \quad \text{soit} \quad c = \frac{2dv}{a}$$

L'application numérique donne $c = \frac{2 \times 8633 \times 4,54 \cdot 10^3}{0,25} = 3,14 \cdot 10^9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ soit 314 000 km/s.

2.3 – Et aujourd'hui ?

Faites une recherche, éventuellement sur internet, concernant la valeur actuelle de la célérité de la lumière dans le vide.

http://oncle.dom.pagesperso-orange.fr/astonomie/histoire/mesure_de_c/mesure_c.htm