

Histoire de la découverte de la vitesse de la lumière

I) Historique

Dans l'Antiquité, les savants pensaient que la lumière se propageait instantanément...



... jusqu'à ce que GALILÉE (1564-1642), eût un doute...

Si la lumière se propage à une certaine vitesse, je dois pouvoir mesurer la durée que met un signal lumineux pour traverser une vallée...



Christian HUYGENS (1629 - 1695) élaborait une théorie dans laquelle il émit l'hypothèse que la lumière est animée d'une vitesse. Mais il ne put le prouver expérimentalement.



En 1676, Jean Dominique CASSINI, directeur de l'observatoire de Paris, fit appel à O. RÖMER pour élucider le fait que les éclipses des satellites de Jupiter ne se produisaient pas toujours aux dates prévues.



Vers 1850, FOUCAULT trouva une vitesse de 299 774 km/s. Dans le même temps, Hippolyte FIZEAU montra que la vitesse est plus faible dans les milieux matériels transparents.



Aujourd'hui, on utilise, pour la vitesse de la lumière dans le vide, une valeur très proche de 300 000 km/s.



Retiens : dans le vide $v = 300\,000\text{ km/s}$.

II) L'expérience de Fizeau

a) Biographie

Hippolyte Louis Fizeau est un physicien français spécialiste de l'optique qui travailla notamment sur la lumière. Il est professeur à l'Ecole polytechnique (1863). C'est le premier homme à réussir la mesure directe de la vitesse de la lumière sans faire appel aux observations astronomiques (1849). Il applique cette méthode à la mesure de la vitesse dans un milieu en mouvement (l'eau) et établit la loi de composition des vitesses. Cet homme mit aussi en évidence l'effet Doppler dans le domaine des ondes lumineuses.



Dans sa carrière il rencontre Léon Foucault : les deux hommes se lient d'amitié et collaborent pendant quelques années, obtenant notamment en 1845, la première image photographique de la surface du soleil. Les deux scientifiques se séparent ensuite pour travailler, chacun de leur côté, à la détermination de la vitesse de la lumière.

Pour ces expériences, il obtint en 1856, sur proposition de l'Académie des sciences, le prix triennal de l'Institut impérial de France. En 1860, Fizeau est élu membre de l'Académie des sciences, dont il devient président en 1878.

b) Présentation de l'expérience (voir vidéo)

<https://www.youtube.com/watch?v=iv3LMPVPoxk>

En 1849, Fizeau va réaliser la première mesure terrestre de la vitesse de la lumière. Pour ce faire il va utiliser son appareil (figure 2). Cet ingénieux système est constitué de six éléments principaux. Le premier est la roue dentée comportant **720 dents et 720 échancrures**, mises en mouvement par un contrepoids, système qui sera perfectionné peu de temps après par un système de manivelle. Il y a présence aussi de deux lunettes et de deux miroirs, dont un semi-réfléchissant. Enfin une lampe sert de source lumineuse.

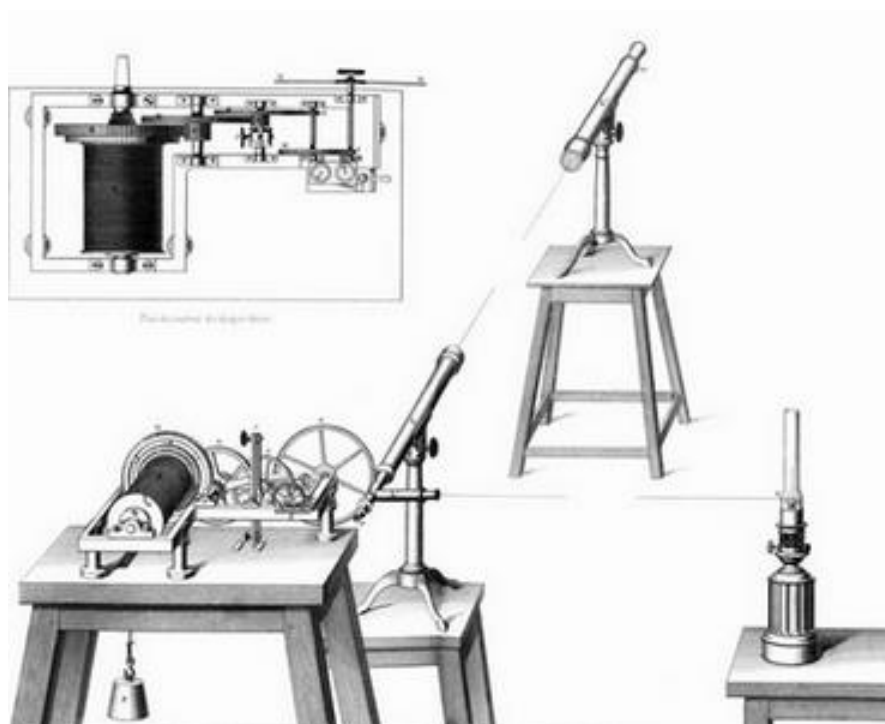


Fig.2, dispositif expérimental

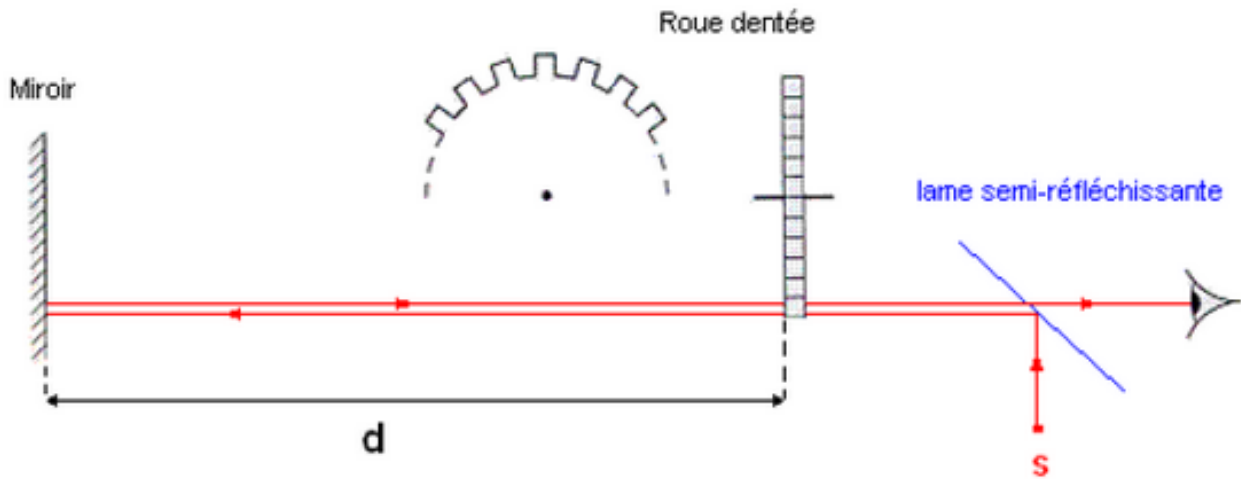


Fig.3 schéma de l'expérience

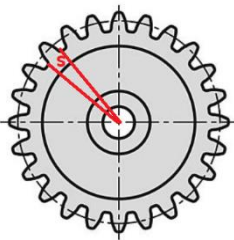


Fig 4, Secteur angulaire (angle) S d'une roue dentée

c) Description de l'expérience

La schématisation du dispositif expérimental, permet de représenter plus facilement le principe de l'expérience. En partant d'une source lumineuse, la lumière va se réfléchir sur une lame semi-réfléchissante incliné à 45° . La lumière va ainsi traverser une des échancrures de la roue, puis partir dans l'axe de la seconde lunette située à **8633mètres** de là, sur la butte de Montmartre. Le miroir de la seconde lunette va réfléchir la lumière qui va ainsi parcourir à nouveau la distance d entre le miroir et la roue. Elle retourne alors à son point de départ : le Mont Valérien à Suresnes. Ce rayon lumineux traverse comme à l'allée, une des échancrures de la roue, et arrive ainsi à l'observateur situé derrière la lame semi-réfléchissante, qui observe la lumière à travers l'oculaire de la lunette.

Pour que l'expérience fonctionne, une personne doit entraîner la roue dentée. Si elle tourne très lentement, l'observateur peut apercevoir l'éclat de la lumière qui apparaît et disparaît en alternance, cela est possible car les dents de la roue en rotation font obstacle au passage du faisceau lumineux. En accélérant la roue, l'alternance entre les périodes lumineuses et obscures s'accélère, et le clignotement disparaît pour ne laisser qu'une tache lumineuse continue. En effet, nous ne voyons plus qu'une tache lumineuse car nos yeux ne peuvent plus observer les passages où la lumière ne passe plus. Pourtant, en accélérant encore la roue il arrive un certain moment où le temps que la lumière met pour parcourir la distance $2D$ correspond exactement à la durée de passage d'une dent dans le faisceau lumineux. En fait la lumière ne peut plus passer dans une échancrure à son retour car elle est bloquée par une dent. Cet effet, ce produit quand la vitesse de la roue atteint **12.6 tours par secondes**.

En réalité la grande difficulté de l'expérience de Fizeau est de déterminer la vitesse de rotation de la roue. La difficulté a été minimisée grâce à des compteurs installés sur les engrenages d'entraînement de la roue qui ont permis une mesure très précise de cette rotation de la roue. La vitesse de rotation permet ainsi dans les calculs de l'expérience d'établir la valeur du temps que met la lumière pour parcourir $2D$.

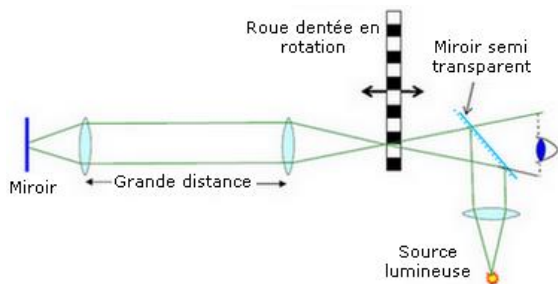


Fig.5, autre angle de vue de l'expérience

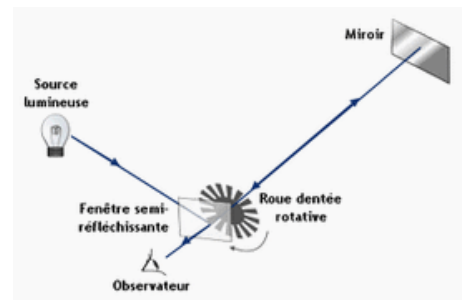


Fig.6, un autre angle de vue

d) **Interprétation de l'expérience**

- En vous aidant de la figure 4, rappelez l'expression littérale de la vitesse de la lumière en fonction du temps et de la distance de parcours.
- Quelle est la valeur de la distance parcourue par la lumière ?
- Que nous reste-t-il à calculer pour déterminer la vitesse de la lumière ?
- Calculer la valeur d'un secteur angulaire S (en rad) (voir figure roue dentée)
- Durant un aller-retour de la lumière, on sait que la roue a une vitesse de rotation de 12,6 tours par secondes (explication partie III). Calculer la vitesse angulaire de la roue.
- En déduire le temps de parcours de la roue (et donc celui d'un aller-retour)
- Calculer enfin la vitesse de la lumière
- Actuellement avec une grande précision, on sait que la lumière a pour vitesse dans l'air $c = 299\,700\,000$ m/s. Calculer l'erreur relative et commenter.

Conclusion

Après ses prédécesseurs, tel que Römer entre autres, qui se penchèrent sur la vitesse de la lumière, Fizeau est le premier homme à la mesurer assez précisément. En effet, son expérience marque une incertitude de 4 % par rapport à celle admise aujourd'hui. Pour l'époque Fizeau apparaît alors comme un novateur. Il marque ainsi le début d'une nouvelle ère dont le but sera de déterminer toujours plus précisément la vitesse de la lumière.