

# Les mesures de vitesse de la lumière



## 1. Les déterminations astronomiques de la vitesse de la lumière : 17<sup>e</sup> - 19<sup>e</sup> siècles

◆ Depuis l'antiquité et jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle, une sorte de «pensée unique» admettait une propagation instantanée de la lumière. Galilée est l'un des premiers à avoir mis en doute cette opinion. Il est le premier, semble-t-il, à avoir essayé de mesurer la vitesse de la lumière par une expérience nocturne. Il découvrait une lanterne allumée ; un aide, situé à une assez grande distance et muni lui aussi d'une lanterne, la découvrait au moment où il voyait la lanterne de Galilée. Celui-ci estimait le temps écoulé entre le moment où il avait découvert sa lanterne et celui où il voyait celle de l'aide : il lui parut nul. Evidemment la lumière va trop vite pour que l'expérience ait donné un résultat.

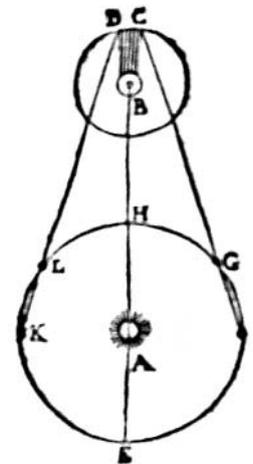
◆ Le mérite d'avoir montré que la vitesse de la lumière n'est pas infinie revient à Jean-Dominique Cassini (1625-1712), le responsable de l'Observatoire de Paris, et à Ole (ou Olaus) Rømer (1644-1710), un astronome danois qui travaillait à cet Observatoire. Dès avant son arrivée en France en 1669, Cassini avait établi un programme systématique d'observations des satellites de Jupiter ; il constata que les éclipses par l'ombre de la planète du premier satellite, Io, paraissaient en retard par rapport à ces éphémérides lorsque la Terre était très éloignée de Jupiter, et en avance lorsqu'elle en était proche. Rømer et lui comprirent que ceci était dû au fait que la lumière ne se propageait pas instantanément, et qu'elle mettait donc plus longtemps à nous parvenir de Jupiter lorsqu'il était éloigné que lorsqu'il était proche de nous (Fig. 1). Cette explication capitale date de 1676. Cassini eut plus tard des doutes sur cette hypothèse, car les autres satellites de Jupiter ne paraissaient pas s'y conformer (il est vrai que la mise en évidence de l'effet est alors difficile car leur mouvement est très complexe en raison de leurs interactions mutuelles, ce que Cassini ne pouvait pas savoir). Mais elle fut acceptée par Huygens, Newton et d'autres.

◆ Cassini avait estimé à 10 ou 11 minutes le temps mis par la lumière à aller du Soleil à la Terre (en réalité c'est 8 minutes 19 secondes) ; mais ni lui, ni Rømer ne cherchèrent à connaître la valeur numérique de la vitesse de la lumière, encore que Rømer ait affirmé que la lumière était capable

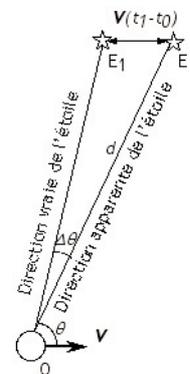
de parcourir le diamètre de la Terre en moins d'une seconde (en fait en 0,042 seconde). Huygens (1629-1695) calcula mieux cette vitesse. Son calcul est reproduit dans son *Traité de la lumière* publié en 1690. Il utilisa la distance, alors mal connue, entre le Soleil et la Terre, qui était estimée à 12 000 fois le diamètre de la Terre (en réalité 11 750 fois), et la divisa par le temps de propagation ci-dessus. Il trouva environ 230 000 kilomètres par seconde (en unités modernes), et affirma que «la vitesse de la lumière est plus de 600 000 fois plus grande que celle du son». Evidemment la précision était médiocre, le résultat étant trop faible de plus de 20%.

◆ La découverte en 1728 de l'aberration par l'anglais James Bradley (1693-1762) devait permettre un nouveau progrès. L'aberration est le fait qu'en raison du mouvement de la Terre autour du Soleil toutes les étoiles effectuent un mouvement annuel apparent, selon une ellipse plus ou moins aplatie selon leur position, dont le demi grand axe est de 20,4 secondes de degré (Fig. 2). Si on l'exprime en radians, la moitié de cette amplitude est le rapport entre la vitesse de la Terre sur son orbite et la vitesse de la lumière. Bradley a ainsi estimé que la lumière allait 10 210 fois plus vite que la Terre, et en conséquence que le temps mis par la lumière pour parcourir le rayon de l'orbite terrestre était  $3,16 \cdot 10^7 / (10\ 210 \times 2\pi) = 492$  secondes soit 8 minutes 12 secondes ( $3,16 \cdot 10^7$  est le nombre de secondes dans une année). C'était bien mieux que Cassini, mais il restait à estimer avec précision la distance Terre-Soleil pour obtenir une bonne valeur de la vitesse de la lumière.

◆ Plus tard, des progrès furent accomplis grâce aux observations des passages de Vénus devant le Soleil qui donnaient une estimation de la distance du Soleil plus précise qu'auparavant. Mettant tout ensemble, Arago annonçait dans son *Astronomie populaire* une vitesse de 308 300 kilomètres par seconde. Ce fut la dernière détermination astronomique de la vitesse de la lumière : elle devait ensuite passer au domaine du laboratoire.



**Figure 1.** Explication par Rømer des anomalies apparentes du mouvement de Io, le premier satellite de Jupiter. On voit en haut du schéma Jupiter et l'orbite de Io, et en bas le Soleil et l'orbite de la Terre. Entre deux émersions successives d'Io de l'ombre de Jupiter, la Terre s'est déplacée de L à K sur son orbite, si bien que la deuxième émergence paraît en retard de plusieurs minutes puisque la Terre s'est éloignée de Jupiter, ce retard étant le temps mis par la lumière pour parcourir LK.  
© Bibliothèque de l'Observatoire de Paris



**Figure 2.** Explication de l'aberration des étoiles. Il est commode de se placer dans le système de la Terre : l'observateur O est fixe et les étoiles ont une vitesse apparente opposée à celle V de la Terre. Au temps  $t_0$  l'étoile est en E et sa lumière parvient en O au temps  $t_1$ . L'intervalle  $t_1 - t_0$  est le temps mis par la lumière pour parcourir la distance  $d$  de l'étoile à la vitesse  $c$ . À l'instant  $t_1$ , l'étoile s'est déplacée à la position  $E_1$  telle que  $EE_1 = V(t_1 - t_0)$ . La direction vraie de l'étoile est donc  $OE_1$  tandis que sa direction apparente est  $OE$ . L'angle entre ces deux directions est  $\Delta\theta = (V/c) \sin\theta$ , et ne dépend pas de la distance de l'étoile. La direction de la vitesse de la Terre change au cours de l'année, si bien que la position apparente E de l'étoile décrit en un an une ellipse autour de  $E_1$ , de demi grand axe  $V/c$ . L'angle  $\Delta\theta$  est ici très exagéré.