

Les mesures de vitesse de la lumière



5. Les mesures modernes de la vitesse de la lumière

◆ Après Fizeau et Cornu, on continua à perfectionner leur technique de mesure de la vitesse de la lumière. La dernière mise en œuvre de la roue dentée eut lieu en 1902 sous la direction d'Henri Perrotin (1845-1904), directeur de l'Observatoire de Nice. La base mesurait une quinzaine de kilomètres entre cet observatoire et La Gaude. La valeur trouvée était de $299\,880 \pm 84$ km/s dans le vide (rappelons que la valeur conventionnelle actuelle est de $299\,792,458$ km/s).

◆ La méthode des occultations eut une seconde vie grâce à l'invention des obturateurs ultra-rapides à effet Kerr (biréfringence du nitrobenzène sous l'action d'un champ électrique), puis d'autres types d'obturateurs commandés par l'électronique. De nouvelles réalisations de l'expérience de Fizeau, semblables dans leur principe à celles présentées à l'exposition « c » à Paris, ont ainsi été menées à bien de 1925 à 1950. La dernière, due au Suédois E. Bergstrand, annonçait $299\,796,1 \pm 0,3$ km/s.

◆ La technique du miroir tournant était elle aussi promise à une longue carrière, mais de l'autre côté de l'Atlantique. Ensemble ou séparément, Simon Newcomb (1835-1909) et Albert A. Michelson (1852-1931) refirent l'expérience de Foucault sur des distances allant jusqu'à plusieurs kilomètres, ce qui était leur façon d'améliorer la précision. Après une longue interruption consacrée à d'autres travaux, Michelson effectua en 1924-1926 de nouvelles mesures de vitesse (Fig. 1). Entre le mont Wilson et le mont San Antonio en Californie, distants de 35 km, il obtint $299\,796 \pm 4$ km/s (dans le vide), ce qui fut pendant quelques dizaines d'années la référence quasi officielle.

◆ D'autres méthodes sont indirectes. Nous sommes aujourd'hui convaincus qu'il y a une relation étroite entre la lumière et l'électromagnétisme. Mais cette relation parut au début fortuite : elle reposait sur la coïncidence entre c et le rapport entre les valeurs numériques d'une charge électrique en unités électrostatiques et en unités électromagnétiques. La mesure de ce rapport en 1856 par Kohlrausch et Weber avait fourni $310\,800$ km/s. Des confirmations plus précises furent apportées par de nombreux

chercheurs jusqu'à la fin du XIX^e siècle. Les Français Alfred Perot et Charles Fabry (1867-1945) sont crédités de la meilleure évaluation avec un rapport égal à $299\,784 \pm 30$ km/s obtenu en 1898. Mais au grand étonnement du physicien d'aujourd'hui qui sait que la théorie électromagnétique de Maxwell est basée sur l'égalité de ce rapport et de c, ce résultat fut présenté par les auteurs sans aucun commentaire.

◆ La fréquence d'une onde électromagnétique étant supposée connue, on peut aussi mesurer la longueur d'onde correspondante dans le vide, le produit des deux quantités donnant la vitesse de la lumière. Diverses expériences spécifiquement dédiées à la détermination de vitesse de la lumière furent effectuées avec succès sur ce principe entre 1890 et 1925. Une des plus intéressantes est celle de l'anglais Louis Essen (1908-1997), qui utilisait une cavité résonante pour fixer la fréquence d'un oscillateur et en mesurait les dimensions (Fig. 2). En 1947 il obtint ainsi $299\,792,5 \pm 1,5$ km/s, valeur qui ne coïncidait ni avec celle de Bergstrand, ni avec celle de Michelson. Cette divergence suscita de nouvelles déterminations, en particulier celle d'un autre chercheur du laboratoire d'Essen, Keith David Fromme, qui confirma la valeur d'Essen en donnant $299\,792,5 \pm 0,1$ km/s. Cette valeur est la meilleure qui ait été annoncée avant l'entrée en scène des lasers en 1959-1960.

◆ Les lasers sont aussi des oscillateurs dont la fréquence et la longueur d'onde sont définies avec une excellente stabilité par une cavité résonante. Plusieurs laboratoires en tirèrent parti pour mesurer la vitesse de la lumière, la précision n'étant cette fois limitée que par l'incertitude sur l'étalon primaire auquel on comparait la longueur d'onde, qui était depuis 1960 une raie du krypton 86. Cette raie, s'étant révélée faite de plusieurs composantes et asymétrique, conduisait à des valeurs de la vitesse de la lumière dans le vide comprises entre $299\,792,456$ et $299\,792,459$ km/s selon que l'on se référait à son centre ou à son pic. Finalement, on proposa en 1975 de fixer c à $299\,792,458$ km/s exactement, puis en 1983 de redéfinir le mètre à partir de cette valeur.

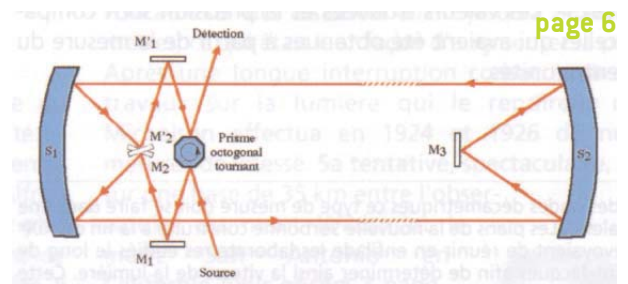


Figure 1. Principe de la méthode de Michelson pour mesurer la vitesse de la lumière. L'élément essentiel était un prisme tournant dont les 8 faces étaient autant de miroirs. La lumière de la source se réfléchissait sur une des faces, puis sur les miroirs M_1 , M_2 et le miroir sphérique S_1 , qui la transmettait au miroir sphérique S_2 à environ 35 km. Elle retournait par M_3 , S_2 puis S_1 , M_2 , M_1 sur le prisme octogonal qui la renvoyait sur le détecteur (M_2 était un peu au dessus du plan de la figure, M_2' en dessous). Si la rotation du miroir octogonal était exactement d'un huitième de tour pendant le temps de transit de la lumière, l'image sur le détecteur était parfaitement symétrique de la source, donc immobile. Le dispositif combinait donc miroir tournant et stroboscopie.

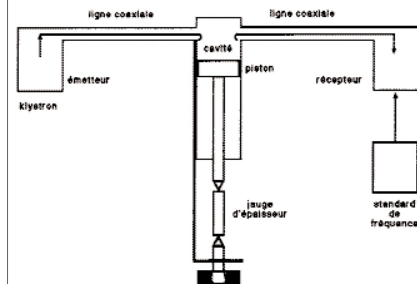


Figure 2. La cavité résonante d'Essen en ondes centimétriques. Un klystron (tube générateur) de fréquence variable entre 5 et 10 GHz alimentait une cavité de longueur donnée. La résonance de l'onde radio le long de l'axe de la cavité cylindrique était détectée par un récepteur, et sa fréquence était déterminée par comparaison avec un standard de fréquence. La position du piston qui fixait la longueur de la cavité, donc la longueur d'onde radio, était connue avec précision grâce à l'interposition d'une jauge d'épaisseur dont la longueur était contrôlée après chaque expérience.