

Note 123 : La vitesse de la lumière dans l'air de Paris

BOBIN J.L., LEQUEUX J. & TREPS N. (2006) C'était « c à Paris », *Bulletin de la Société Française de Physique*, **153**, 31.

C'était « c à Paris »

Jean-Louis Bobin¹, James Lequeux² et Nicolas Treps³

(1) Université Pierre et Marie Curie – (2) Observatoire de Paris

(3) Laboratoire Kastler-Brossel, Université P. et M. Curie et École Normale Supérieure de Paris

À la suite de l'article de Pierre Radvanyi « Un rayon vert dans la nuit blanche », paru dans le dernier Bulletin (page 32), certains lecteurs se sont interrogés sur l'origine de l'incertitude (la quatrième décimale) sur la mesure de la vitesse de la lumière dans l'expérience « c à Paris ». Nous avons pensé qu'il était intéressant et utile de demander aux responsables de nous présenter plus en détail ce projet expérimental.



La rédaction

La vitesse de la lumière dans le vide est une constante universelle dont la valeur est fixée depuis 1983 à 299 792 458 m/s, au plus près des dernières mesures qui ont conclu une longue aventure scientifique : trois siècles d'observations et d'expériences qui valaient bien une célébration dans le cadre de l'Année Mondiale de la Physique. Telle était l'origine du projet « c à Paris » combinant une exposition à l'Observatoire et une reconstitution, avec les techniques d'aujourd'hui, de la méthode de Fizeau. Un faisceau laser de couleur verte, déployé entre deux points remarquables de la capitale, alliait ainsi le spectacle et la science.

En 1849, Fizeau avait utilisé une roue dentée pour occulter un faisceau lumineux devant faire un aller et retour entre une station d'émission-réception et un dispositif de renvoi situé à quelques kilomètres. Lorsque le temps d'occultation coïncide avec la durée du trajet aller-retour, un observateur placé derrière la roue dentée ne voit rien, alors qu'autrement, il perçoit une lueur continue grâce à la persistance des images sur la rétine. Connaissant la vitesse de rotation de la roue à l'extinction, le nombre de dents et la distance entre les deux stations, un calcul simple donne la vitesse de la lumière dans l'air. En 2005, ce principe était mis en œuvre à l'aide d'un modulateur acousto-optique et la détection se faisait au moyen d'une photodiode avec un traitement du signal approprié. Dans les deux cas, la distance était déterminée par triangulation avec, l'année dernière, le concours de l'École Nationale des Sciences Géographiques.

Le projet expérimental a été mené à bien par une collaboration entre l'Observatoire de Paris et l'Université Pierre et Marie Curie (Paris 6). Des étudiants de licence de physique et des élèves ingénieurs (Polytechnique et Institut polytechnique de Paris 6), tous volontaires, y ont participé activement.

Pendant les mois d'octobre et novembre 2005, à part quelques jours de brume ou de pluie, le temps était raisonnablement clair en début de soirée. Un certain nombre de mesures ont pu être effectuées, dont les résultats sont groupés autour de 299 750 km/s. La principale cause d'incertitude vient de l'ajustement de la fréquence d'occultation. Pour des raisons de sécurité, le faisceau d'un laser continu de 5W (YAG pompé par diodes et converti en fréquence) était divergent et la puissance reçue après réflexion sur un coin de cube ne dépassait pas 10 μ W. L'extinction totale étant difficile à apprécier avec un temps de montée du modulateur de l'ordre de 100 ns et des signaux de retour « herbeux », on ne pouvait connaître à mieux que 10 hertz près une fréquence de l'ordre de 13,5 kilohertz.

La moyenne des différentes mesures, pondérée par les marges d'erreur, fournit 299 760 \pm 30 km/s pour la vitesse de la lumière dans l'air de Paris. Faute d'une sensibilité et d'une reproductibilité suffisantes, il n'a pas été possible de mettre en évidence des variations dues à la modification de la composition ou de la température de l'atmosphère. En corrigeant l'indice de l'air (1,000275), on arriverait, pour la vitesse de la lumière dans le vide, à 299 840 km/s \pm 30 km/s (1,6 écart probable par rapport à la valeur canonique). Le résultat de ce petit calcul n'a d'autre intérêt que de situer, vis-à-vis d'expériences anciennes, la performance réalisée dans le cadre de la reconstitution (voir tableau ci-dessous).

Quant à l'exposition qui se tenait à l'Observatoire de Paris, elle retraçait l'histoire des mesures de la vitesse de la lumière depuis Cassini et Roemer jusqu'à la fin du XIX^e siècle, en présentant une grande partie du matériel original utilisé dans ce but. Elle présentait aussi l'histoire des mesures des distances sur la Terre, d'abord la triangulation indispensable à la mesure de la vitesse de la lumière par la méthode d'occultation, puis récemment faite à partir de mesures du temps de trajet des ondes électromagnétiques grâce au GPS et au télémètre laser. Deux expériences démontraient le principe de la mesure de la vitesse de la lumière par Fizeau et par Foucault.