

La vitesse de la lumière – Aux origines de la relativité

Faculté des Sciences – Département de physique

Nicolas Vriamont, Louis Moureaux

Transmettre de la musique par la lumière ? L'idée peut sembler saugrenue, mais c'est pourtant ainsi que fonctionnent la plupart des moyens modernes de communication.

Le réseau Internet utilise la lumière pour transmettre de l'information par-delà les océans, à travers un réseau de fibre optique – de longs fils de verre qui conduisent la lumière comme un tuyau.

Autre exemple, la radio utilise également la lumière. Pas celle que nos lampes produisent, mais une forme invisible, qu'on appelle aussi ondes radio.

Depuis le début de son utilisation pour communiquer, la lumière a permis une augmentation de la rapidité des communications. Les signaux de fumée des Indiens d'Amérique permettaient une discussion presque instantanée entre deux personnes séparées par plusieurs heures de marche.

Une question se pose alors : existe-t-il une vitesse maximale, une limite ultime à la rapidité des communications ? Si oui, quelle est-elle et pourquoi ne peut-on pas la dépasser ?

On a longtemps cru que la vitesse de la lumière était infinie. Autrement dit, en utilisant la lumière, nous pourrions parler avec des extraterrestres comme au téléphone. Nous savons aujourd'hui que ce n'est pas le cas : les martiens mettraient plusieurs minutes pour nous répondre.

La lumière ne se propage pas instantanément, mais peut-on aller plus vite ? Encore une fois, la réponse est non. Cette limite découle de la théorie de la relativité (restreinte), découverte par Einstein en 1905. Comme c'est important, disons-le encore une fois : rien ne peut aller plus vite que la lumière.

Heureusement, la lumière va très vite à notre échelle (299 792 458 m/s dans le vide), et la dépasser serait totalement inutile pour bon nombre d'applications. Jugez plutôt : à la vitesse de la lumière, on peut faire chaque seconde plus de sept fois le tour de la Terre !

Pour mesurer cette vitesse, le plus simple est de faire parcourir à la lumière une distance connue, et de mesurer la durée du trajet. Seulement, cette dernière est très courte, de l'ordre du dix-milliardième de seconde par mètre de trajet.

Il faut donc utiliser soit un « chronomètre » spécialisé, soit une très grande distance. Ne pouvant pas construire une expérience s'étalant sur des kilomètres, nous avons opté pour la première option, au détriment de la précision de la mesure.

Dans un premier temps, nous avons mesuré la vitesse de la lumière dans l'air, environnement quotidien dans lequel nous avons le plus souvent l'occasion de la voir.

Pour ce faire, nous avons utilisé un dispositif constitué d'un laser, d'une lame semi-transparente, de miroirs, de 2 cellules photosensibles et d'un oscilloscope.

Par cette technique, nous avons obtenu un décalage de 40 ns (nanosecondes). En sachant que la lumière a parcouru une distance d'un peu moins de 12 m, on peut aisément déduire la vitesse de la lumière en

faisant le rapport distance parcourue divisé par le temps. Nous avons ainsi obtenu une vitesse de 297 750 km/s (kilomètres par seconde), valeur très proche de celle prédite par la théorie (299 792 458 m/s).

Comme l'essentiel de nos communications transitent aujourd'hui par la fibre optique, nous nous sommes ensuite intéressés à la vitesse de la lumière dans celle-ci. La technique utilisée était très semblable, puisque la plus longue partie du trajet dans l'air a simplement été remplacée par 25 mètres de fibre

La méthode de mesure était assez similaire à celle de l'air, sauf qu'à la place d'avoir une succession de miroirs, nous avons placé de la fibre optique, 25,44 mètres dans notre cas. Le décalage était ici de 160 ns. Et, en appliquant le même calcul (distance sur temps), on obtient une vitesse de 159 000 km/s pour la lumière dans la fibre.

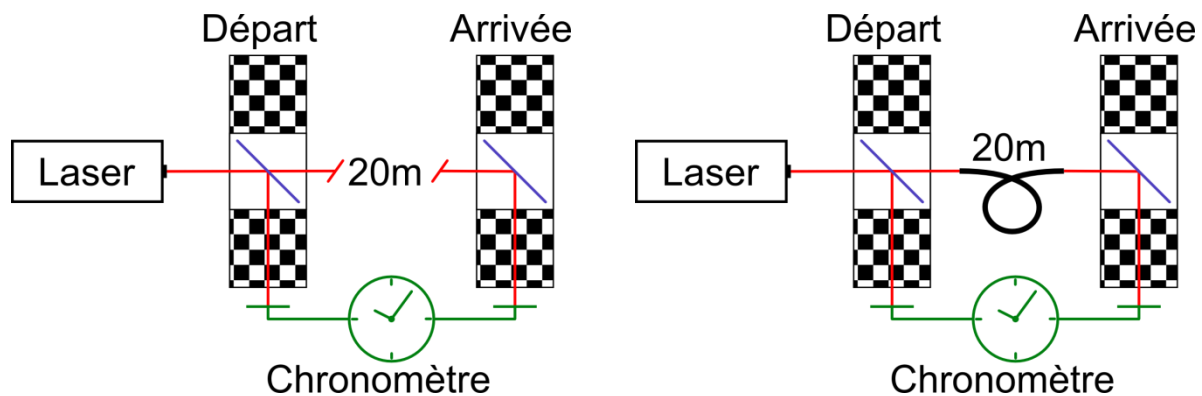


Figure 1 : Dispositifs de mesure de la vitesse de la lumière, dans l'air et dans la fibre. Le chronomètre mesure des durées extrêmement courtes.

Si on compare les deux résultats obtenus, on constate une grande différence : la lumière va bien plus vite dans l'air. Comment l'expliquer ? Intuitivement, on sent que se déplacer vite est bien plus facile dans l'air que dans le verre (essayez!). La lumière subit aussi ce phénomène, quoiqu'à un moindre degré.

Si la lumière est plus rapide dans l'air, pourquoi utiliser de la fibre optique pour transporter l'information ? La raison est simple : c'est plus facile. Dans l'air, on a besoin de miroirs pour faire changer la lumière de direction. Chaque miroir présente une difficulté, parce que sa position doit être très précise. La fibre optique, par contre, est extrêmement facile à poser.

Le mètre et l'année-lumière

Le mètre est aujourd'hui défini à partir de la vitesse de la lumière dans le vide, comme « la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de $1/299\,792\,458^e$ de seconde »¹. Cette définition découle du fait que, selon la théorie de la relativité (générale), la vitesse de la lumière est la même quel que soit le mouvement de l'observateur.

De cette définition, il découle de manière naturelle celle de l'année-lumière comme la distance parcourue par la lumière dans le vide en une année terrestre. Une conséquence intéressante est que quand on observe une étoile située à 150 années-lumières, l'image qu'on en obtient est celle de l'étoile il y a 150 ans.

1. Bureau International des Poids et Mesures, *Résolution 1 de la 17^e réunion de la CGPM (1983)*, <en ligne> <http://www.bipm.org/jsp/fr/ViewCGPMResolution.jsp?CGPM=17&RES=1>, consulté le 17 mars 2014.