

# Chaînage des causalités optiques en milieu réfringent ?

Nous avons vu dans l'[article précédent](#) que dans l'humeur vitreuse de l'œil, la causalité s'écoule surtout à rebrousse-macro-temps, depuis l'opsine et son cis-rétinal vers le faisceau incident tel qu'il arrive vers la cornée. Cela pour chaque photon, ou onde individuelle.

**Question :** Et qu'arrive-t-il lorsque le milieu réfringent est de grande étendue ? Par exemple sous l'eau, ou dans une fibre optique de grande longueur ? La causalité s'écoule-t-elle toujours dans les deux sens, rétrochrone et orthochrone, selon les principes de la microphysique transactionnelle ? Il faut investiguer les faits expérimentaux déjà disponibles.

Je vous rassure tout de suite : que je porte un hublot plan ou un hublot correcteur de ma myopie, sous l'eau aussi je vois toujours les mêmes couleurs et la même luminosité dans les deux cas. Seule la netteté change selon les distances. Aucun changement donc avec les prévisions transactionnelles.

En revanche, nous pouvons régler le sort d'une des narratives concernant la propagation de la lumière dans les milieux transparents et réfringents : celle qui prédit que l'avant du train d'onde continuerait de se propager à la vitesse de la lumière dans le vide, mais avec une amplitude imperceptible, tandis que le gros de l'onde, seul perceptible, est ralenti conformément à l'indice de réfraction. Cette théorie ne s'appuie sur aucun fait expérimental, mais extrapole à partir du postulat qu'un atome, ce serait presque tout du trou, un immense vide juste parcouru par quelques corpuscules femtométriques qui par miracle seraient des électrons. Postulat insoutenable, violemment contrafactuel.

Cette narrative est aussi incompatible avec la conservation des fronts d'ondes (pour chaque photon) sur un grand parcours, que ce soit dans l'eau ou *a fortiori* dans une fibre optique. Prenons une fibre optique de 3 km, avec un indice de réfraction de 1,5. Sur cette distance, le gros de l'enveloppe de l'onde prendrait un retard d'un kilomètre sur son début, soit un milliard de longueurs d'onde dans le proche infrarouge à 1  $\mu\text{m}$ . Hem ! impossible de conserver la cohérence d'un seul photon, de chaque photon.

Cette narrative est aussi incompatible avec la longueur de cohérence observée de chaque photon, dont on sait par des expériences d'interférence à grande différence de parcours optique, qu'elle plafonne vers le mètre dans l'air pour les photons du domaine visible, émis par des moyens anté-lasers, par exemple par un tube luminescent à gaz – soit en gros les deux millions de périodes.

En conclusion, en milieu réfringent, chaque photon conserve sa longueur de cohérence, comptée en nombre de longueurs d'ondes, ou nombre de périodes ; et cela de l'émetteur jusqu'à l'absorbeur.

Ainsi munis sur le plan théorique, pouvons nous revisiter l'expérience de Hippolyte Fizeau, réalisée en 1851, qui mesura la variation de vitesse de la lumière selon que l'eau se déplace dans le sens de propagation, ou en sens inverse ?

Publication originale : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k347981/f381.item>

Désolé, pas de figures dans la publication historique, seulement une description minutieuse. Le dispositif de Fizeau consiste en deux tubes parallèles, où de l'eau circule de droite à gauche dans l'un, de gauche à droite dans l'autre. Depuis une source puis un miroir semi-réfléchissant, la lumière est partagée en deux trajets, l'un vers le tube où l'eau s'approche de la source, l'autre vers le tube où l'eau s'éloigne de la source. Chaque tube est fermé aux extrémités par une glace

perpendiculaire au trajet lumineux. Au bout du parcours, un miroir renvoie chaque faisceau vers l'autre tube. Plus ce qu'il faut de prismes déviateurs et d'optiques de refocalisation. En fin de parcours après le miroir semi-réfléchissant franchi à l'entrée, on mesure le déplacement des franges d'interférence selon la vitesse de l'eau dans les deux tubes.

La théorie correcte n'arriva que cinquante-quatre ans plus tard, par Albert Einstein. Le point clé est que l'indice de réfraction  $n$ , ici de l'eau, est le quotient de la célérité de la lumière dans le vide, par la célérité dans le milieu réfringent traversé. Certes, dans l'eau immobile, les fronts d'onde sont resserrés d'un rapport 3/4 environ, inverse de l'indice de réfraction. Mais si l'eau est en mouvement contre le sens de propagation de la lumière, cette fréquence spatiale est augmentée, selon l'effet Doppler-Fizeau ; deux énoncés équivalents, l'un est que l'indice optique est augmenté par le mouvement, l'autre est que la vitesse de propagation (par rapport au repère du laboratoire) est ralentie, encore plus ralentie que par le milieu optique immobile.

Le seul calcul à faire est de traduire la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu en mouvement (l'eau ici) depuis le repère en mouvement, vers le repère du laboratoire. Ce calcul est nécessairement relativiste, pour coller avec les résultats expérimentaux.

Notations :

$n$  = indice de réfraction (pour la fréquence lumineuse présente dans l'expérience)

$b$  = vitesse de la lumière dans le milieu réfringent, dans le repère lié à ce milieu réfringent =  $c/n$

Où  $c$  est évidemment la célérité de la lumière dans le vide.

$v$  = vitesse du milieu réfringent, dans la direction parallèle à la propagation de la lumière, et comptée dans le repère du laboratoire.

$b'$  = vitesse apparente de la lumière dans le milieu réfringent en mouvement, mais vue du repère du laboratoire.

Pour dépouiller l'expérience complète, avec déplacement des franges d'interférences, nous aurions aussi besoin de la longueur de tube d'eau en mouvement, et de la longueur d'onde de la lumière utilisée, aussi monochromatique que possible ; il nous faudrait aussi la distance du miroir semi-réfléchissant à l'écran ou au ccd détecteur. Nous ne nous en occuperons pas ici.

Loi de l'addition des vitesses colinéaires en relativité :

$$b' = \frac{b+v}{1+\frac{vb}{c^2}} = \frac{b+v}{1+\frac{v}{nc}}$$

Or  $b$  est très petit devant  $c$ , nous pouvons donc développer la fraction au premier ordre :

$$b' \approx (b + v) \left(1 - \frac{v}{nc}\right) = b + v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right), \text{ soit exactement le résultat observé par Fizeau en 1851.}$$

Ce résultat expérimental est une vérification directe du théorème d'addition des vitesses relativistes.

L'astronome amateur, confronté aux effets optiques de la turbulence atmosphérique, aimerait bien comparer cet effet Fizeau aux autres effets des fluctuations de densité dans un air turbulent. Avis aux amateurs !

## Conclusion

Nous avons continué ici la confrontation de tous les faits expérimentaux connus en optique et en électromagnétisme avec les principes de la microphysique (quantique) transactionnelle. Toujours aucune alerte, aucun démenti expérimental ne sont détectés, ici dans le chaînage bidirectionnel des causalités à travers un milieu réfringent de grande longueur optique. Y compris dans l'expérience de Fizeau en 1851.

## **Abstract**

Yet another probe of the coherence of the principles of the Transactional (Quantic) Microphysics with any known corpus of experimental facts, here the bidirectional chain of causalities in the propagation of photons (= individual waves) in a long refringent medium, especially in the Fizeau (1851) experiment.