

L'indice de réfraction

Autor(en): **Tani, Georges / Mercier, Robert**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **70 (1968-1970)**

Heft 330

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-276261>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

L'indice de réfraction

PAR

GEORGES TANI et ROBERT MERCIER

L'indice de réfraction peut être défini en optique de diverses façons selon que l'on traite le problème du passage d'un faisceau lumineux au travers de la surface qui sépare deux milieux optiques isotropes, du point de vue de l'optique géométrique (relation entre deux angles), de l'optique ondulatoire (quotient de deux célérités de phase) ou du point de vue quantique (interaction photon-matière).

La détermination précise de cette grandeur se heurte à des difficultés expérimentales qui ne permettent d'assurer qu'une précision limitée au résultat. En effet, les instruments courants (réfractomètres), utilisés pour la mesure de l'indice de réfraction absolu d'un liquide ou d'un solide ne fournissent guère plus de 5 chiffres caractéristiques. Il a paru donc intéressant de rechercher par quelles méthodes cette précision pouvait être améliorée de 10, voire de 100 fois. Il existe des méthodes permettant de comparer les indices de réfraction optique de deux liquides de compositions très voisines (taux d'eau lourde différents); l'une d'entre elles a été établie par DJURLE (1954).

Cette méthode constitue une application de l'interférométrie à trois faisceaux de Waisällä-Zernike.

Mais ces méthodes relatives ne permettent que la comparaison des derniers chiffres caractéristiques. Le problème de la détermination de la valeur absolue ou relative complète de n semble donc encore ouvert, d'où l'origine de ce travail.

Il convient tout d'abord de faire quelques remarques :

1. La propagation d'ondes lumineuses planes dans un milieu optique homogène est régie par l'équation de d'Alembert, et une justification de celle-ci peut être donnée en adoptant l'approximation des ondes électromagnétiques. Or, ces ondes sont également régies dans ce même milieu homogène (et supposé non absorbant) par les équations de Maxwell qui, outre les constantes ϵ_0 et μ_0 , contiennent deux facteurs qui caractérisent la matière en cause : sa permittivité ϵ et sa perméabilité magnétique μ .

Formellement ces quatre facteurs peuvent être remplacés par deux autres paramètres, la célérité (de phase) u , et la résistance d'onde R , définie par

$$R = \mu_o \cdot \mu \cdot u$$

Les équations de Maxwell deviennent alors

$$\begin{aligned} \text{rot } \vec{E} &= - \frac{R}{u} \frac{d\vec{B}}{dt} \\ \text{rot } \vec{B} &= + \frac{1}{Ru} \frac{d\vec{E}}{dt} \end{aligned}$$

Lors du passage d'une onde électromagnétique plane d'un premier milieu « vitreux » à un second, tous deux isotropes, la *géométrie* du transfert est déterminée par l'indice relatif de réfraction n_{12} défini par le quotient

$$n_{12} = \frac{u_1}{u_2}$$

tandis que les relations du *transfert énergétique* contiennent outre n_{12} , le quotient m_{12} des résistances d'onde

$$m_{12} = \frac{R_1}{R_2}$$

Rappelons que ce n'est que lorsque les perméabilités magnétiques des deux milieux sont pratiquement égales, que seul l'indice de réfraction reste déterminant et qu'alors les équations dites de Fresnel sont valables (MERCIER, 1942).

2. Dans tous les problèmes de transmission ondulatoire d'un milieu à un autre, il convient de préciser si l'épaisseur de la couche de passage qui sépare les deux milieux (et en est physiquement différente) est très petite ou non, en regard de la longueur d'onde λ de la lumière monochrome en cause.

Revenons à la mesure de n .

Une méthode généralement utilisée pour la détermination de l'indice relatif consiste à provoquer et à observer le phénomène de *réflexion totale* entre le milieu inconnu et un milieu standard. On sait en effet que, au voisinage de l'angle critique, l'intensité réfléchie à la surface de séparation peut varier rapidement avec l'angle d'incidence. Toutefois, cette variation, quoique rapide, reste continue et elle s'étend dans un domaine tel que l'angle limite ne peut être défini qu'à une demi-minute près. Cette imprécision expérimentale a pour corollaire une incertitude portant sur la 4^e décimale de n . Au surplus, cette incertitude est encore

plus grande lorsque les deux milieux contigus présentent une légère extinction.

Enfin, comme toute autre grandeur physique, l'indice de réfraction dépend de la température, aussi convient-il également pour que n soit défini à 10^{-6} près, que la température du milieu soit maintenue constante à 10^{-3} °C près.

La méthode de mesure mise en œuvre par les auteurs consiste à déterminer la valeur du chemin optique défini par deux plans de réflexion parallèle, l'ensemble constituant un interféromètre de Perrot-Fabry (P.-F.). Ce même interféromètre contient, dans une de ses parties, le liquide à étudier, et dans l'autre, l'atmosphère saturée de la vapeur de ce liquide (fig. 1).

Dans ce dispositif, l'indice de réfraction relatif au vide du milieu gazeux, peut être déterminé par ailleurs avec grande précision, en utilisant une des méthodes de comparaison relative (Jamin, Djurle, etc.). Il est clair que les variations de phase que subit le faisceau lumineux dans les réflexions sur les lames du P.-F., soit dans le gaz, soit dans le liquide restent inconnues, mais elles peuvent être éliminées du calcul en utilisant la méthode qui suit.

Celle-ci consiste à observer les deux systèmes d'interférence d'égale pente produite dans les deux parties du P.-F. et à compter le nombre des franges qui défilent en deux points fixes d'observation (par exemple dans le plan focal d'un objectif auxiliaire) lorsque le miroir mobile subit une translation de longueur mesurée avec précision.

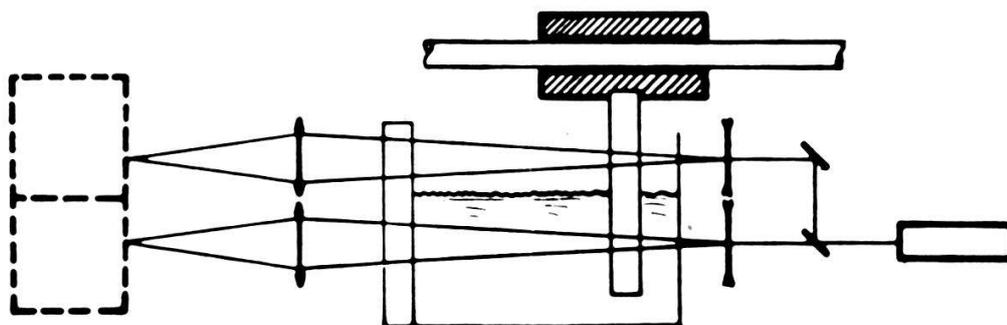
Les auteurs ont étudié les conditions d'observation de ces franges, il est évident que seule une source lumineuse à grande longueur de cohérence, un laser, est en mesure de fournir un faisceau lumineux assez intense pour permettre la mesure. Le mouvement du miroir doit être assez *lent* pour que les variations de densité optique provoquées dans le fluide par son écoulement, ne détruisent à aucun instant le phénomène d'interférence. Ce même mouvement doit maintenir le miroir mobile bien parallèle au miroir fixe pour la même raison.

Tout le dispositif doit être à l'abri des vibrations mécaniques qui produisent un mouvement irrégulier, aléatoire, des franges, ce qui constitue la partie principale du bruit. L'enregistrement et le comptage des franges sont opérés par voie électronique et cet enregistrement du mouvement des franges doit être tel que toute frange revenant en arrière sous l'effet du bruit, soit comptée négativement. Ce problème a été également étudié.

Un point doit être souligné : si l'on veut avoir une définition précise des franges qui sont circulaires, il faut les observer à une distance fixe et bien choisie de leur centre ; mais alors l'ordre (fractionnaire) de l'interférence au centre se déduit de l'ordre d'interférence au point

d'observation, par le calcul qui dépend de cet ordre et qui n'est pas le même dans les deux parties du P.-F.

Une première version du dispositif étudié par les auteurs a été montée, dans lequel la distance des miroirs du P.-F. pouvait varier de quelques millimètres à plus de 20 cm.



D'autres méthodes peuvent être préconisées pour la mesure des chemins optiques dans le milieu liquide. Par exemple, l'emploi de lumière polarisée circulant dans un interféromètre du type de Mach-Zehender.

En conclusion, la méthode préconisée par les auteurs semble fournir une solution au problème posé, solution qui ne peut être utilisée qu'en un lieu soustrait aux perturbations sismiques de toutes natures (trafics, vent, etc.).

PUBLICATIONS CITÉES

DJURLE, 1954 — Precision concentration analysis of D_2O/H_2O by means of phase contrast refractometry. *J. Opt. Soc. Am.*, 44, No. 6, p. 472-477.

MERCIER, R., 1942. — *Helv. Phys. Acta*, XV p. 515.

Manuscrit reçu le 23 mai 1969.