Mesure de l'effet piézooptique

Autor(en): **Mercier, R. / Martin, M.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **66 (1954-1957)**

Heft 295

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-274742

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

R. Mercier et M. Martin. — Mesure de l'effet piézooptique.

Laboratoire de Physique technique de l'Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne

(Séance du 13 février 1957)

L'effet piézooptique est la relation entre l'état de tension mécanique et l'indice de réfraction. Sa détermination peut donner des renseignements précieux sur la structure de certains milieux, ainsi que sur les forces de répulsion interioniques. Dans la technique, la connaissance des effets piézooptiques est à la base de la photoélasticité, dont l'emploi se généralise pour l'étude des contraintes et déformations sur des maquettes.

L'étude de cet effet se décomposera en celle de plusieurs relations, qui forment la chaîne suivante : relation entre tension mécanique (θ) et déformation (Δ), — puis entre déformation et constante diélectrique (ε), — et finalement entre constante diélectrique et indice de réfraction (n).

La première loi est linéaire : c'est la loi de Hooke. La seconde peut être linéarisée sans grand danger, vu que les déformations sont faibles et que la constante diélectrique varie peu autour de sa valeur à déformation nulle. La troisième loi s'exprime simplement, pour un milieu isotrope, par $\varepsilon = n^2$. Pour les cristaux, du fait de l'anisotropie du milieu, ces lois linéaires s'expriment de manière plus générale, c'est-à-dire sous forme tensorielle. Sans entrer dans des détails de calcul, on peut dire que la constante diélectrique, au lieu de s'exprimer par une seule grandeur, s'exprimera au moyen de 6 coefficients indépendants. Il en est de même pour la loi de Hooke. Il en résulte que la relation entre tensions mécaniques et constante diélectrique s'exprime au moyen d'un tenseur à 36 composantes. Heureusement, du fait des symétries des cristaux, le nombre des coefficients indépendants peut être réduit. On arrive à seulement 3 coefficients indépendants pour le système cubique, et à 8 pour le système hexagonal.

La réduction en question se fait en exprimant que les symétries de structure sont aussi des symétries pour les propriétés physiques.

A la lumière de ces considérations, le calcul nous conduit à la relation suivante :

$$\delta n = \frac{1}{2} n_0^3 \Gamma \theta$$

où δn est la variation d'indice de réfraction, n_0 l'indice de réfraction à l'état non sollicité, Γ le coefficient piézooptique, θ la contrainte.

Dans le cas des cristaux cubiques, les trois coefficients indépendants se mesurent dans les conditions suivantes : 1) effort normal à une face naturelle et champ électrique de la lumière parallèle à l'effort, 2) effort normal à une face naturelle et champ électrique perpendiculaire à l'effort, 3) le troisième cas doit mettre en œuvre des efforts tangentiels.

Avant de parler de la méthode de mesure, il conviendrait de dire quelques mots au sujet de la préparation des cristaux. Comme il est difficile d'en trouver sans imperfections dues au germe central, on est dans l'obligation de tailler des cristaux synthétiques parallèlement aux faces naturelles. Cette taille présente des difficultés dues à l'anisotropie du milieu, et souvent aussi à sa faible dureté. Nous sommes cependant parvenus à donner un poli excellent à des cristaux de chlorure d'argent très tendre, en utilisant de l'oxyde d'étain comme abrasif. Le travail se fait sur le plateau d'un tour à polir, recouvert de tissu fin. On prépare une pâte en mélangeant de l'abrasif avec de l'eau et de l'alcool. Au fur et à mesure que l'alcool s'évapore, la force de frottement augmente et le poli devient plus vif. Il y a cependant un optimum à ne pas dépasser.

D'après la relation précédemment établie, la mesure des coefficients piézooptiques se fera en mesurant une variation d'indice de réfraction, ou une variation de chemin optique. En effet, si n est l'indice de réfraction et e la longueur du trajet du rayon lumineux, dans le cristal, le chemin optique est par définition $d = ne$. Une variation de l'indice de réfraction δn provoquera une variation du chemin optique de $\delta d = e\delta n$. Mais la variation du chemin optique dépend aussi d'une autre cause : la variation de dimensions de l'échantillon sous l'effet de la tension mécanique appliquée. De sorte que la variation totale de chemin optique s'écrira :

$$\delta d = e\delta n + n\delta e$$

Il est nécessaire d'annuler le dernier terme, afin de connaître la variation absolue δn de l'indice. On y parvient en plaçant l'échantillon entre deux lames de verre à faces parallèles; entre l'échantillon d'indice n et ces lames, on intercale un liquide de même indice n. Le choix de ce liquide peut présenter quelques difficultés. Par exemple, pour les mesures faites sur le chlorure d'argent, il nous fallait un liquide d'indice de réfraction de 2,07. Un mélange de soufre et de phosphore dans l'iodure de méthylène convient.

Passons maintenant à la mesure proprement dite. La variation de chemin optique à mesurer est au plus de l'ordre de la longueur d'ondre. Pour faire cette mesure, nous avons utilisé l'interféromètre à trois faisceaux de B. Vittoz (1).

Nous formons l'image d'interférence de trois faisceaux parallèles et équidistants, le faisceau central subissant la variation de chemin optique à déterminer, et les deux autres faisceaux ayant le même chemin optique, constant.

On peut montrer qu'il existe une différence de chemin optique caractéristique entre le faisceau central et les faisceaux latéraux, pour laquelle l'image d'interférence garde le même aspect lors de l'obturation du faisceau central. La mesure se fait donc ici par la comparaison de deux images. C'est la méthode de Vaisala (2).

Il existe une autre méthode, plus sensible. En effet, on peut montrer que l'intensité du flux lumineux d'une partie de l'image d'interférence reste la même lors de l'obturation du faisceau central, si ce dernier a, par rapport aux faisceaux latéraux, une différence de marche caractéristique. Ici, la mesure du flux lumineux se fait avec une cellule photoélectrique et un galvanomètre. C'est la méthode de Vittoz (1), que nous avons utilisée pour nos recherches.

Donc, si nous avons entre le chemin optique du faisceau central et celui des faisceaux latéraux une différence inconnue, nous lui ajouterons artificiellement une certaine variation, jusqu'à obtenir la différence caractéristique que nous pouvons reconnaître par l'égalité des flux, comme nous venons de le voir. Si l'observation de l'image d'interférence se fait au moyen d'un microscope, cette variation artificielle peut être produite par un défaut de mise au point du microscope.

La sensibilité de l'appareil permet d'évaluer un millième de longueur d'onde. En général, ce qui a limité la sensibilité lors de nos mesures était la répartition inhomogène des contraintes dans l'échantillon. A ce point de vue, les meilleurs

résultats furent obtenus en transmettant les pressions par l'intermédiaire de plaquettes de presspan, exemptes de fluage.

Nous donnons ici les résultats de mesures faites sur la silice fondue. Des questions de protection de la surface des

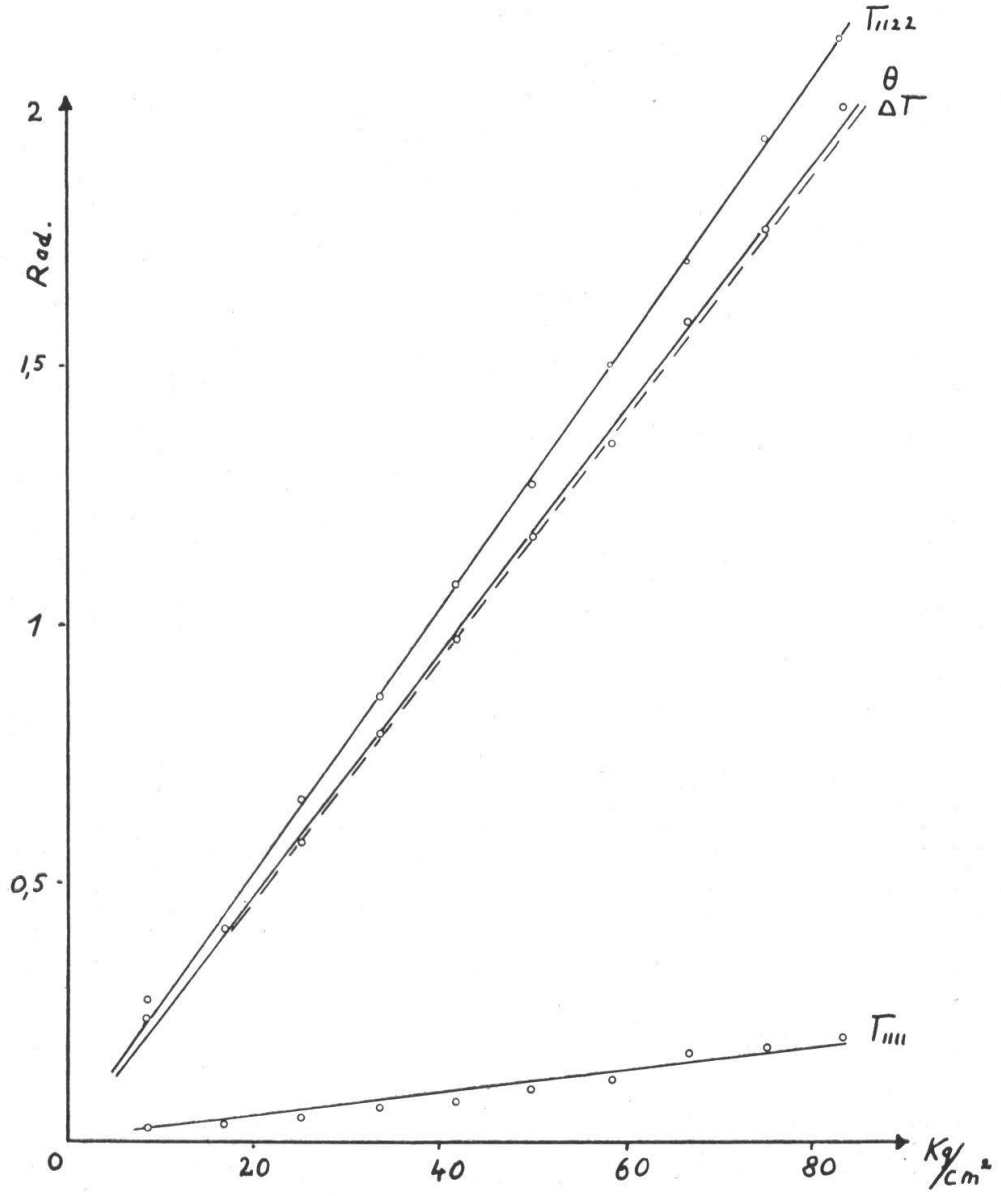

FIG. 1. — Effet piézooptique de la silice fondue.

Coefficient Γ_{1111} Effort normal à une face naturelle et champ électrique de la lumière parallèle à l'effort.

» Γ_{1122} Effort normal à une face naturelle et champ électrique de la lumière perpendiculaire à l'effort.

» θ Mesure de la biréfringence par polarimétrie.

» $\Delta\Gamma$ Biréfringence déterminée à l'aide des coefficients Γ (contrôle).

cristaux ioniques (AgCl par exemple) sont encore à l'étude, et de la solution de ce problème dépend la possibilité de faire des mesures sur de tels cristaux.

BIBLIOGRAPHIE

1. VITTOZ, B. — Nouvelle méthode de mesure directe de l'effet piézooptique, Thèse EPUL (Lausanne 1956), — ou
VITTOZ, B. — *Revue d'Optique,* t. 35, p. 253-291, p. 468-480 (1956).
2. VAISALA, Y. — *Ann. Univ. Fennicae Aboensis,* A. t. *1,* 131 (1922).