



**HAL**  
open science

## Mesure, par réflectométrie à 35 GHz, des permittivités principales de milieux anisotropes uniaxes et biaxes absorbants

A. Charru, A. Bretenoux, A. Duhau

► **To cite this version:**

A. Charru, A. Bretenoux, A. Duhau. Mesure, par réflectométrie à 35 GHz, des permittivités principales de milieux anisotropes uniaxes et biaxes absorbants. *Revue de Physique Appliquée*, 1971, 6 (2), pp.203-205. 10.1051/rphysap:0197100602020300 . jpa-00243526

**HAL Id: jpa-00243526**

**<https://hal.science/jpa-00243526>**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# MESURE, PAR RÉFLECTOMÉTRIE A 35 GHz, DES PERMITTIVITÉS PRINCIPALES DE MILIEUX ANISOTROPES UNIAXES ET BIAxes ABSORBANTS

par A. CHARRU, A. BRETENOUX et A. DUHAU

Laboratoire d'Optique Ultra-Hertziennne, Faculté des Sciences de Bordeaux

**Résumé.** — On décrit une méthode de mesure des trois permittivités principales complexes de milieux anisotropes absorbants : pour une vibration perpendiculaire au plan d'incidence, on mesure le pouvoir réflecteur d'un dioptre plan convenablement choisi.

**Abstract.** — A method to measure the three principal complex permittivities of anisotropic absorbing medium is described. We measure the reflectivity of a suitable plane for a perpendicular component to the plane of incidence.

**I. Introduction.** — Nous avons précédemment développé une méthode de mesure à l'air libre des permittivités de corps isotropes absorbants portés à haute température (1 200 °C) en déterminant l'incidence principale et l'ellipticité de la vibration réfléchie à cette incidence [1]. Cette méthode n'est plus applicable dans le cas de corps anisotropes car, d'une part la permittivité varie en général avec l'incidence, et d'autre part les permittivités pour deux vibrations rectilignes parallèle et perpendiculaire au plan d'incidence sont différentes. Nous allons cependant montrer qu'il est possible de mesurer les trois permittivités principales complexes par une méthode réflectométrique [2]. A notre connaissance, deux autres méthodes réflectométriques ont été proposées assez récemment dans le domaine visible [3], [4].

**II. Principe de la mesure.** — On mesure expérimentalement le pouvoir réflecteur et on en déduit, par calcul, la permittivité.

La figure 1 montre l'allure des courbes de variation

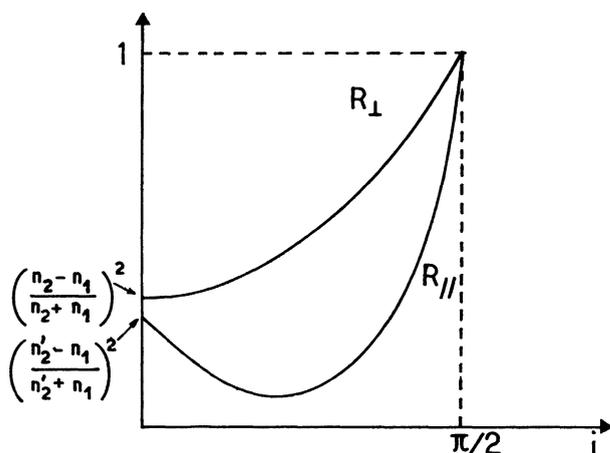


FIG. 1. — Pouvoir réflecteur d'un milieu anisotrope en fonction de l'incidence dans le cas de vibrations perpendiculaire et parallèle ( $n_2$  et  $n'_2$  sont les indices principaux dans le plan du dioptre).

des pouvoirs réflecteurs  $R_{\perp}$  et  $R_{\parallel}$  en fonction de l'incidence. Ces courbes montrent qu'il est préférable d'utiliser la vibration perpendiculaire au plan d'incidence car, dans le cas d'une vibration parallèle, deux incidences différentes peuvent donner le même pouvoir réflecteur.

La figure 2 montre un huitième de la surface des indices d'un milieu biaxe. Supposons que le dioptre

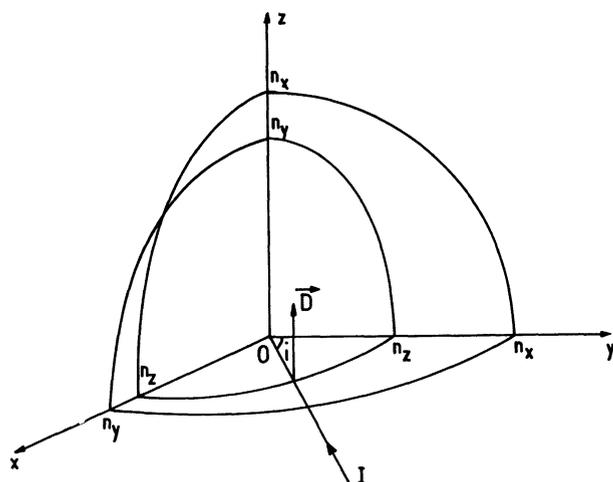


FIG. 2. — Utilisation de la surface des indices d'un milieu biaxe pour la recherche des conditions expérimentales.

plan limitant le milieu anisotrope soit parallèle au plan  $xOz$  et qu'un rayon  $I$  arrive sous l'incidence  $i$ . D'après les propriétés bien connues [5], la vibration  $D$  (perpendiculaire au plan d'incidence) se propage avec l'indice  $n_z$  et cela quelle que soit l'incidence : le milieu se comporte donc comme s'il était isotrope. Pour trois orientations convenables de l'échantillon, il est donc possible de mesurer les trois permittivités principales.

**III. Dispositif de mesure.** — L'appareillage déjà décrit [1] a été utilisé mais en disposant le cornet émetteur de telle manière que la vibration incidente soit bien perpendiculaire au plan d'incidence ; on n'utilise alors qu'une seule branche du duplexeur de polarisation pour la mesure de  $R_{\perp}$ .

Cependant, il est indispensable de vérifier que le plan du dioptre est bien parallèle à l'un des plans de symétrie de la surface des indices. S'il n'en était pas ainsi, la vibration  $D$  aurait, dans le plan  $xOy$ , une composante qui se réfléchirait avec un indice compris entre  $n_x$  et  $n_y$  et une phase variant avec l'incidence : la vibration totale réfléchie serait alors elliptique. Une telle ellipticité étant mesurable grâce au duplexeur de polarisation (qui permet d'apprécier des ellipticités de l'ordre de la minute d'arc) nous avons pu contrôler avec soin la position de l'échantillon.

Enfin, sur la face utilisée, il est facile de déterminer les deux directions principales : en effet, si, à incidence constante, on fait tourner l'échantillon autour de  $Oy$  par exemple, l'indice qui intervient varie et la variation du pouvoir réflecteur, en fonction de la rotation, présente deux axes de symétrie qui sont les directions  $Ox$  et  $Oz$ .

**IV. Calcul des permittivités principales.** — A partir des formules de Fresnel, on obtient aisément l'expression théorique du pouvoir réflecteur [2].

$$R_{\perp} = \frac{\cos^2 i + \sqrt{(\varepsilon' - \sin^2 i)^2 + \varepsilon''^2} - 2 \cos i \sqrt{\frac{\varepsilon' - \sin^2 i + \sqrt{(\varepsilon' - \sin^2 i)^2 + \varepsilon''^2}}{2}}}{\cos^2 i + \sqrt{(\varepsilon' - \sin^2 i)^2 + \varepsilon''^2} + 2 \cos i \sqrt{\frac{\varepsilon' - \sin^2 i + \sqrt{(\varepsilon' - \sin^2 i)^2 + \varepsilon''^2}}{2}}}$$

Pour calculer les deux inconnues  $\varepsilon'$  et  $\varepsilon''$ , il suffit de mesurer  $R_{\perp}$  pour deux incidences distinctes. En fait, nous avons calculé, à l'aide d'un ordinateur, dix valeurs de la permittivité pour dix couples de points expérimentaux correspondant à des incidences variant de  $50^{\circ}$  à  $70^{\circ}$  par sauts de  $5^{\circ}$ . Les dix valeurs obtenues, tant pour  $\varepsilon'$  que pour  $\varepsilon''$ , sont légèrement dispersées et on en fait une moyenne arithmétique. La valeur moyenne  $\varepsilon_m$  obtenue peut alors être portée dans la formule ci-dessus et il est possible de tracer la courbe théorique correspondante du pouvoir réflecteur en fonction de l'incidence (courbes en traits pleins de la Fig. 3). S'il existe un léger écart systématique entre cette courbe et les points expérimentaux, on refait le calcul théorique pour des valeurs de  $\varepsilon$  très voisines de  $\varepsilon_m$  jusqu'à l'obtention d'un accord optimal : cela revient indirectement à pondérer les valeurs expérimentales. Cette méthode d'affinement conduit à une incertitude de l'ordre de  $10^{-3}$  pour  $\varepsilon'$  et  $5 \times 10^{-3}$  pour  $\varepsilon''$ .

Nous avons contrôlé la méthode en mesurant l'anisotropie de blocs de papier qui sont des milieux biaxes avec une forte anisotropie et un fort dichroïsme dans le sens perpendiculaire aux feuilles. Voici, par exemple,

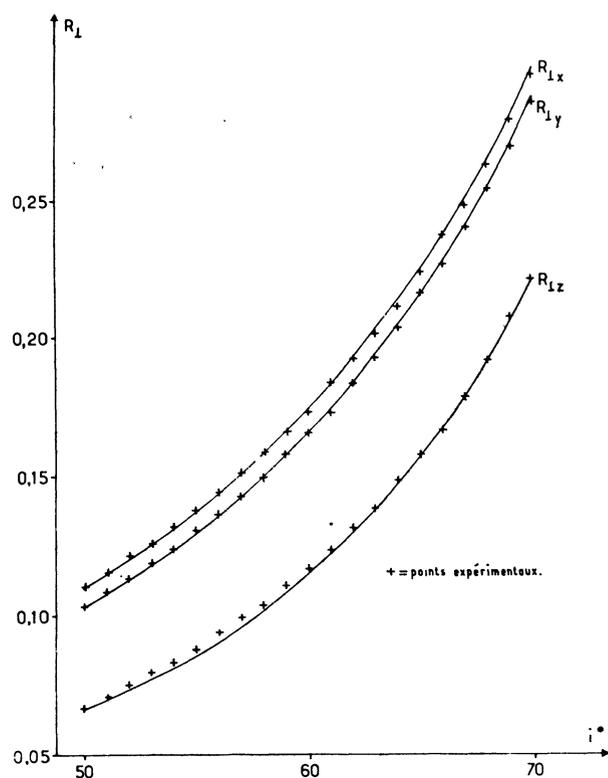


FIG. 3. — Pouvoir réflecteur en fonction de l'incidence : points expérimentaux et courbes calculées pour trois orientations d'un milieu biaxe (bloc de papier).

des valeurs obtenues (au taux d'humidité ambiante) pour un échantillon de papier commercial, à partir des valeurs expérimentales représentées sur la figure 3 :

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= 2,093 - j 0,466 \\ \varepsilon_y &= 2,017 - j 0,460 \\ \varepsilon_z &= 1,671 - j 0,330 . \end{aligned}$$

Le carton d'amiante, au contraire, se présente comme un milieu uniaxe :

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 &= 3,085 - j 1,150 \\ \varepsilon_e &= 2,530 - j 0,980 . \end{aligned}$$

**V. Conclusion.** — L'avantage de cette méthode sur les méthodes guidées habituelles est essentiellement de pouvoir agir directement sur l'échantillon au cours de la mesure. Non seulement on peut le porter à haute température mais on peut aussi exercer sur lui des actions mécaniques. En particulier, nous étudions actuellement la biréfringence et le dichroïsme d'étirement de caoutchoucs et de latex : la déformation des sphérules conduit à des effets très notables et nous publierons prochainement nos résultats.

**Bibliographie**

- [1] CHARRU (A.), BRETELOUX (A.), SARREMEJEAN (A.) et URBAIN (G.), *Rev. de Phys. Appl.*, 1969, **4**, n° 1, 37-41.
- [2] DUHAU (A.), Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Bordeaux, janvier 1970.
- [3] HUNTER (W. R.), *J. Opt. Soc. Amer.*, 1965, **55**, n° 10, I, 1197-1204.
- [4] MOSTELLER (L. P.) et WOOTEN (F.), *J. Opt. Soc. Amer.*, 1968, **58**, n° 4, 511-18.
- [5] BRUHAT (G.) et KASTLER (A.), *Optique*, Masson, 6<sup>e</sup> édition, 458.
-