Réalisation d'un polarimètre hertzien pour la bande des 35 GHz

J. Lissayou

► To cite this version:

J. Lissayou. Réalisation d'un polarimètre hertzien pour la bande des 35 GHz. *Revue de Physique Appliquée*, 1978, 13 (7), pp.380-382. 10.1051/rphysap:01978001307038000 . jpa-00244463

HAL Id: jpa-00244463

<https://hal.science/jpa-00244463>

Submitted on 1 Jan 1978

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.

Classification
Physics Abstracts
76.30

RÉALISATION D'UN POLARIMÈTRE HERTZIEN POUR LA BANDE DES 35 GHz

J. LISSAYOU

Laboratoire d'Optique Ultra-Hertzienne, Université de Bordeaux I,
351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex, France

(Reçu le 30 janvier 1978, révisé le 17 mars 1978, accepté le 24 mars 1978)

Résumé. — Les difficultés de réalisation des différents composants hyperfréquences constitutifs avaient empêché, jusqu'à présent, la construction de polarimètres hertziens pour la bande des 8 mm malgré l'intérêt présenté *a priori* par les mesures à cette fréquence : effets magnéto-hertziens importants et pouvoir de résolution accru.

Grâce à des techniques d'électroformage et d'électroérosion, à un montage rigoureux des différents éléments et à l'utilisation de techniques hyperfréquences appropriées, l'auteur a pu réaliser un polarimètre à sonde tournante réalisant une précision de pointés d'une minute.

Un exemple de mesure d'effet Cotton-Mouton-Voigt (MnF_2) est fourni.

Abstract. — Up to now, the difficulties for realizing the various components had prevented the construction of microwave polarimeters for the 8 mm band, in spite of the interest for measurements in this band : strong magneto-microwave effects and increased resolution power.

Owing to electroforming and electroerosion techniques, an accurate fitting of the various components, and the use of convenient measurement techniques, one has built a microwave polarimeter with a single probe rotating analyser. The pointing accuracy is about one minute.

An example of measurement is supplied (Cotton-Mouton Voigt effect of MnF_2).

1. Introduction. — Les effets magnéto-hertziens associés à la Résonance Paramagnétique Electronique (RPE) ont été prévus par Kastler [1]. Mis en évidence et mesurés par de nombreux physiciens, ils ont fait l'objet ces dernières années, de nombreux travaux (Refs. [2-5]). Pour des raisons de commodité, les mesures ont surtout été effectuées aux longueurs d'onde de 10 et 3 cm et exceptionnellement à 1 cm pour l'effet Faraday [6] au moyen de polarimètres utilisant comme analyseurs des sondes tournantes ou des transitions *turnstile* [4].

Comme la grandeur des effets magnéto-hertziens varie proportionnellement au carré de la fréquence, à longueur et masse volumique d'échantillon égales, il était intéressant d'étendre les mesures à la bande millimétrique. Mais cette gamme exige une grande précision mécanique en raison des faibles dimensions des guides. Leur circularité doit être parfaite et leur section rigoureusement constante. Les transitions rectangulaires-circulaires coupant toute transmission des modes supérieurs à TE_{11} n'existent pas dans le commerce. A cette longueur d'onde les réflexions et les biréfringences parasites s'exagèrent, l'inhomogénéité des diélectriques utilisés pour l'adaptation des échantillons est gênante et la réalisation de champs magnétiques statiques stables et homogènes devient plus délicate.

J'ai été amené à réaliser, compte tenu de ces difficultés, un polarimètre susceptible de s'adapter à la fois aux mesures d'effet Faraday et d'effet Cotton-Mouton-Voigt. Je décrirai ici la réalisation de ce polarimètre avec champ transverse (effet Cotton-Mouton-Voigt).

2. Description du polarimètre. — La rotation α du plan de polarisation de la vibration incidente (mode TE_{11}) après traversée d'un milieu biréfringent est mesurée par encadrement du minimum à l'aide d'une sonde tournante (ST) associée à un tosmètre (T). L'ellipticité β s'obtient par la méthode du minimum doublé [7]. L'onde hyperfréquence (Fig. 1) produite par un klystron (K) est stabilisée en fréquence sur une cavité pilote C (ondemètre 6T31-LMT), réglée en puissance par des atténuateurs variables (AV) et découplée par des isolateurs à ferrite (U).

L'amplificateur sélectif du tosmètre exige une modulation à 1 000 Hz de l'onde. Pour ne pas perturber le

FIG. 1. — Schéma du polarimètre hertzien.

[Schematic of the microwave polarimeter.]

fonctionnement de la stabilisation par une modulation du réflex, on module directement le faisceau micro-onde après stabilisation au moyen d'un modulateur à ferrite (M). Un commutateur manuel à 2 voies (CM) envoie la puissance hyperfréquence soit vers le montage polarimétrique proprement dit, soit vers la branche de contrôle d'adaptation des échantillons. La grandeur de l'effet Cotton-Mouton-Voigt étant maximum lorsque le champ statique est à 45° de la direction de la vibration incidente, une torsade à 45° (TW) est intercalée dans la branche principale. Le passage des guides rectangulaires standard (mode TE_{01}) aux guides circulaires (TE_{11}) constituant les branches de mesure et d'adaptation, s'effectue au moyen de transitions rectangulaires-circulaires (TRC) électroformées réalisées au laboratoire [8]. Après de nombreux essais de différentes techniques de fabrication, j'ai utilisé des guides circulaires de diamètre intérieur $(6,006 \pm 0,002)$ mm et de longueur 150 mm réalisés dans les ateliers de la Société GAME à Cenon par électro-érosion [9] dans des rondins de laiton de 45 mm de diamètre épaulés à 20 mm dans leur partie centrale pour permettre leur passage dans l'entrefer de l'électro-aimant (EA). Les faces sont rectifiées et le parallélisme réalisé à 0,01 mm près (Fig. 2).

Cette technique permet en outre un alignement correct des axes des différents éléments qui sont

FIG. 2. — Élément de guide circulaire tournant (a) entre deux éléments de guides circulaires fixes (b) ; bague de centrage coulissante (c).

[Circular rotating waveguide (a) between two parts of fixed circular waveguide (b) ; Centring ring (c).]

solidarisés et fixés sur un banc d'optique. L'ellipticité des guides ainsi réalisés est inférieure à $10'$ d'arc. Les joints coulissants et tournants sont réalisés au moyen de bagues en laiton longues et épaisses coulissant sur les épaulements.

Les réflexions parasites sont minimisées en adaptant l'échantillon (E) au moyen de lames quart d'onde anti-réflète. L'inhomogénéité des diélectriques industriels rendant la plupart d'entre eux inutilisables à 35 GHz, l'échantillon est comprimé dans une matrice à la presse hydraulique, démoulé, placé entre deux lames quart d'onde puis introduit par glissement dans le guide d'onde. La pression (quelques centaines de kg/mm^2) est modifiée jusqu'à ce que le TOS résiduel dans le guide soit inférieur à 1,07 pour une valeur disponible de constante diélectrique des lames quart d'onde. On s'affranchit des effets des réflexions parasites résiduelles par moyennisation en déplaçant, au moyen d'un micromètre de profondeur, l'échantillon de $\lambda_{og}/4$ dans le guide [10] et en faisant la moyenne des mesures pour les deux positions.

La terminaison adaptée (TA) placée derrière la sonde tournante est constituée par un cône très effilé en « Disaral B ». Sa longueur ($120 \text{ mm} \approx 8 \lambda_{go}$) assure un TOS résiduel très faible (1,03) dans la ligne.

Le champ statique est produit par un électro-aimant Beaudouin (entrefer 26 mm, pièces polaires $\Phi = 110 \text{ mm}$) alimenté par une alimentation Fontaine 40 A-130 V stabilisée à 2×10^{-5} en courant. La stabilité et l'homogénéité du champ sont contrôlées au moyen d'un fluxmètre nucléaire Varian F8 associé à un fréquencesmètre HP 5245 L. L'inhomogénéité du champ dans le domaine occupé par l'échantillon (6 mm de diamètre, 30 mm de longueur) ne dépasse pas ± 2 gauss pour un champ de résonance de l'ordre de 12 600 gauss.

Le polarimètre a été utilisé pour l'étude de substances paramagnétiques donnant des effets compris entre $20'$ d'arc et 12° .

3. Exemple de mesure. — Afin de donner une idée de la précision obtenue, je décrirai mes résultats sur l'effet Cotton-Mouton-Voigt du MnF_2 . J'ai réalisé quatre échantillons de même masse volumique remplissant toute la section du guide. L'adaptation (TOS moyen égal à 1,06) est réalisée au moyen de lames quart d'onde de constante diélectrique égale à 1,83 ($\lambda_g/4 = 1,97 \text{ mm}$).

La figure 3 montre les courbes de rotations (α) et d'ellipticités (β) obtenues en fonction du champ statique et la figure 4 les diagrammes (α, β) correspondants. On a porté à l'intérieur du cercle de plus grand diamètre le paramétrage théorique en gauss qui coïncide à mieux de 0,2 % avec les valeurs expérimentales du champ portées à l'extérieur. On vérifie que ces diagrammes sont parfaitement circulaires et homothétiques conformément aux prévisions théoriques de Y. Servant [11]. Le facteur de déflexion

FIG. 3. — Courbes de rotations (α) et d'ellipticités (β) obtenues pour 4 échantillons de longueurs : (a) : 2,26 mm. (b) : 2,82 mm. (c) : 3,66 mm. (d) : 5,28 mm.

[Plots of rotation (α) and ellipticity (β) for 4 samples measuring : (a) : 2.26 mm. (b) : 2.82 mm. (c) : 3.66 mm. (d) : 5.28 mm.]

expérimental $D_{\text{exp}} = |\beta_{\text{min}}/\beta_{\text{max}}| = 0,87$ est en accord avec la valeur théorique $D_{\text{th}} = 0,89$.

Les mesures en 8 mm étant originales, nous précisons les caractéristiques de l'effet Cotton-Mouton-Voigt observé :

— largeur à mi-hauteur égale à (465 ± 5) gauss,

FIG. 4. — Diagrammes (α , β) d'effet Cotton-Mouton-Voigt obtenus pour les échantillons (a), (b), (c) et (d).

[Circular plots (α , β) of Cotton-Mouton-Voigt effect.]

— valeur du facteur g correspondant au champ de rotation maximum $H_r = (12\,592 \pm 10)$ gauss à la fréquence $f = 35\,442$ MHz : $g = (2,009 \pm 0,002)$.

Ces résultats sont en accord avec les largeurs et valeurs de g relevées au spectromètre Hilger et Watts (35 GHz) ou à d'autres fréquences [12].

4. Précision des mesures. — On notera qu'en bande Q la précision absolue des pointés est de l'ordre de la minute (au lieu de la $\frac{1}{2}$ minute pour les montages en bande X) mais, comme les effets mesurés sur les mêmes substances sont considérablement plus grands, on gagne finalement en précision relative : rotations et ellipticités peuvent être mesurées à mieux de 5/1 000.

5. Conclusion. — L'adjonction de ce nouveau polarimètre pour la bande Q aux polarimètres déjà existants pour les bandes X et S permet d'étudier la dépendance en fréquence des effets magnéto-hertziens associés à la RPE, notamment dans le cas des sels présentant l'effet 10/3 et des sels anisotropes en poudres polycristallines.

Bibliographie

- [1] KASTLER, A., *C. R. Acad. Sci.* **228** (1949) 1640, *C. R. Hebd. Séan. Acad. Sci.* **231** (1950) 1462.
- [2] GOZZINI, A., *Electronic Magnetic Resonance and Solid Dielectrics*, Proc. 12th Coll. Ampere, Bordeaux 1963 (North Holland, Amsterdam) 1964, p. 82.
- [3] RAOULT, G., *Magnetic Resonance and related phenomena*, Proc. 17th Congr. Ampere, Turku, 1972 (North Holland, Amsterdam) 1973, p. 79.
- [4] SERVANT, Y., *Magn. Reson. Rev.* **4** (1975) 1.
- [5] SERVANT, Y., *Physica* **89B** (1977) 280 et **92B** (1977) 264.
- [6] SOUTIF-GUICHERD, J., *Ann. Telecommun.* **13** (1958) 169 et 222.
- [7] SERVANT, Y., Thèse Doct. Sci. Phys., Bordeaux, 1968, n° 219.
- [8] RAOULT, G., *Les Ondes Centimétriques* (Masson) 1958, p. 146.
- [9] MAILLET, A., *Techniques de l'Ingénieur*, Paris, B 2010 (12-1966).
- [10] BOUWKNEGT, A. et VOLGER, J., *Physica* **30** (1964) 116.
- [11] SERVANT, Y., *C. R. Hebd. Séan. Acad. Sci.* **268** (1969) 556.
- [12] BISSEY, J. Cl., Thèse Doct. Sci. Phys., Bordeaux, 1976, n° 521.

Commission paritaire N° 57.920