

Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 13 (1960)
Heft: 9: Colloque Ampère

Artikel: Orientation cristalline de monocristaux de grenat par résonance magnétique
Autor: Cagan, Vladimir
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-738589>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Orientation cristalline de monocristaux de grenat par résonance magnétique.

par Vladimir CAGAN

Laboratoire de Magnétisme et de Physique du Solide du C.N.R.S.,
Bellevue, (Seine-et-Oise).

L'étude des propriétés gyromagnétiques de monocristaux de ferrite ou de grenat, qui prend actuellement une grande importance, nécessite la connaissance de l'orientation cristalline des échantillons monocristallins étudiés.

Nous avons pensé qu'il était intéressant d'utiliser les propriétés de résonance de ces monocristaux pour les orienter et éviter ainsi l'utilisation des rayons X.

L'orientation cristalline est obtenue uniquement par des mesures du champ de résonance effectuées dans une cavité résonnante et avec un support d'échantillon qui seront utilisés pour les mesures ultérieures.

Le fait que l'échantillon soit orienté sur le support qui servira ensuite aux mesures gyromagnétiques est très important, car on évite ainsi les erreurs dues au transfert de l'échantillon entre deux supports.

La méthode que nous proposons peut donner une précision analogue à celle d'une orientation aux rayons X, à condition que la raie de résonance de l'échantillon soit assez étroite. Il faut en effet déterminer les champs de résonance rapidement et avec une bonne précision. Les monocristaux de grenat d'yttrium représentent un matériau de choix pour ce type de mesure, mais des échantillons ayant des largeurs de raie bien plus importantes sont encore utilisables.

D'autre part, l'orientation complète, bien que nécessitant environ 360 points de mesure, peut être effectuée en un temps beaucoup plus court qu'une orientation aux rayons X, surtout si l'on tient compte des différentes opérations annexes que nécessite cette dernière méthode.

PRINCIPE DE L'ORIENTATION

Nous nous sommes limités pour l'instant à l'étude des monocristaux du système cubique, mais la méthode est utilisable dans tous les cas où l'on connaît les conditions de résonance.

Pour un monocristal du système cubique, l'étude des conditions de résonance [1, 2] conduit aux trois relations suivantes, valables pour un échantillon sphérique et en supposant la constante d'anisotropie du second ordre K_2 négligeable:

$$\frac{\omega^2}{\gamma^2} = \left(H_{100} + \frac{2K_1}{M} \right)^2 \quad (1)$$

$$\frac{\omega^2}{\gamma^2} = \left(H_{110} + \frac{K_1}{M} \right) \left(H_{110} - \frac{2K_1}{M} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\omega^2}{\gamma^2} = \left(H_{111} - \frac{4}{3} \frac{K_1}{M} \right)^2 \quad (3)$$

où H_{100} est le champ de résonance dans la direction [100], K_1 la constante d'anisotropie du premier ordre, M l'aimantation, ω la pulsation de l'onde haute fréquence et γ le rapport gyromagnétique.

On peut donc prévoir que le champ de résonance sera maximal dans les directions de difficile aimantation $\langle 100 \rangle$ et minimal dans les directions de facile aimantation $\langle 111 \rangle$.

En pratique, il s'agit donc de repérer les directions suivant lesquelles le champ de résonance est minimal ou maximal.

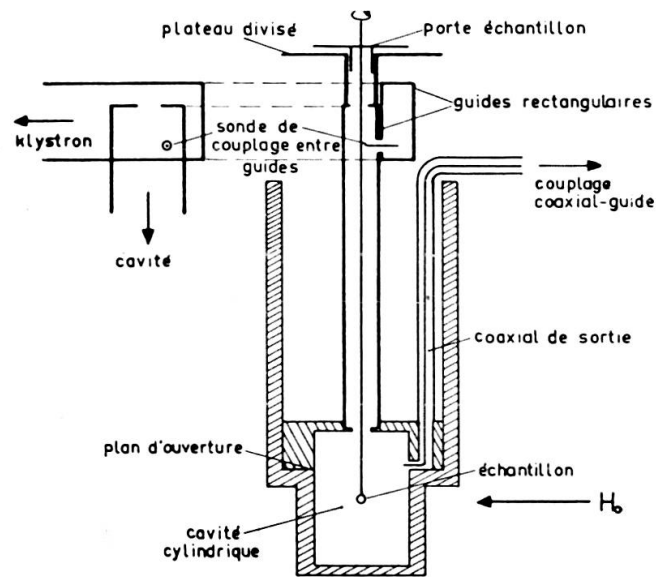


Fig. 1.

TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE

Le moyen le plus sûr de repérer les extrémums du champ de résonance consiste à explorer systématiquement toutes les directions. La cavité

résonnante que nous avons utilisée est schématisée sur la figure 1; elle résonne à 9 175 MHz dans le mode TE_{112} et a été étudiée spécialement pour les mesures à température variable.

Cette cavité travaille par transmission, le couplage de sortie se faisant par une antenne électrique elle-même couplée à un guide d'onde.

Le champ magnétique continu est fourni par un électro-aimant Varian.

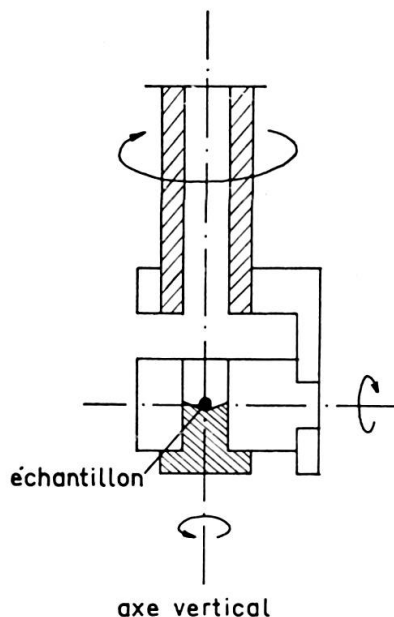
L'échantillon, fixé sur un support permettant trois rotations perpendiculaires entre elles, est introduit dans la cavité sans aucune modification mécanique de celle-ci. L'ensemble du porte-échantillon, fixé à un tube de quartz, passe au travers de l'iris de couplage. Le passage de cet ensemble a été dégagé en utilisant un couplage par sonde de deux guides d'ondes perpendiculaires.

La rotation autour de l'axe vertical peut donc être commandée de l'extérieur, même lorsque la cavité est plongée dans un bain à température variable.

Un « thermocoax » de 0,5 mm de diamètre peut être introduit dans le tube de quartz jusqu'à 1 mm de l'échantillon. L'introduction de ce thermocouple ne produit qu'une perturbation négligeable de la cavité; il peut donc être laissé en permanence, à la précision de nos mesures. La cavité comporte des diaphragmes et des ajutages permettant de travailler sous atmosphère contrôlée en légère surpression.

Le mode opératoire est donc le suivant: en utilisant deux des trois mouvements de rotation disponibles, on mesure le champ de résonance, de 10° en 10° , dans tout l'angle solide correspondant à une demi-sphère, étant entendu que les deux sens d'une même direction sont équivalents. Les valeurs de H_r ainsi mesurées sont reportées sur une projection stéréographique (fig. 2). On peut alors facilement identifier les directions $\langle 100 \rangle$ avec les trois maximums et les directions $\langle 111 \rangle$ avec les quatre minimums de H_r . On remarquera sur la figure 2 que les écarts angulaires entre ces maximums et ces minimums sont très voisins des valeurs théoriques.

L'orientation du cristal étant alors repérée, on peut, à l'aide des mouvements de rotation intérieurs à la cavité, disposer le cristal de manière à explorer toutes les directions de n'importe quel plan cristallographique au



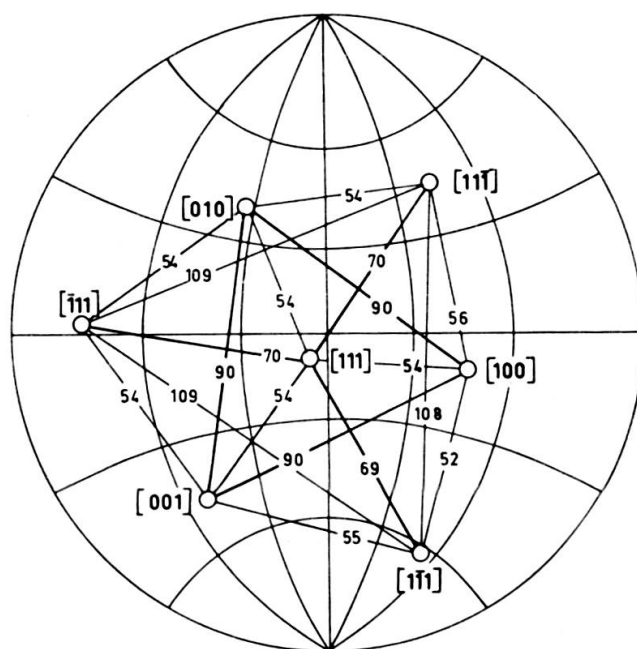
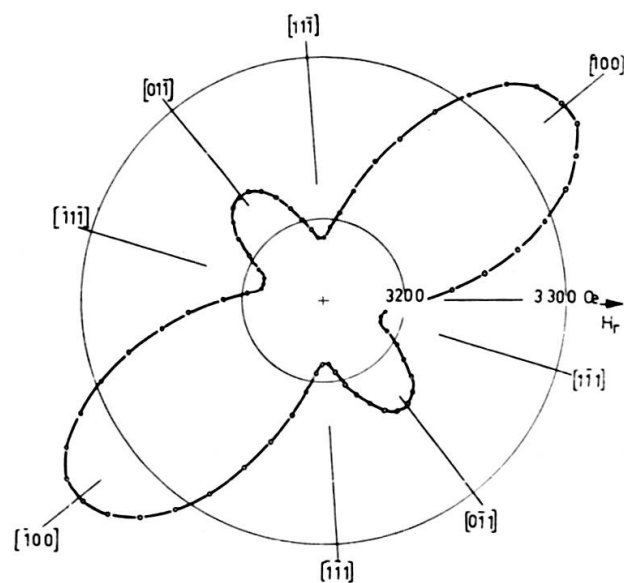


Fig. 2.



PLAN (011)

Fig. 3.

moyen de la rotation commandée de l'extérieur. Par exemple, sur la figure 3 on a reporté les variations de H_r dans le plan (011) pour un monocristal de grenat d'yttrium, à température ambiante.

L'orientation proprement dite a été évidemment effectuée à température ambiante. Cette orientation étant déterminée définitivement, on peut alors mesurer, en fonction de la température, les variations de H_r suivant des directions d'un même plan qui sont repérées sur le plateau gradué.

Si l'on ne désire effectuer que des mesures à température ambiante, il est plus précis et plus commode d'utiliser la cavité tournante, mise au point par A.-J. Berteaud, qui est schématisée sur la figure 4. Dans cette cavité,

SCHÉMA DE LA CAVITÉ TOURNANTE TE_{112}

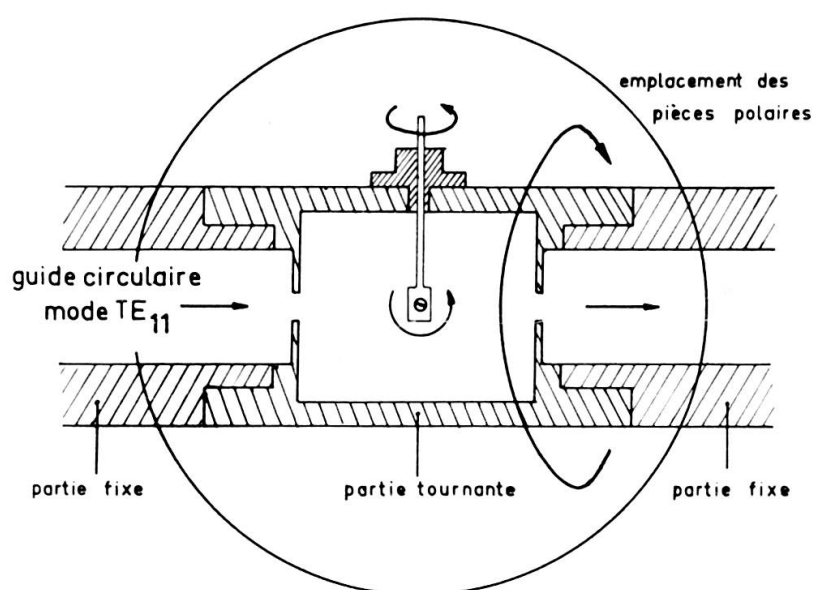


Fig. 4.

les deux rotations utilisées pour la mesure systématique de H_r sont commandées de l'extérieur et repérées avec précision sur un tambour et un plateau gradués.

APPLICATION A LA MESURE DE g

Les relations 1 et 3, compte tenu de la relation connue entre g et γ , permettent de calculer g en fonction de H_{100} et H_{111} . Il est aussi possible de calculer $\frac{K_1}{M}$ en fonction des mêmes données. Par exemple, les valeurs de H_r tirées de la figure 3 conduisent à :

$$g = 2,01 \pm 0,001$$

$$\frac{K_1}{M} = -46 \pm 0,5 \text{ ergs/cm}^3 \text{ gauss.}$$

La relation 2 est alors vérifiée à $1,5^0/_{00}$ près.

Il est facile de déterminer les variations de g et de $\frac{K_1}{M}$ en fonction de la température, puisqu'à chaque température, il suffit de mesurer H_{100} et H_{111} , mesures qui sont très rapides. A titre d'exemple, nous donnons, figure 5, les variations de g et de $\frac{K_1}{M}$ pour l'échantillon de la figure 3.

Ces valeurs sont bien reproductibles sur des échantillons différents, à condition qu'ils soient de haute pureté, et sont en accord avec celles publiées par d'autres auteurs [3, 4].

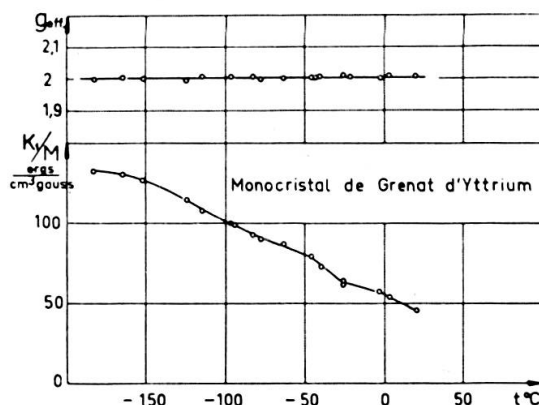


Fig. 5.

BIBLIOGRAPHIE

1. KITTEL, C., *Phys. Rev.*, **73**, 155 (1948).
2. DILLON JR., J. F., S. GESCHWIND, V. JACCARINO, *Phys. Rev.*, **100**, 750 (1955).
3. DILLON JR., J. F., *Phys. Rev.*, **105**, 759 (1957).
4. LE CRAW, R. C., E. G. SPENCER, C. S. PORTER, *Phys. Rev.*, **110**, 1311 (1958).

DISCUSSION

M. Coumes. — Quelle est la valeur absolue de la précision obtenue sur la direction d'un axe ?

V. Cagan. — Environ 2° .

M. Coumes estime que cette précision est remarquable, ayant lui-même essayé cette méthode d'orientation et n'ayant pas obtenu mieux que 5° à 10° .