

# Orientation cristalline de monocristaux de grenat par résonance magnétique

Autor(en): **Cagan, Vladimir**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences [1948-1980]**

Band (Jahr): **13 (1960)**

Heft 9: **Colloque Ampère**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-738589>

## **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.

# **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,  $\omega$  la pulsation de l'onde haute fréquence et  $\gamma$  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.

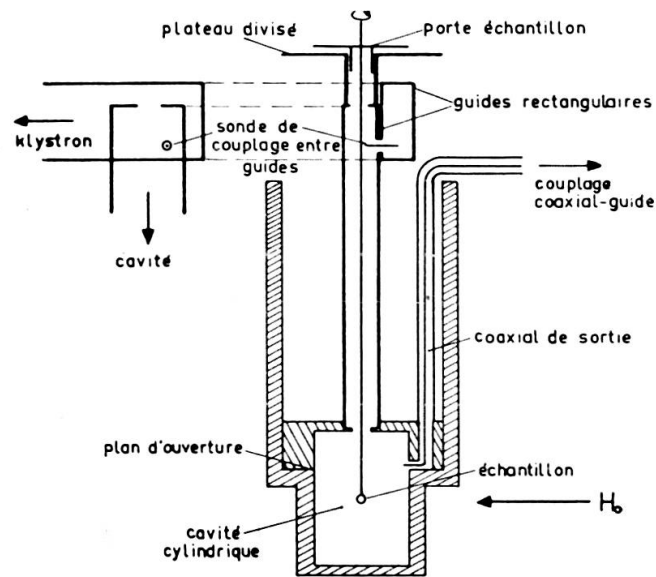


Fig. 1.

#### 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.

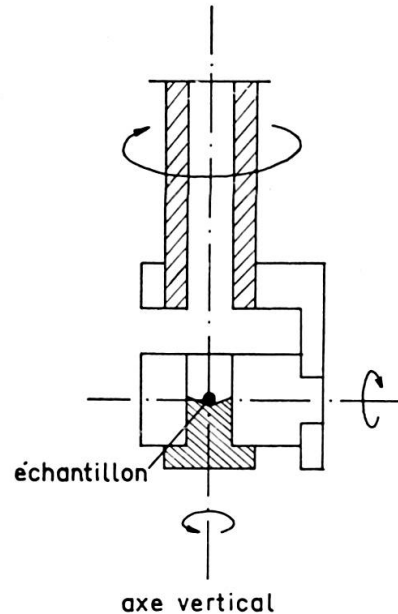
L'échantillon, fixé sur un support permettant trois rotations perpendiculaires entre elles, est introduit dans la cavité sans aucune modification mécanique de celle-ci. L'ensemble du porte-échantillon, fixé à un tube de quartz, passe au travers de l'iris de couplage. Le passage de cet ensemble a été 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 ajustages 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  $10^\circ$  en  $10^\circ$ , 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  $Hr$  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  $Hr$ . 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



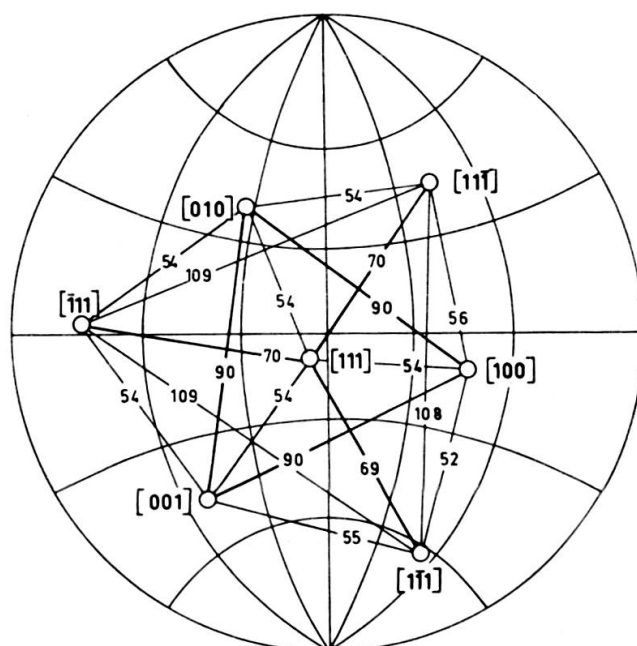
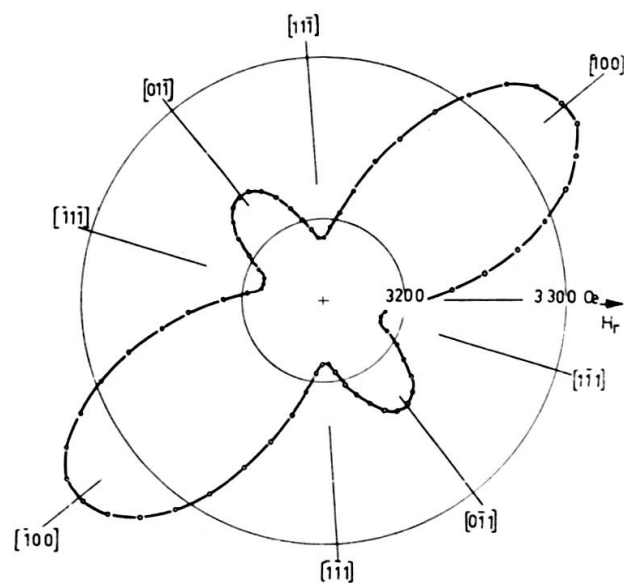


Fig. 2.



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  $Hr$  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  $TE_{112}$

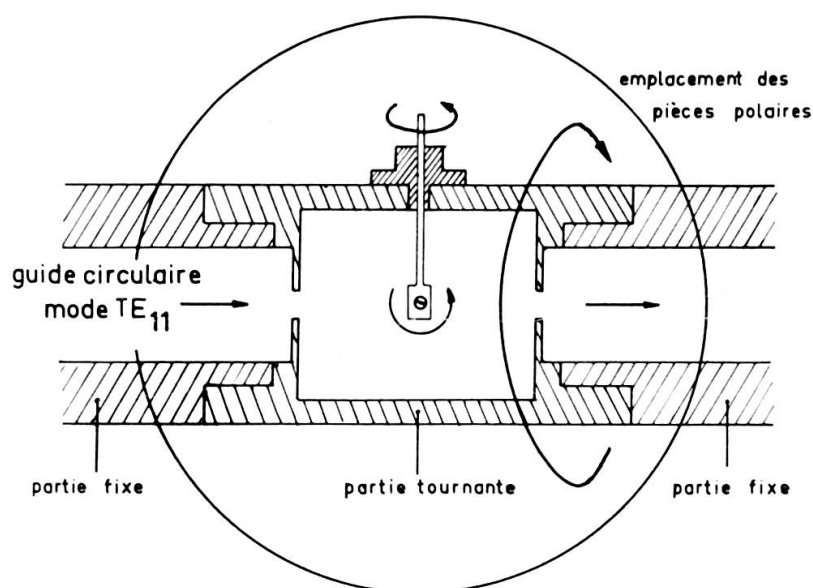


Fig. 4.

les deux rotations utilisées pour la mesure systématique de  $Hr$  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  $\gamma$ , 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  $Hr$  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<sup>0</sup>/<sub>100</sub> 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].

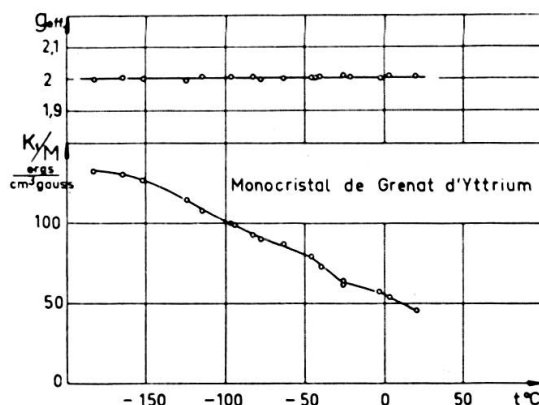


Fig. 5.

## 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°.