

Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 4 (1951)
Heft: 6

Artikel: Effets de relaxation sur les spectres hertziens de résonance magnétique
Autor: Béné, Georges-J. / Extermann, Richard-C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-739993>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 09.03.2025

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

Georges-J. Béné et Richard-C. Extermann. — *Effets de relaxation sur les spectres hertziens de résonance magnétique.*

L'hypothèse a été émise à diverses reprises ¹ qu'il devait être possible d'exciter la résonance magnétique au moyen d'ondes ultra-sonores. Un des buts de cette note est d'étudier le mécanisme ainsi que les conditions d'observation d'une telle excitation dans deux cas particulièrement simples, à savoir celui des gaz et celui des solides cristallisés. On sait que l'énergie de translation des molécules d'un gaz peut être transférée aux autres degrés de liberté des molécules (vibration, rotation). Il correspond à ces divers transferts un temps de relaxation propre correspondant à une fréquence qui est de l'ordre du mégacycle pour les rotations. Certaines molécules ont un moment magnétique de rotation et il semble que, dans un champ magnétique, l'énergie de translation puisse être transférée aux niveaux magnétiques de rotation.

Les conditions d'observation de ces transferts seraient les suivantes. Il faut :

- 1° que l'énergie de translation kT soit de l'ordre de grandeur de la séparation Zeeman, ce qu'on obtiendra par exemple en réglant la température;
- 2° que le temps de relaxation dipolaire soit plus court que le temps de relaxation mécanique, ce qui ne peut être connu que par l'expérience;
- 3° que la fréquence de Larmor de précession des dipôles magnétiques soit inférieure à la fréquence de relaxation acoustique.

Pour une fréquence ultra-sonore donnée (de l'ordre du mégacycle), le champ magnétique sera de quelques Gauss, pour O_2 gazeux, par exemple, et de quelques milliers de Gauss pour SO_2 , NH_3 , $OCS...$

¹ En particulier cité par A. Kastler (note non publiée), communication de P. Grivet et M. Soutif.

La fréquence ultra-sonore n'est pas critique, mais le détecteur, dans un dispositif analogue à celui de Bloch ¹, ne donnera une induction qu'à la fréquence de Larmor.

Une expérience préliminaire peut être tentée, à savoir la mesure de l'énergie ultra-sonore absorbée par un gaz placé dans un champ magnétique H , pour une fréquence inférieure à la fréquence de relaxation acoustique. Si les niveaux de rotation magnétique reçoivent de l'énergie, il y a dans la chaleur spécifique C_v du gaz soumis au champ H une composante due aux niveaux magnétiques, donc une absorption plus grande des ultra-sons de basses fréquences.

Dans les solides cristallisés, on n'observera que les transitions entre les niveaux de structure fine, ou de structure hyperfine des électrons.

Précisons que le transfert d'énergie ultra-sonore aux niveaux électroniques n'a jamais été observé, bien qu'un transfert d'énergie entre translation, vibration et niveaux électroniques soit théoriquement possible.

L'application de la théorie de Waller ² semble particulièrement commode, l'énergie magnétique du système de spins (nucléaires ou électroniques) étant naturellement transférée aux ondes élastiques du réseau. L'application d'ultra-sons à la fréquence de Larmor excitera les processus de premier ordre, qui ne sont ordinairement importants pour les paramagnétiques qu'à des températures inférieures à 1° K. On a plus d'espoir avec les processus Raman où la fréquence de Larmor correspond à la différence de deux fréquences ν_1 et ν_2 du réseau — processus important aux températures élevées. Dans ce cas et avec un dispositif analogue à celui des gaz, il faudrait exciter le cristal avec une fréquence ν_0 et le maximum d'harmoniques, c'est-à-dire avec un signal carré. On peut, par exemple, faire l'expérience préliminaire suivante: Dans un cristal de sel de seignette convenablement taillé, on excite électriquement des vibrations mécaniques à une fréquence ν_0 . On règle le champ magnétique de telle manière que cette fréquence soit précisément la fréquence de Larmor de précession des protons. On peut alors

¹ F. BLOCH, *Phys. Rev.*, 70, 460, 1946.

² I. WALLER, *Z. Phys.*, 79, 370, 1932.

étudier dans un circuit indépendant la résonance nucléaire et l'influence de la vibration de la lame sur la relaxation spin-réseau des protons du cristal.

Il est possible aussi, sans dispositif secondaire, que l'absorption d'énergie par les protons se traduise par un échauffement non négligeable du cristal et par suite, par un déplacement de sa fréquence propre d'oscillation. Une température très basse semble requise pour que ce processus ait un rendement suffisant.

Enfin, l'observation de la résonance magnétique électronique dans des substances pour lesquelles la largeur de la raie d'absorption est très faible permet de prévoir quelques conséquences intéressantes des effets connus de relaxation.

1. On peut balayer le champ statique H_0 avec un champ dont la fréquence soit de l'ordre de grandeur de la fréquence de relaxation spin-réseau.

On doit alors observer les battements caractéristiques de ces conditions dans la résonance magnétique des noyaux.

Le rétrécissement de ces raies d'absorptions par effet d'échange ne doit pas être un obstacle car on sait que la raie de résonance des protons dans l'eau est amincie par un phénomène analogue, ce qui n'empêche pas l'observation des phénomènes transitoires.

2. On peut aussi, dans un champ magnétique de faible intensité, exciter la résonance paramagnétique à une fréquence de Larmor qui corresponde à l'ordre de grandeur du temps de relaxation spin-réseau (ceci est également possible avec les moments nucléaires).

On sait que pour les diélectriques, si la fréquence d'excitation ω est de l'ordre de grandeur de la fréquence caractéristique de relaxation $= \frac{1}{2\pi\tau}$, la fréquence correspondant au maximum d'absorption ω n'est pas exactement la fréquence propre ω_0 du système mais s'en écarte suivant la relation :

$$\omega_M = \frac{1}{\tau} \sqrt{1 + \omega_0^2 \tau^2}$$

*Université de Genève.
Institut de Physique.*