

**Zeitschrift:** Helvetica Physica Acta  
**Band:** 28 (1955)  
**Heft:** VII

**Artikel:** II., Etude de la résonance magnétique nucléaire entre 2 et 0,5 Gauss  
**Autor:** Cagnac, Bernard / Manus, Claude / Béné, Georges  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-112627>

### **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:** 15.01.2026

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

## II. Etude de la résonance magnétique nucléaire entre 2 et 0,5 Gauss

par **Bernard Cagnac, Claude Manus, Georges Béné et Richard Extermann.**

Institut de Physique, Université de Genève.

(12 VIII 1955.)

*Résumé.* Le dispositif décrit ci-dessus a été utilisé pour l'étude de la Résonance des protons. La forme des courbes de résonance est examinée en détail en fonction des variables (amplitude du champ de haute fréquence, caractéristiques du champ de balayage). Les diagrammes sont présentés jusqu'à la fréquence minimum employée soit 2 kc/s.

Nous présentons ici les résultats des observations effectuées avec l'installation de résonance nucléaire décrite dans l'article précédent<sup>1</sup>). Nous opérons donc par balayage, en mesurant avec un lock-in l'amplitude de la modulation du signal produite par cette variation sinusoïdale de champs magnétique.

La construction en béton armé du laboratoire distordant très fortement le champ terrestre, nous avons dû faire des mesures préalables au magnétomètre pour placer la tête de mesure en un point où le gradient de champ dans l'espace soit minimum (1,8 milligauss entre valeurs extrêmes dans un cube de 20 cm de côté). En ce point le champ terrestre vaut 0,37 Gauss, valeur très inférieure à la valeur normale à Genève d'environ 0,5 Gauss. Nous ajoutons à ce champ le champ créé par 2 bobines d'Helmholtz donnant 1,45 Gauss/Ampère; c'est le courant dans ces bobines qui est porté en abscisse dans tous nos graphiques.

### A. Forme des courbes de résonance.

Les formes des courbes dépendent de trois facteurs bien distincts que nous avons étudiés en opérant à la fréquence de 7900 c/s (résonance à 1,85 Gauss).

### 1° Effet de l'amplitude du champ oscillant.

Notre dispositif est sensible à la f. é. m. induite dans la bobine de réception par la composante totale perpendiculaire du champ directeur des moments magnétiques nucléaires, soit  $\sqrt{u^2 + v^2}$  avec les notations classiques de  $u$  pour la composante en phase avec le champ oscillant  $H_1$  et  $v$  pour la composante en quadrature.  $u$  et  $v$  ayant des lois de variations différentes en fonction de  $H_1$ , la forme de

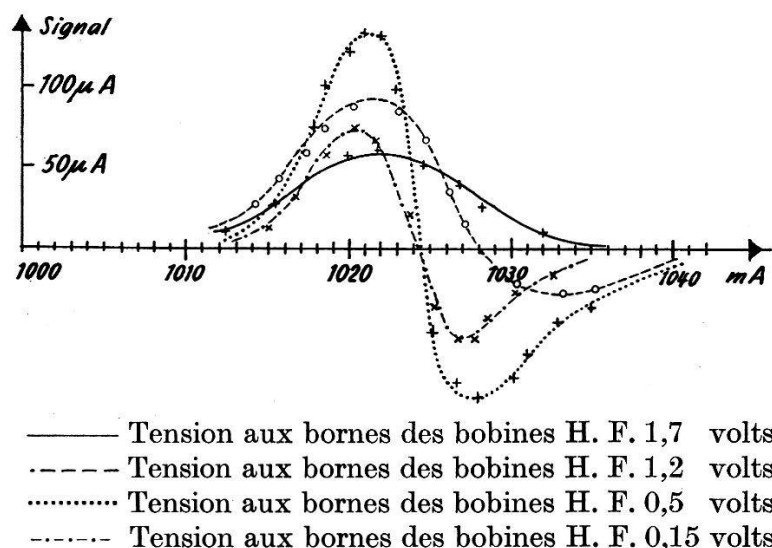


Fig. 1.

Amplitude variable du champ oscillant (fréquence 7900 c/s);  
 solution nitrate ferrique à 1/200 atome-gramme par litre;  
 fréquence de balayage 20 c/s).

courbe dépendra beaucoup de sa valeur. Un calcul simple montre que si  $H_1$  est faible, la composante en quadrature  $v$  (absorption) est prépondérante et qu'au contraire si  $H_1$  est grand, la composante en phase  $u$  (dispersion) devient importante. La fig. 1 montre les déformations du signal observées en fonction de  $H_1$ , sur une solution de nitrate ferrique contenant 1/200 atome-gramme de fer par litre.

### 2° Effet du déphasage.

entre le champ de balayage et la modulation envoyée dans le lock-in pour faire la détection de phase.

Les composantes en phase  $u$  et en quadrature  $v$  des moments magnétiques nucléaires induisent dans la bobine de réception des f. é. m. qui sont en quadrature l'une par rapport à l'autre. Suivant la valeur du déphasage on détectera donc l'une ou l'autre ou un mélange des deux; les déformations correspondantes du signal

(fourni par une solution de nitrate ferrique à 1/200 atome-gramme de fer par litre) sont visibles sur la fig. 2. Toutes les autres études ont été faites avec un déphasage nul.

### 3° Effet du balayage.

On a coutume de dire, si l'on a pris la précaution d'utiliser une largeur de balayage petite devant la largeur de raie, que le lock-in mesure la dérivée du signal statique. Mais ceci ne peut être vrai que

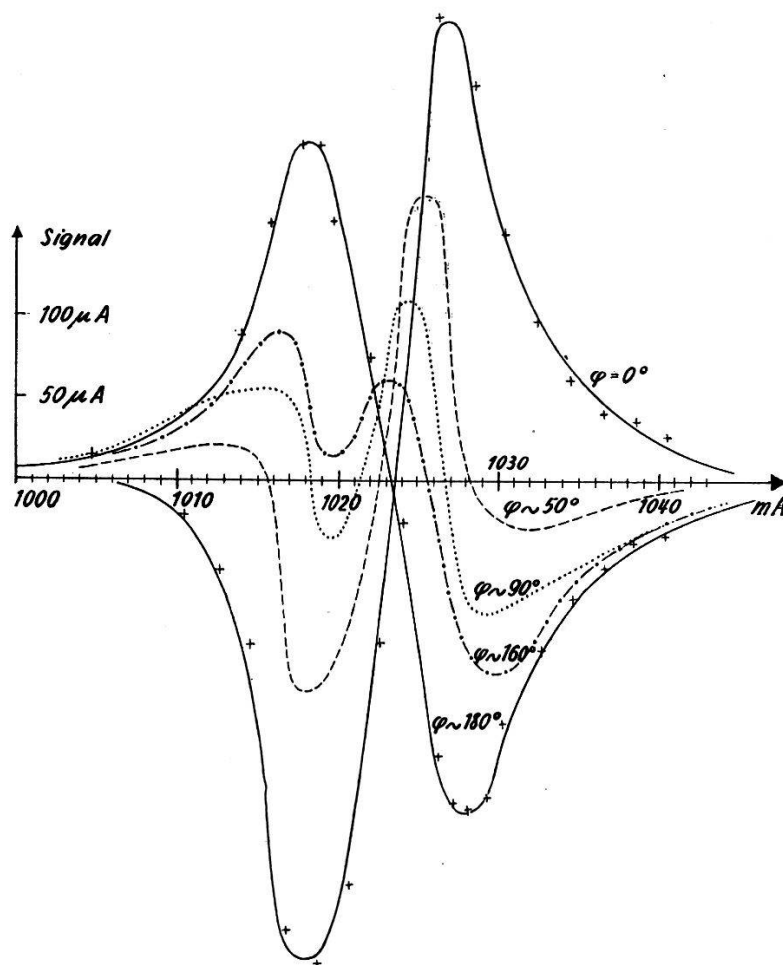


Fig. 2.

Effet du déphasage

(fréquences du champ oscillant 7900 c/s; solution  $(\text{NO}_3)_3\text{Fe}/200$  par litre;  
fréquence de balayage 38 c/s).

si le temps de relaxation est petit devant la période de balayage. Si c'est l'inverse ou s'ils sont du même ordre de grandeur, cela n'a plus aucun sens; et nous avons le plus souvent travaillé dans ces conditions puisque nous n'avons pas la possibilité de faire un balayage sinusoïdal en dessous de 20 c/s. Cela intervient aussi pour expliquer les déformations des signaux; et en particulier le fait que

beaucoup de courbes n'aient pas d'égales surfaces positives et négatives (ce qui doit être le cas pour qu'une courbe représente la dérivée d'un signal qui part de zéro et revient à zéro).

En particulier, on observe, lorsque le temps de relaxation devient grand devant la période de balayage, le dédoublement du signal en deux signaux distincts situés de part et d'autre de la résonance aux

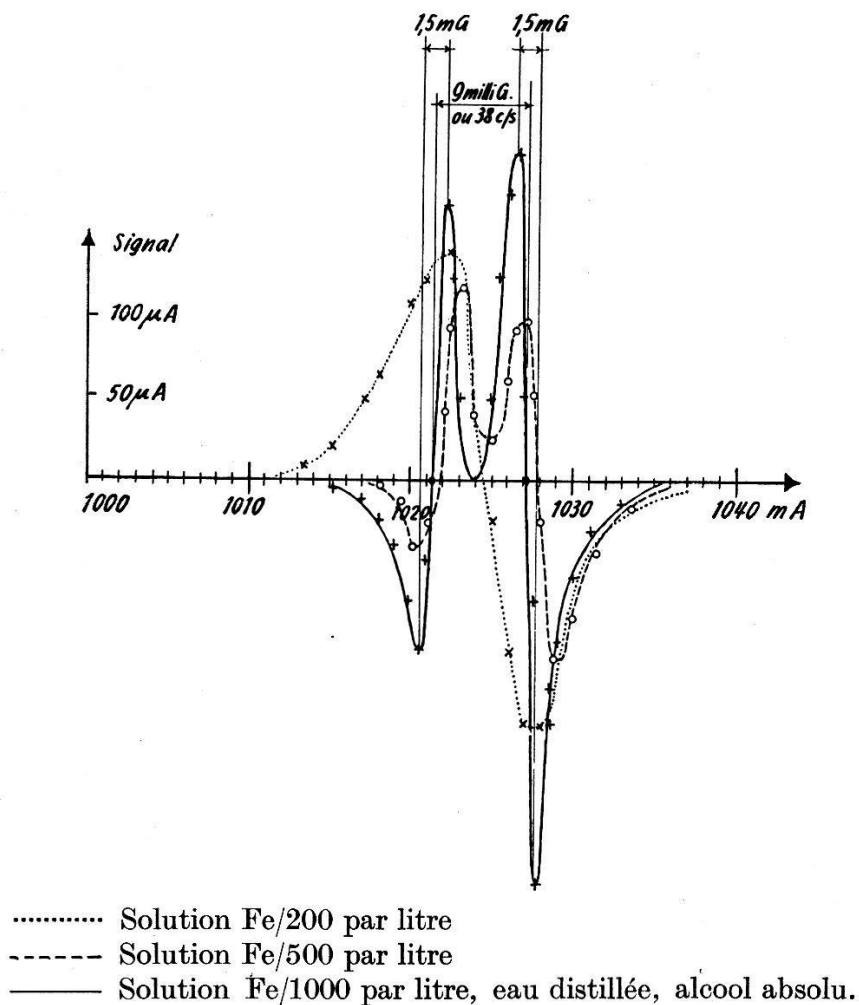


Fig. 3.

Apparition des fréquences latérales quand le temps de relaxation croît  
 (fréquence du champ oscillant 7900 c/s;  
 fréquence de balayage 20 c/s).

positions des deux fréquences latérales<sup>3</sup>) (la fréquence du champ  $H_1$  plus ou moins la fréquence de balayage). C'est ce que montre la fig. 3. Chacun de ces signaux a la largeur correspondant à la valeur attendue:

pour la solution à 1/500 atome-gramme de fer par litre:

3 milligauss ( $T_2 \approx 0,03$  seconde);

pour la solution à 1/1000 atome-gramme de fer par litre:

1,5 milligauss ( $T_2 \approx 0,06$  seconde).

Nous ne pouvions pas descendre en dessous de 1,5 milligauss comme largeur puisque l'inhomogénéité du champ magnétique dans le volume de 2 litres de la bobine de réception a précisément cette valeur; nous avons pointé avec l'eau distillée la même courbe qu'avec la solution à 1/1000 atome-gramme de fer par litre.

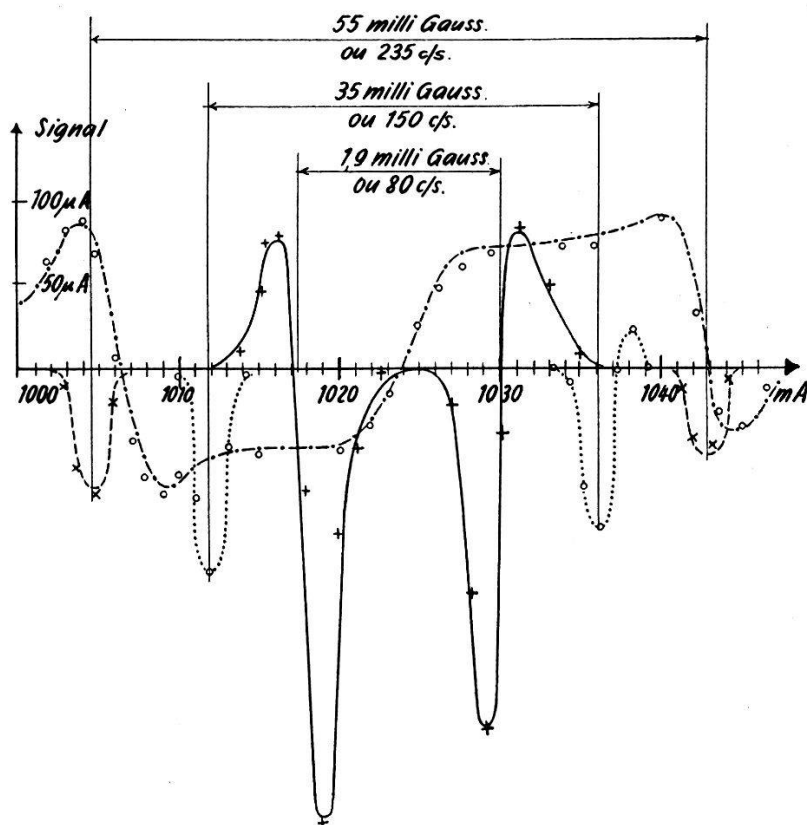


Fig. 4.

L'écartement des fréquences latérales avec l'augmentation de la fréquence de balayage

(fréquence du champ oscillant 7900 c/s)		
—	fréquence de balayage 40 c/s	eau distillée
.....	fréquence de balayage 80 c/s	
-----	fréquence de balayage 120 c/s	
- . - . -	fréquence de balayage 120 c/s	solution Fe/200 par litre).

Nous avons d'autre part fait varier la fréquence de balayage pour vérifier que l'écart des deux composantes latérales lui est bien proportionnel; c'est ce que montrent les trois courbes de la fig. 4 obtenues avec l'eau pure. Le temps de relaxation est donc bien supérieur à la période de balayage. On note la disparition totale de la composante centrale. Nous avons également figuré une courbe obtenue à 120 c/s de balayage sur une solution à 1/200 atome-gramme de fer par litre, qui est intéressante parce qu'elle montre la réapparition de la composante centrale lorsque le temps de relaxation ( $T_2 = 1/100$  s) redevient du même ordre de grandeur que la période de balayage.

### B. La descente en fréquence.

On sait que l'amplitude des signaux décroît rapidement avec la fréquence; c'est bien ce que montrent les trois courbes de la fig. 5 tracées dans les mêmes conditions d'amplification. Les trois courbes représentent les résonances observées sur l'eau pure aux fréquences respectives de 4000 c/s, 2250 c/s et 2000 c/s (résonances à 0,93 Gauss; 0,53 Gauss et 0,47 Gauss). La fréquence de balayage est de 20 c/s;

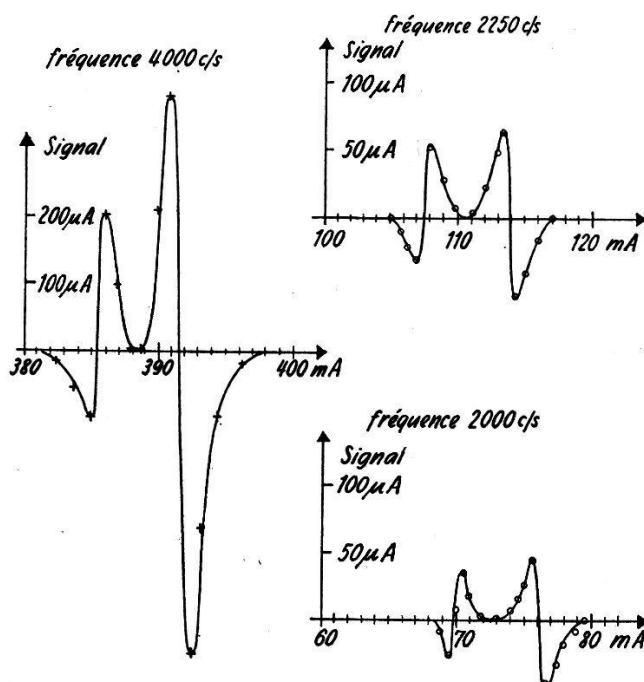


Fig. 5.

La descente en fréquence observée sur l'eau distillée (fréquence de balayage 20 c/s)

on retrouve bien la même forme de courbes qu'à la fréquence 7900 c/s. L'observation aux deux plus basses fréquences exige de très bonnes conditions de stabilité (mesures de nuit) pour réduire le bruit de fond à une valeur aussi proche que possible de la valeur théorique limite. Le rapport signal/bruit qui était de l'ordre de 40 pour 7000 c/s tombe à 12 pour 2250 c/s et à 8 pour 2000 c/s.

### C. Conclusion: Possibilités de l'appareil.

Nous avons donc observé la résonance des protons dans un champ inférieur à la valeur normale du champ terrestre. Nous pouvons placer l'appareil en un endroit où le champ terrestre n'est pas déformé et travailler à une fréquence telle que le champ supplémentaire créé par les bobines d'Helmholtz, nécessaire pour traverser la résonance, soit aussi petit que possible, en sorte que ses inhomogénéités et ses variations dans le temps deviennent négligeables.

Si nous disposons alors d'un oscillateur assez stable en fréquence (cela nécessitera sans doute un pilotage par quartz), rien ne nous empêche plus alors d'observer les largeurs naturelles beaucoup plus petites et d'étudier des structures de raies dans certains composés chimiques avec un excellent pouvoir de résolution.

Signalons que nous avons déjà étudié, avec le dispositif tel qu'il est installé actuellement, la résonance des protons dans l'alcool éthylique pur à 7900 c/s et que nous avons pointé une courbe identique à celle de l'eau pure, montrant la disparition des composantes observées dans les champs forts<sup>2)</sup>.

Ce travail a pu être réalisé grâce à l'aide financière de la CSA et pour l'un d'entre nous (C.M.) du Fonds National pour la Recherche Scientifique.

### Références.

- <sup>1)</sup> C. MANUS, G. BÉNÉ, R. EXTERMANN et R. MERCIER, *Helv. Phys. Acta* (article précédent).
  - <sup>2)</sup> J. T. ARNOLD, Thèse, Stanford University 1955; ARNOLD, DHARMATTI et PACKARD, *J. chem. Phys.* **19**, 507 (1951).
  - <sup>3)</sup> R. KARPLUS, *Phys. Rev.* **73**, 1027 (1948).
-