

**Zeitschrift:** Archives des sciences [1948-1980]  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 11 (1958)  
**Heft:** 7: Colloque Ampère

**Artikel:** Une expérience de double résonance sur des liquides en mouvement  
**Autor:** Benoit, Henri  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-738903>

### **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:** 16.03.2025

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

# Une expérience de double résonance sur des liquides en mouvement

par Henri BENOIT

Université de Paris, Laboratoire d'Electronique et Radioélectricité  
Fontenay-aux-Roses (Seine)

---

*Sommaire.* — Nous avons réalisé un dispositif nouveau [1] où la résonance magnétique nucléaire, dans les conditions de passage rapide adiabatique, est produite en régime permanent sur le fluide en mouvement, sans aucun balayage. Nous avons mis en évidence cette première résonance en étudiant le signal d'absorption d'un autodyne placé plus loin sur le courant d'eau: nous observons un changement de signe du signal qui correspond alors à une émission. Nous avons pu obtenir l'émission stimulée des protons, en réglant l'autodyne en dessous de la limite d'accrochage: l'appareil fonctionne alors en maser.

## 1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL.

Nous avons installé une circulation d'eau, débit  $2 \text{ cm}^3/\text{sec}$ , dans l'entrefer de l'électro-aimant, dont nous avons au préalable étudié la carte du champ (communication de Benoit et Sauzade à ce colloque). Une première partie est faite en tuyau de 1 cm de diamètre et de 20 cm de long où l'eau séjourne un temps long devant  $T_1$ . Puis l'eau passe ensuite dans un tube de  $4,5 \text{ mm}^2$  de section où elle coule à une vitesse de 40 cm/sec. Ce tube sort de l'entrefer puis y entre à nouveau, traversant deux sondes: la bobine d'émission où se produit la première résonance dans les conditions de passage adiabatique rapide, puis la bobine d'un autodyne qui sert à mettre en évidence cette première résonance (figure 1).

## 2. LE PASSAGE ADIABATIQUE RAPIDE EN RÉGIME PERMANENT.

Un générateur HF de fréquence  $\omega_1/2\pi = 28,7 \text{ MHz}$  crée dans la bobine d'émission un champ magnétique dont l'amplitude peut atteindre 3 gauss, soit  $h_1 = 1,5 \text{ G}$  pour chacune des composantes circulaires. Cette self est

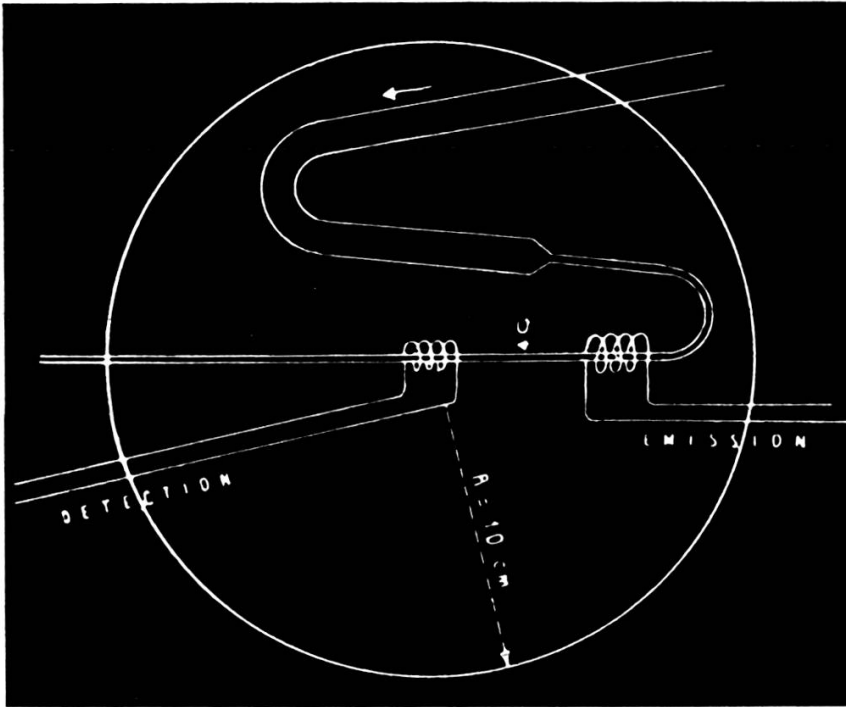


Fig. 1.

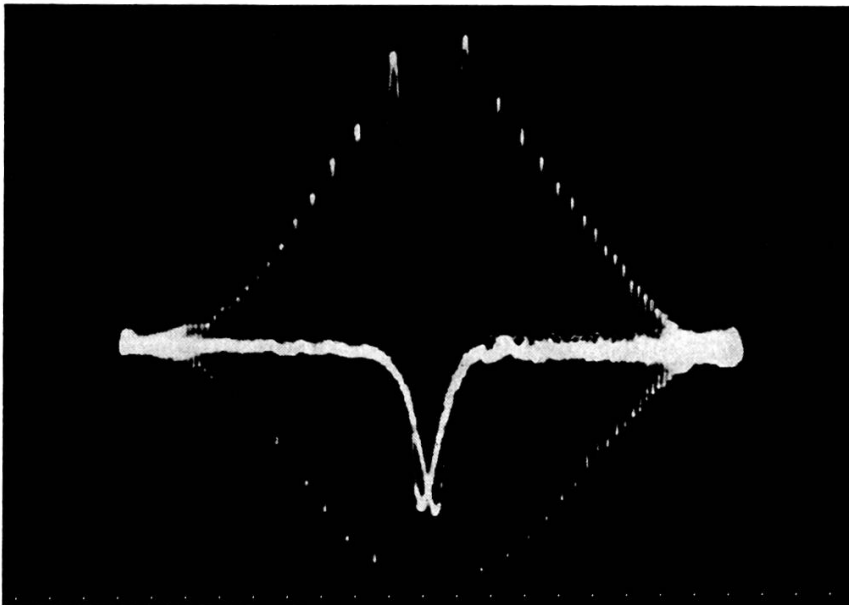


Fig. 2.

placée radialement dans l'entrefer en une région telle que le champ directeur  $H$  soit à une extrémité inférieur au champ  $H_1$  de résonance des protons à la fréquence  $\omega_1/2\pi$ , et à l'autre extrémité supérieur à  $H_1$ . On peut alors satisfaire aux conditions du passage rapide adiabatique au cours du mouvement [2] et retourner la composante  $M_z$  du moment magnétique macroscopique des protons. Nous fournissons alors une puissance d'environ 0,07 erg/sec aux spins du courant d'eau. Cette résonance ne dépend pas de la valeur du champ magnétique directeur dans un intervalle de plusieurs gauss, probablement même beaucoup plus.

Si nous appelons  $v$  la vitesse du liquide,  $dH/dr$  la dérivée du champ directeur le long du rayon,  $\tau$  le temps que met le liquide pour aller de la sonde d'émission à la sonde d'absorption, les conditions adiabatiques s'écrivent:

$$\gamma h_1 T_2 \gg 1 \quad (1)$$

$$\tau \ll T_1 \quad (2)$$

$$v \frac{dH}{dr} \ll \gamma h_1^2 \quad (3)$$

La condition (1) est très largement satisfaite mais l'approximation est moins bonne pour les deux autres.

### 3. DÉTECTION DE CETTE PREMIÈRE RÉSONANCE.

Le courant d'eau polarisé traverse ensuite la bobine d'un autodyne du type Gabillard, monté au laboratoire par L. Guibé, qui le décrira lui-même à ce colloque. Cet autodyne est réglé à un niveau d'oscillation suffisant pour être à peu près linéaire, mais aussi assez faible pour ne pas saturer le courant d'eau; il nous permet de mesurer en valeur relative la composante  $M_z$  du moment macroscopique des protons avec son signe.

### 4. RÉSULTATS.

Avec les valeurs indiquées précédemment pour les différents paramètres, les photographies 2 et 3 montrent respectivement l'absorption en l'absence du champ HF, puis l'émission lorsqu'on établit ce champ  $h_1 = 1,5$  G. On

constate que l'amplitude du signal d'émission est inférieure à celle du signal d'absorption. Ceci est dû à deux causes.

La condition (2) n'est pas suffisamment réalisée, le temps  $\tau$  est de l'ordre de 0,1 s, alors que le  $T_1$  de l'eau que nous utilisons a été estimé à 0,6 s.

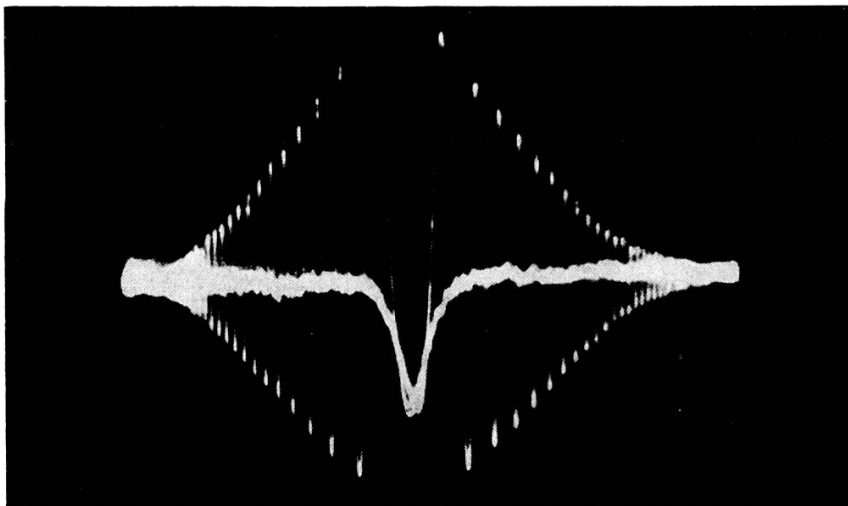


Fig. 3.

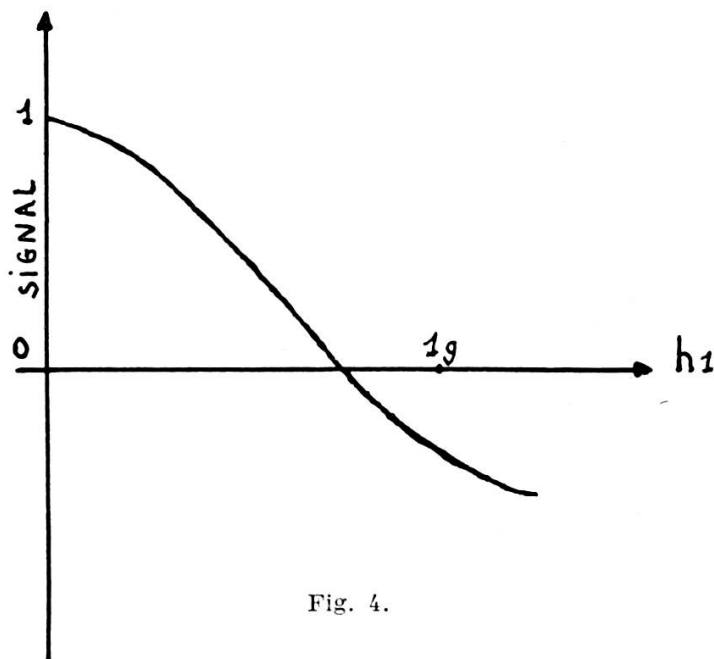


Fig. 4.

D'autre part, la condition (3) n'est pas non plus suffisamment bien vérifiée; elle s'écrit numériquement:  $dH/dr \ll 1500$  gauss/cm, mais la valeur de cette dérivée n'a pas encore été mesurée.

Aussi avons-nous étudié le signal en faisant varier les différents termes de l'inéquation (3). C'est ainsi que la figure 4 représente l'amplitude du signal en fonction de  $h_1$ ; il y a intérêt à augmenter encore la valeur maximum de  $h_1$  pour mieux respecter la condition (3).

### 5. FONCTIONNEMENT EN MASER [3].

Nous diminuons la haute tension qui alimente l'autodyne: la réaction diminue et l'autodyne décroche. Il fonctionne alors en multiplicateur de Q

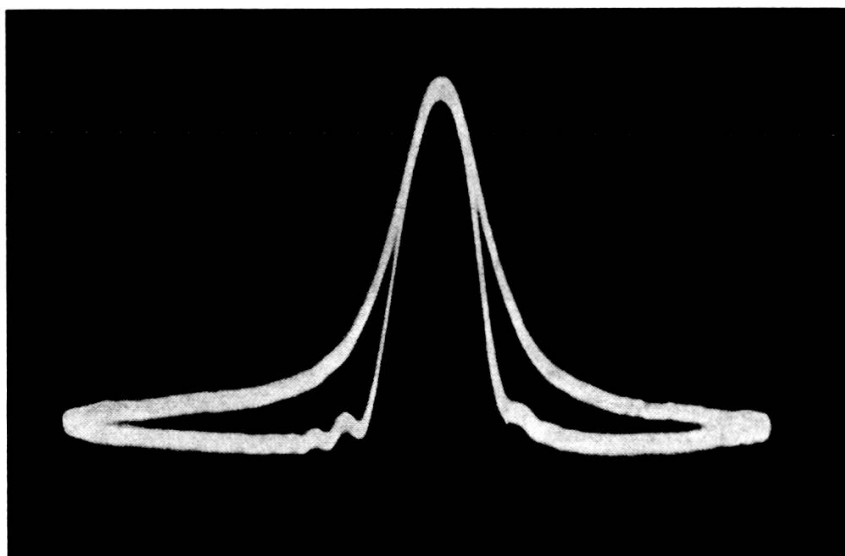


Fig. 5.

permettant d'atteindre des surtensions très élevées de l'ordre de 10.000, soit une multiplication du Q initial par 200, tout en restant nettement au-dessous de la limite d'accrochage. La photographie n° 5 représente la courbe de réponse de ce circuit faiblement couplé à un wobulateur, excursion de fréquence 25 kHz.

Nous alimentons alors la self du circuit oscillant avec le courant d'eau dont nous avons retourné le moment magnétique macroscopique des protons.

Nous sommes alors dans les conditions prévues par Townes [4] et Vladimisky [5], et réalisées par Abragam et coll. [6]. Nous avons effectivement réussi à obtenir le fonctionnement en maser lorsque le champ magnétique directeur est tel que la fréquence de résonance des protons soit voisine de celle du circuit oscillant. Cette plage de fonctionnement en maser est de

l'ordre de 3 kHz. La photographie n° 6 représente la détection hétérodyne de ce signal.

#### 6. CONCLUSION.

Nous avons réussi à mettre au point un passage adiabatique rapide, le passage étant réalisé par celui du courant d'eau dans la bobine d'émission. Ce courant d'eau à température de spin négative, nous a permis de faire

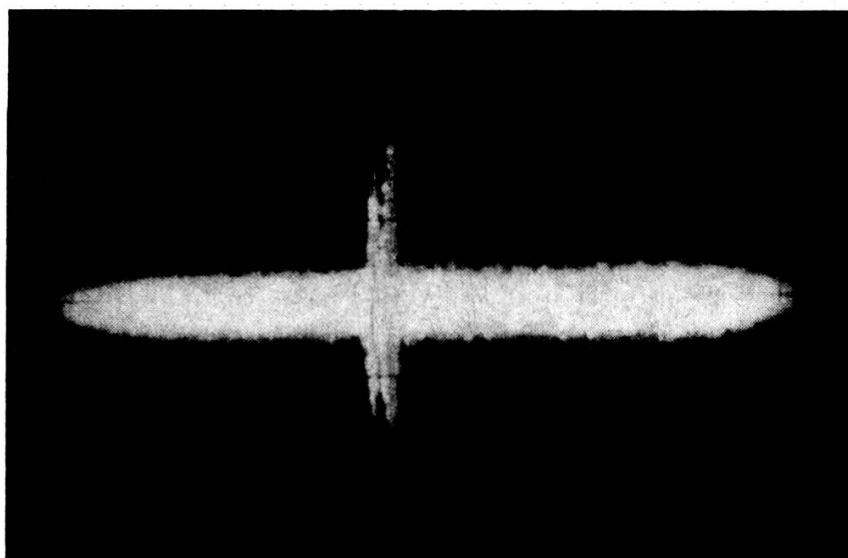


Fig. 6.

fonctionner en « maser » un circuit à haute surtension. Nous étudions actuellement l'établissement des oscillations, leur niveau en régime permanent et la plage d'accrochage de ce maser. Comme applications possibles, nous citons la mesure des fréquences de résonance, la stabilisation des champs magnétiques en utilisant un signal d'erreur fourni par une détection de fréquence, l'alimentation en HF d'un spectrographe à haute résolution.

Mais ce dispositif est aussi très souple au point de vue fréquence d'emploi et nous préparons des expériences semblables mais où la détection sera faite en champ faible, tout en bénéficiant de la polarisation obtenue en champ élevé.

#### RÉFÉRENCES

1. BENOIT, H., *CR*, 246 (1958), 3053.
2. BLOCH, F., *Phys. Rev.*, 70 (1946), 460.
3. BENOIT, H., P. GRIVET et L. GUIBÉ, *CR*, 246 (1958) 3608.
4. COMBRISSE, J., A. HONIG et C. TOWNES, *CR*, 242 (1956), 2451.
5. WLADIMIRSKY, K. V., *JETP*, 33 (1957), 532.
6. ALLAIS, E., *CR*, 246 (1958), 2123.