

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

**Artikel:** Quelques applications d'un autooscillateur du type Maser fonctionnant en champ élevé  
**Autor:** Fric, Claude  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-738639>

### **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:** 05.04.2026

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

# Quelques applications d'un autooscillateur du type Maser fonctionnant en champ élevé

par Claude FRIC

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

---

On montre comment, à partir de la fréquence de l'émission du maser, on a pu pratiquement :

- mesurer le temps de relaxation transversal  $T_2$  d'un liquide en mouvement, compte tenu de l'inhomogénéité sur le volume de l'échantillon,
- mesurer une induction magnétique et sa stabilité dans le temps,
- asservir l'induction pilote du maser à la fréquence d'un quartz de référence.

## 1. LE MASER A ÉCOULEMENT LIQUIDE DE BENOIT [1].

Dans l'entrefer d'un électroaimant, on dispose d'une tuyauterie d'écoulement d'eau dont la polarisation magnétique macroscopique  $M_0 = \chi B_0$  à l'équilibre thermique, a été retournée et rendue ainsi antiparallèle à l'induction  $B_0$ , par un passage adiabatique rapide. Avec un tel système de spins nucléaires on peut obtenir de façon permanente [2] une émission stimulée de fréquence  $f$ , voisine de  $f_0$ , dans un circuit LC accordé sur  $f_c$  où la bobine de self est traversée par l'écoulement liquide, si l'on réalise la condition

$$T_2 > \tau_r = (2\pi\eta\gamma |M_0| Q)^{-1}$$

Si l'on désigne par  $f_0 = \gamma (B_0/2\pi)$  la fréquence de Larmor des protons dans l'induction  $B_0$ , par  $f_c$  la fréquence d'accord du circuit oscillant voisine de  $f_0$ , la fréquence de l'émission est alors donnée par l'expression :

$$f = f_0 + \frac{Q}{Q + Q_n} (f_c - f_0) \quad (1)$$

où  $Q_n = \omega_0 T_2/2$  est le coefficient de surtension nucléaire de la raie;  $T_2$  étant défini de façon classique par  $\gamma\Delta B T_2 = 1$ ;  $\Delta B$ , demi-largeur à mi-hauteur de la raie d'absorption.

La surtension  $Q$  du bobinage est renforcée artificiellement par un multiplicateur de  $Q$ , réalisé ici par un spectrographe autodyne fonctionnant en dessous de sa limite d'accrochage et peut être contrôlé jusqu'à 32 600.

## 2. MESURE DE $T_2$ .

### 2.1 Principe.

Si l'induction  $B_0$  ne fluctue pratiquement pas au cours d'une mesure, on peut écrire :

$$\Delta f = \frac{Q}{Q + Q_n} \Delta f_c$$

On provoque artificiellement un désaccord  $\Delta f_c$  d'amplitude connue, et à l'aide d'un système discriminateur approprié, on enregistre l'entraînement correspondant  $\Delta f$  de la fréquence d'émission. On peut ainsi en déduire le  $Q_n$  car on connaît très bien le coefficient de surtension  $Q$  du circuit LC.

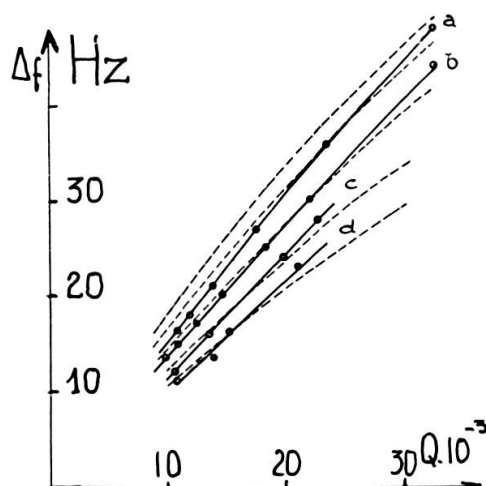


Fig 1.

Etude de l'entraînement de fréquence pour diverses valeurs du débit D :

a) 4,9 cm<sup>3</sup>/s

c) 2,5 cm<sup>3</sup>/s

b) 3,75 cm<sup>3</sup>/s

d) 1,5 cm<sup>3</sup>/s

$\Delta f_c = 110$  Hz

Section de la canalisation: 75 mm<sup>2</sup>

### 2.2 Expérimentation et résultats.

On désaccorde de façon périodique la fréquence d'accord de  $\Delta f_c = 110$  Hz par l'intermédiaire d'une diode au silicium en parallèle sur le circuit LC, et qui se comporte comme une capacité variable sous l'influence d'une ten-

sion de polarisation. A l'aide d'un fréquencesmètre de qualité métrologique [3]. On enregistre:

- 1° Dans une expérience préliminaire la variation  $\Delta f_c$  lorsque le multiplicateur de Q oscille en l'absence de champ directeur,
- 2° En présence de l'induction  $B_0$  la variation correspondante  $\Delta f = f - f_0$ , lorsque le maser fonctionne.

Nous avons opéré ainsi à débit d'eau constant pour diverses valeurs de la surtension artificielle Q et nous donnons figure 1 le réseau des courbes expérimentales obtenues. Sur le même graphique, nous avons tracé le réseau des courbes théoriques pour diverses valeurs de  $Q_n$ ; en choisissant celle qui assure la meilleure concordance, on détermine un  $Q_n$  expérimental, c'est-à-dire la valeur effective de  $T_2$  pour le liquide en mouvement à la vitesse fixe choisie. La précision de la mesure est celle avec laquelle nous effectuons la lecture de la fréquence, soit ici une erreur de 5%. La figure 2

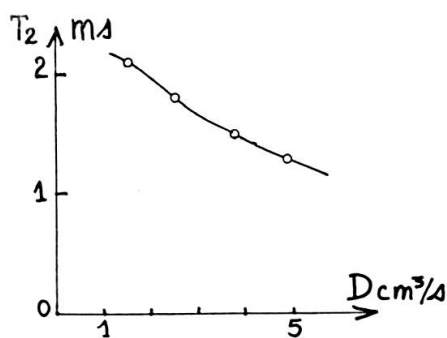


Fig. 2.

Variations du  $T_2$  déduites de l'entraînement en fonction du débit D

résume l'ensemble des résultats obtenus pour divers débits, c'est-à-dire différentes vitesses; elle donne les variations de  $T_2$  en fonction du débit.

### 3. MESURE RADIOÉLECTRIQUE D'UNE INDUCTION ET DE SA STABILITÉ.

Nous opérons dans une induction voisine de 7 000 gauss qui a été stabilisée par un régulateur à induction et réaction négative, dérivé de celui décrit dans la référence [4]. Initialement la fréquence  $f_c$  est calée sur la fréquence de Larmor  $f_0 = 29,6$  MHz. En enregistrant les variations de la fréquence

d'émission, nous pouvons suivre l'évolution dans le temps de  $B_0$ , dans la mesure où le terme correctif de la formule I est négligeable, c'est-à-dire si

$$K = \frac{Q}{Q + Q_n} \ll 1$$

Dans nos expériences la valeur maxima de  $\Delta f_c$  est de l'ordre de 100 Hz pendant 20 mn, et  $K = 1/13$ , ce qui correspond à un entraînement de fréquence de 8 Hz et limite ainsi la précision de la mesure à  $2,7 \cdot 10^{-7}$ ; cette valeur est du même ordre de grandeur que la stabilité du fréquencesmètre utilisé, si bien que l'on peut espérer que la précision du régulateur est encore supérieure à cette limite. La figure 3a) représente un enregistrement des fluctuations de fréquence, effectué aux heures ordinaires de la journée, et la stabilité de l'induction s'avère au moins égale à  $10^{-6}$  sur 45 mn.

#### 4. STABILISATION D'UNE INDUCTION.

L'induction  $B_0$  est alors asservie à la fréquence de référence  $f_R$  du fréquencesmètre, et nous donnons figure (3b) un enregistrement de  $f - f_0$

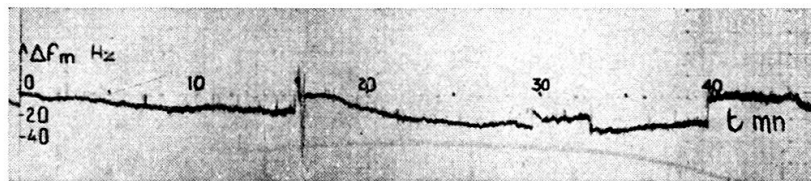
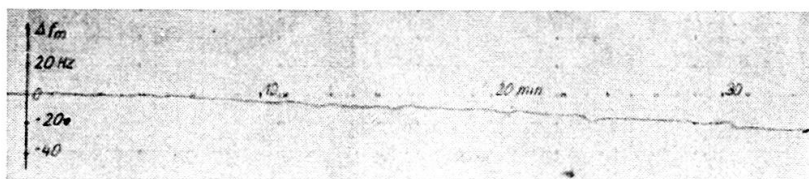


Fig 3.

- a) Enregistrement des fluctuations de la fréquence d'émission du maser. Les discontinuités sont dues au passage de bulles d'air dans la canalisation.



- b) Asservissement de l'induction à la fréquence de référence d'un quartz et dérive résiduelle due au pulling.

Dans le dispositif décrit au paragraphe précédent, à la sortie du fréquencesmètre nous disposons d'un signal dont l'amplitude est proportionnelle à la fluctuation de l'induction en première approximation, et avec

H. Hahn, nous l'avons utilisé comme signal d'erreur pour commander un servomécanisme de précision qui élimine les fluctuations lentes de l'induction magnétique pilote  $B_0$  [5].

dans ces conditions. La faible dérive résiduelle que l'on constate encore n'est plus due qu'à l'entraînement de fréquence corrélatif des dérives du circuit oscillant du maser: nous avons vérifié directement par une mesure au fluxmètre qu'il n'y correspondait plus de fluctuations lentes de  $B_0$ .

#### RÉFÉRENCES

1. BENOIT, H., Thèse, *Annales de Physique*, 4, 1439 (1959).
2. FRIC, C., *C. R. Acad. Sc. Fr.* 249, 80 (1959).
3. HAHN, H., *C. R. Acad. Sc. Fr.*, 249, 1119 (1959).
4. FRIC, C., *C. R. Acad. Sc. Fr.*, 246, 3602 (1958).
5. HAHN, H., *C. R. Acad. Sc. Fr.*, 250, 2335 (1960).

#### DISCUSSION

*M. Gabillard.* — Quelle est la gamme de mesure de T2 que permet votre dispositif ?

*C. Fric.* — Le T2 est imposé par la qualité de l'aimant; il diminue lorsque la vitesse augmente. Ce qui limite le procédé lorsque la vitesse augmente trop, c'est la puissance HF nécessaire pour saturer complètement la transition lors du retournement adiabatique rapide. Cet inconvénient peut être évité facilement si toutefois on peut convenablement découpler la bobine de retournement et d'émission.

---