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

Autor(en): **Fric, Claude**

Objekttyp: **Article**

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

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

Heft 9: **Colloque Ampère**

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-738639

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://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'inhomogénie 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:

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

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 $\gamma \Delta B T_2 = 1$; ΔB, 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 Δf_c d'amplitude connue, et à l'aide d'un système discriminateur approprié, on enregistre l'entraînement correspondant Δf 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.

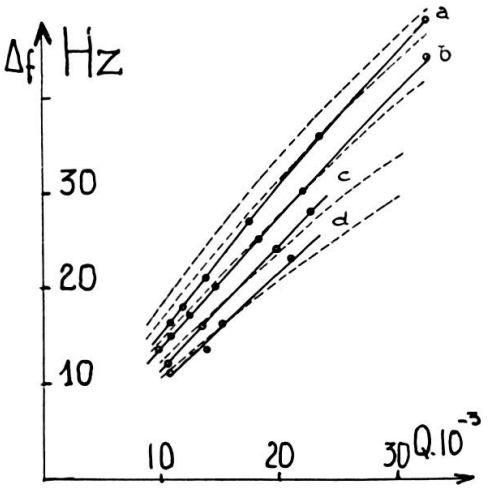


Fig 1.
Etude de l'entraînement de fréquence pour diverses valeurs du débit D:
a) 4,9 cm³/s *c)* 2,5 cm³/s
b) 3,75 cm³/s *d)* 1,5 cm³/s
$\Delta f_c = 110$ Hz
Section de la canalisation: 75 mm²

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 fréquencemètre de qualité métrologique [3]. On enregistre:

1° Dans une expérience préliminaire la variation Δf_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 valeursde 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

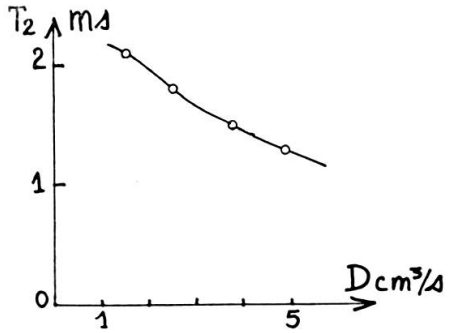


Fig. 2.
Variations du T_2 déduites de l'entraînement en fonction du débit D

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

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

Dans nos expériences la valeur maxima de Δf_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 $2{,}7.10^{-7}$; cette valeur est du même ordre de grandeur que la stabilité du fréquencemètre utilisé, si bien que l'on peut espérer que la précision du régulateur est encore supérieure à cette limite. La figure 3*a*) 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 fréquencemètre, et nous donnons figure (3*b*) un enregistrement de $f-f_0$

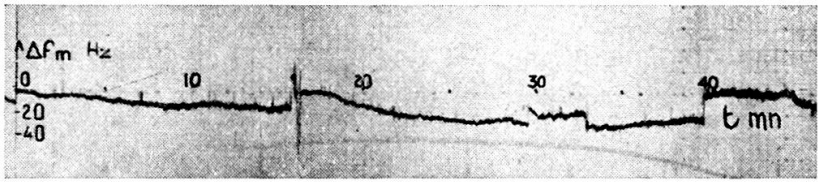
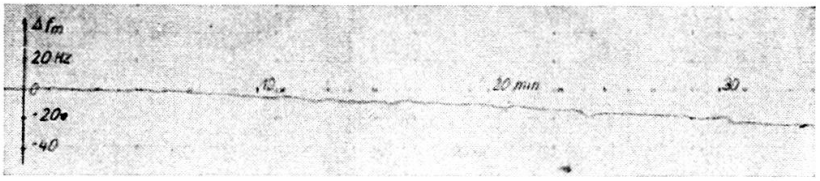


Fig 3.

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 fréquencemètre 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.