

Comptes rendus
hebdomadaires des séances
de l'Académie des sciences.
Séries A et B, Sciences
mathématiques et Sciences
[...]

Académie des sciences (France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. Séries A et B, Sciences mathématiques et Sciences physiques. 1967/11.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter reutilisationcommerciale@bnf.fr.

ÉLECTRONIQUE QUANTIQUE. — *Stabilisation d'un laser à gaz carbonique et observation du phénomène de « Lamb dip » pour les transitions laser vers 10μ .* Note (*) de MM. **CHRISTIAN BORDÉ** et **LUCIEN HENRY**, présentée par M. Alfred Kastler.

La réalisation d'un laser à gaz carbonique, délivrant une puissance stable pour chaque raie de vibration-rotation, est décrite. Comme première application de ce laser une étude sommaire du phénomène de « Lamb dip » pour les raies laser vers 10μ a été faite. On en décrit les aspects nouveaux liés à la thermalisation rotationnelle.

Les possibilités d'utilisation en spectroscopie du laser à gaz carbonique ont été jusqu'à présent limitées par le manque de stabilité en puissance de ce laser sur une raie de vibration-rotation donnée. Cette Note a pour but de rendre compte de la réalisation d'un laser présentant une stabilité en puissance de l'ordre de 10^3 pendant quelques minutes et supérieure à $2 \cdot 10^2$ pendant plusieurs heures (1).

La stabilisation en puissance d'un laser exigeant à la fois une stabilisation en fréquence et une stabilisation en gain, ces deux paramètres doivent être contrôlés simultanément.

Pour obtenir une fréquence stable nous avons utilisé le dispositif suivant : l'un des deux miroirs constituant la cavité est extérieur au tube laser et est monté sur une glissière. Cette glissière est mécaniquement reliée au support de l'autre miroir (intérieur au tube) par deux barres en invar. L'ensemble est isolé des vibrations mécaniques. Un diaphragme élimine les modes non axiaux et l'intervalle de fréquence entre les modes longitudinaux (64 MHz pour notre laser) est tel qu'un seul de ceux-ci peut se trouver dans le profil du gain correspondant à une raie de vibration-rotation. La stabilité en fréquence de ce laser a été estimée (voir plus loin) à 10^8 pendant plusieurs secondes et à $3 \cdot 10^7$ pendant plusieurs heures.

Le gain est stabilisé de son côté par la régulation des débits gazeux de gaz carbonique et d'azote, et par celle de l'intensité de la décharge électrique continue.

Un réglage fin de la longueur de cavité permet d'ajuster la fréquence au voisinage du centre de la raie. Dans ces conditions la puissance de sortie varie très peu avec les fluctuations de la fréquence de résonance (surtout si le gain est élevé) et l'on peut alors estimer la stabilité du gain en enregistrant la puissance de sortie du laser en fonction du temps.

Pour ce faire nous avons utilisé un monochromateur Perkin Elmer 98 G équipé d'une thermopile dont le temps de réponse est de l'ordre de 0,05 s. La stabilité en puissance étant celle indiquée précédemment, nous pouvons affirmer que la stabilité en gain est supérieure à 10^3 pendant quelques minutes et à $2 \cdot 10^2$ pendant plusieurs heures pour notre laser.

Un prisme placé dans la cavité permet de sélectionner les différentes raies de vibration-rotation mais n'est pas indispensable à la stabilité en puissance du laser sur une raie.

Il est probable que les performances relatives à la stabilité en fréquence et en puissance pourraient être encore améliorées par une protection plus efficace contre les vibrations mécaniques.

Comme première application de ce laser nous avons entrepris l'étude du phénomène de « Lamb dip »⁽²⁾ pour les transitions laser vers 10μ dans le gaz

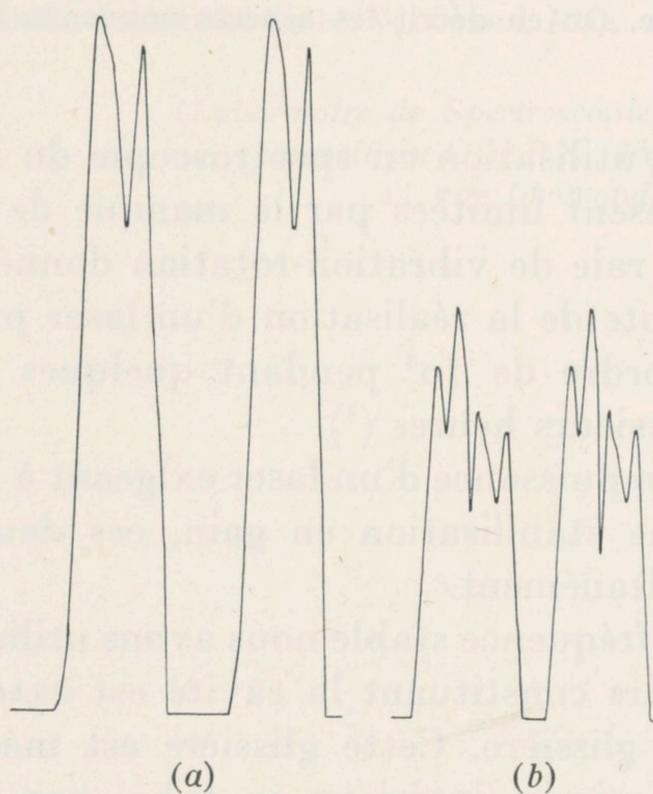


Fig. 1.

(a) Cas d'un mode unique (TEM $00k$).

(b) Cas de deux modes.

carbonique et nous rapportons ici les aspects nouveaux présentés par ce « Lamb dip ».

Un balayage en fréquence de la cavité est assuré, soit par une variation linéaire de pression de l'air contenu dans une cuve placée dans la cavité, soit par une céramique piézoélectrique qui commande la translation de l'un des miroirs et sur laquelle est appliquée une tension en forme de dents de scie. On peut, grâce à ce balayage, enregistrer une succession de profils correspondant chacun à un mode longitudinal présentant un « Lamb dip » (*fig. 1 a*). On peut également en ouvrant le diaphragme enregistrer, à côté des précédents, les profils correspondant à des modes non axiaux (*fig. 1 b*)⁽³⁾.

Caractéristique de la saturation d'une raie inhomogène (raie élargie par effet Doppler) par un champ électromagnétique stationnaire, le phénomène tend à disparaître lorsque la pression est suffisante pour que les collisions

restituent l'homogénéité de la raie. C'est donc à des pressions relativement faibles que nous avons pu enregistrer un « Lamb dip » pour le laser à CO_2 décrit ci-dessus : 100 à 500 μ pour le gaz carbonique et 0,2 à 1,5 torr pour l'air ou l'azote avec un débit gazeux de l'ordre de 0,5 l/mn TPN. Il faut d'autre part que le gain soit bien supérieur aux pertes dans la cavité pour que la baisse de puissance se manifeste. C'est pourquoi seule est extraite du laser l'énergie réfléchiée par une lame de chlorure de potassium sous incidence brewstérienne.

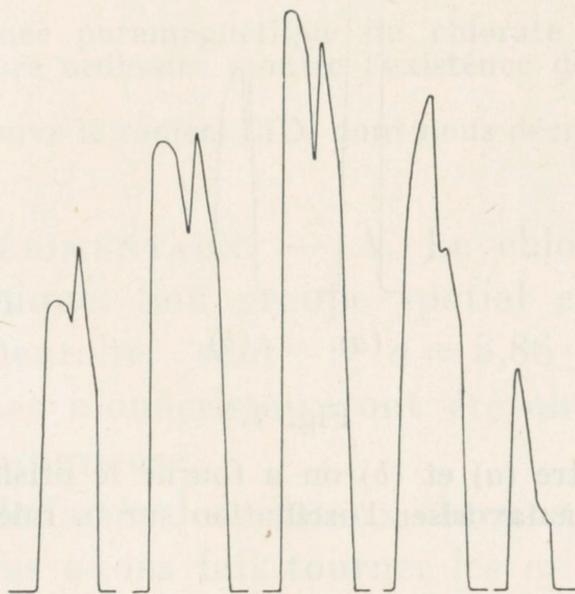


Fig. 2.

Malheureusement malgré l'introduction du prisme dans la cavité il ne nous a pas encore été possible d'empêcher l'oscillation simultanée d'une autre raie pendant une partie du balayage de la courbe de puissance correspondant à la raie choisie.

Comme les gains des différentes raies de vibration-rotation sont fortement couplés par la thermalisation rotationnelle, ceci se traduit par une déformation des profils enregistrés qui apparaissent complètement dissymétriques. On peut même par la rotation du prisme modifier les amplitudes relatives des oscillations sur les deux raies et déformer à volonté le profil enregistré (fig. 2).

Si l'on ferme davantage le diaphragme pour augmenter la sélectivité du prisme le « Lamb dip » n'apparaît plus que très faiblement, en partie par suite de l'augmentation des pertes pour la raie choisie.

Nous n'avons donc provisoirement pas pu ajuster aux courbes expérimentales une formule théorique comme l'ont fait Szöke et Javan pour le laser à He-Ne [(4), (5)].

Pour donner un ordre de grandeur, la largeur à mi-hauteur du « Lamb dip » varie entre 4 et 8 MHz pour une pression totale variant entre 0,4 et 1,8 torr. On peut se rendre compte des positions relatives des oscillations sur les différentes raies en tournant le réseau du spectromètre récepteur au cours du balayage et l'on peut ainsi vérifier que la puissance diminue sur une raie lorsqu'une autre commence à osciller.

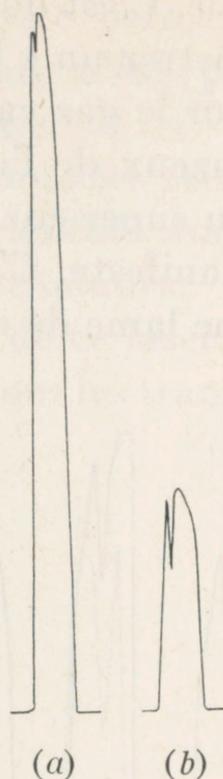


Fig. 3.

Entre (a) et (b) on a tourné le prisme de façon à favoriser l'oscillation sur la raie voisine.

Une situation intéressante est obtenue lorsque le « Lamb dip » d'une raie coïncide avec le maximum de l'autre. La profondeur relative du « Lamb dip » est alors fortement accrue (fig. 3).

Nous avons pu rendre compte de ce phénomène par une théorie simplifiée qui sera développée par ailleurs. C'est grâce à l'absence de bruit notable dans l'enregistrement des « Lamb dips » que nous avons pu nous assurer que la stabilité en fréquence du laser est certainement supérieure à 10^8 à court terme. La stabilité en fréquence à long terme a pu être appréciée en enregistrant les fluctuations de puissance, la fréquence de résonance du laser étant fixée sur le flanc de la raie.

En conclusion le « Lamb dip » mis en évidence pour les raies laser vers 10μ devrait permettre d'améliorer encore la stabilisation en fréquence du laser à gaz carbonique. On peut aussi utiliser l'oscillation simultanée sur deux raies pour augmenter la profondeur du « Lamb dip ».

(*) Séance du 13 novembre 1967.

(¹) La stabilité $S(t)$ d'une grandeur I est définie ici comme le rapport $S(t) = I/\Delta I(t)$, où $\Delta I(t)$ est la fluctuation de la grandeur pendant le temps t d'observation.

(²) W. E. LAMB Jr, *Phys. Rev.*, 134, 1964, p. 1429.

(³) La dissymétrie des profils enregistrés est, comme nous le verrons plus loin, liée au fait que pour une même longueur optique de la cavité, deux modes différents peuvent coïncider avec deux raies de vibration-rotation différentes.

(⁴) A. SZÖKE et A. JAVAN, *Phys. Rev. Lett.*, 10, 1963, p. 521.

(⁵) A. SZÖKE et A. JAVAN, *Phys. Rev.*, 145, 1966, p. 137.

(Laboratoire de Spectroscopie Moléculaire,
Faculté des Sciences, 9, quai Saint-Bernard, Paris, 5^e.)