

ÉLECTRONIQUE QUANTIQUE. — *Mise en évidence expérimentale du phénomène de dispersion saturée dans l'iode à 5 145 Å.* Note (*) de MM. **Christian Bordé, Georges Camy, Bernard Decomps et Lionel Pottier**, présentée par M. Alfred Kastler.

On décrit un montage interférométrique permettant la mise en évidence directe, l'étude et l'utilisation de la dispersion saturée d'un gaz moléculaire à l'extérieur de la cavité d'un laser. Ce dispositif fournit un moyen commode pour la stabilisation en fréquence des lasers.

Le phénomène d'absorption saturée, qui permet d'obtenir des raies non élargies par effet Doppler du premier ordre, trouve une application importante dans la stabilisation en fréquence des lasers à gaz⁽¹⁾. A ce signal d'absorption saturée correspond une variation d'indice de réfraction du gaz, que nous appellerons dispersion saturée, et dont la théorie de Lamb des lasers à gaz⁽²⁾ donne une expression simplifiée en champ faible. La dispersion saturée d'un gaz absorbant dans la cavité laser a été mise en évidence par Barger et Hall sous forme d'une inflexion dans la courbe donnant la fréquence de sortie en fonction de la longueur de la cavité⁽¹⁾. Il est tentant d'utiliser pour la stabilisation du laser le signal de dispersion saturée, qui constitue un signal d'erreur sans modulation. Ceci se réalise sans problème dans le domaine des micro-ondes, où la stabilisation d'un interféromètre

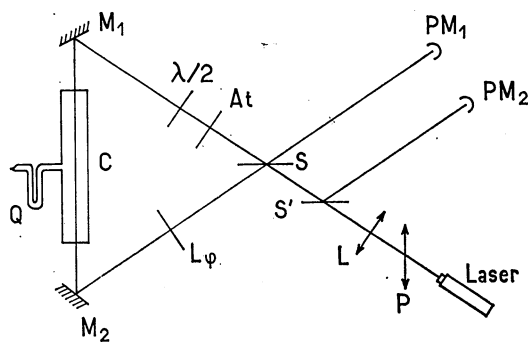


Fig. 1

ne pose pas de problème; ceci a conduit au montage de Pound⁽³⁾ pour la stabilisation des klystrons. Dans le domaine optique, il fallait trouver un interféromètre quasiment indéglable, sous peine d'avoir à stabiliser également l'interféromètre. Une configuration répondant à cette condition est le montage en anneau représenté sur la figure 1; S est une séparatrice qui divise le faisceau incident en deux faisceaux d'intensités égales; M₁ et M₂ sont deux miroirs plans. Cet interféromètre n'est sensible qu'à un phénomène non réciproque produisant une différence de marche entre les trajets SM₁M₂S et SM₂M₁S. Or un gaz saturable contenu dans la cuve C permet d'introduire une non-réciprocité s'il est soumis à deux ondes d'intensités différentes: l'onde forte va saturer la dispersion de l'onde faible, tandis que l'onde faible n'aura que très peu d'influence sur l'onde forte. En introduisant une lame atténuatrice At dans l'interféromètre on crée dans la cuve une dissymétrie entre les deux ondes. On s'attend donc à observer le signal de dispersion souhaité au centre de chaque raie d'absorption, et ceci sur chacun des détecteurs PM₁ et PM₂. Les deux détec-

teurs voyant des états d'interférence complémentaires, on fera la différence des signaux électriques. Il est bien connu qu'un tel interféromètre n'est sensible au premier ordre à la différence de marche que si on introduit un déphasage de $\pi/2$ entre les deux ondes. Un façon commode de régler leur différence de marche exploite une différence de polarisation entre les deux ondes : il suffit d'éclairer l'interféromètre avec de la lumière polarisée rectilignement au moyen du polarisateur P; une lame demi-onde placée dans l'interféromètre permet alors d'avoir sur tout le trajet SM_1M_2S des polarisations perpendiculaires pour les deux faisceaux. Par contre ils ressortent vers les détecteurs avec une même polarisation et peuvent interférer. De plus, la lumière réfléchie vers le laser est arrêtée par le polariseur P. On peut maintenant introduire un déphasage réglable au moyen d'une

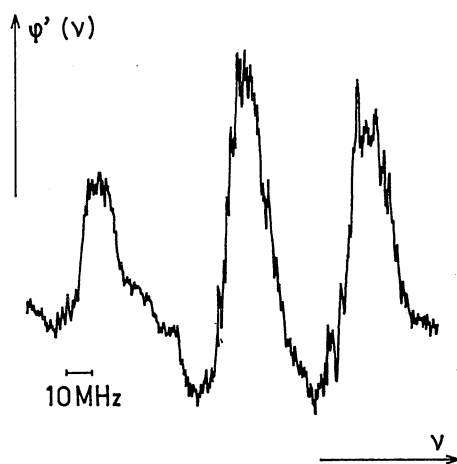


Fig. 2

lame L_φ de biréfringence réglable et d'axes parallèles aux polarisations des deux faisceaux. Suivant ce déphasage, on observe un signal d'absorption, un signal de dispersion ou un mélange des deux.

L'expérience a été réalisée en utilisant comme source un laser à argon ionisé délivrant de façon monomode une puissance d'environ 500 mW sur la raie 5 145 Å. Un des miroirs du laser, monté sur céramique piézoélectrique, permet de faire varier continûment la fréquence sur une largeur de 200 MHz. Le gaz saturable choisi est l'iode 127, qui possède de nombreuses raies d'absorption dans le domaine de fréquence que permet de couvrir ce laser. En condensant l'iode par l'azote liquide dans le queusot Q on fait disparaître les signaux dus à l'iode : on peut ainsi les distinguer des signaux parasites éventuels. Une lentille L, de focale 90 cm, permet d'obtenir un paramètre de saturation appréciable dans la cuve. Dans une première étape, la fréquence du laser a été modulée pour permettre une détection synchrone; la figure 2 montre un enregistrement typique de la dérivée du signal de dispersion dû à trois raies successives (balayage unique effectué en 10 mn, avec une constante de temps de 1 s). Le bruit est dû principalement aux fluctuations de l'intensité du laser et aux turbulences de l'air ambiant dans l'interféromètre. La largeur obtenue pour les pics (20 à 30 MHz) est en majeure partie imputable aux instabilités de fréquence du laser à argon, la seule limitation réelle étant la largeur naturelle, estimée à environ 100 kHz ⁽⁴⁾. Les résultats de cette expérience préliminaire doivent donc pouvoir être

considérablement améliorés, tant sur le plan du rapport signal/bruit que sur celui de la largeur des raies, par un meilleur contrôle de la fréquence du laser à argon. Il est également facile d'envisager des réflexions multiples dans la cuve d'iode, ainsi que le remplacement de la séparatrice S' par un prisme de Glan. Notons enfin que la méthode est applicable à tout couple laser-gaz-absorbant.

(*) Séance du 23 juillet 1973.

(¹) R. L. BARGER et J. L. HALL, *Phys. Rev. Lett.*, 22, 1969, p. 4.

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

(³) Cf. C. H. TOWNES et A. L. SCHAWLOW, *Microwave Spectroscopy*, Mc Graw-Hill, 1955, p. 475-476 et 483-484.

(⁴) L. A. HACKEL, D. G. YOUMANS et S. EZEKIEL, *Proceedings of the 27th Frequency Control Symposium*, Cherry Hill, New Jersey, juin 1973.

*Laboratoire de Physique des Lasers,
Centre Scientifique Polytechnique,
93206 Saint-Denis.*