

Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 14 (1961)
Heft: 10: Colloque Ampère

Artikel: Absorption de l'oxygène dans la région des ondes millimétriques
Autor: Battaglia, A. / Gozzini, A. / Iannuzzi, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-739601>

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: 19.07.2025

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

Absorption de l'oxygène dans la région des ondes millimétriques

par A. BATTAGLIA, A. GOZZINI et M. IANNUZZI

Istituto di Fisica dell'Università di Pisa

Summary.

Precise measurements of the microwave absorption by oxygen at various frequencies and pressures are reported. The anomalous behaviour of the resonant part of the absorption, found by Maryott and Birnbaum at lower frequencies and at pressures above 10 atmospheres, has been evidenced at higher frequencies and lower pressures.

1. Récemment A. Maryott et G. Birnbaum [1] (M. B.) ont mesuré l'absorption de l'oxygène aux fréquences de 9 et 23.3 kMc/s, en fonction de la pression, pour des pressions allant de 3 jusqu'à 70 atmosphères. L'absorption mesurée est sensiblement plus élevée, aux pressions supérieures à 10 atmosphères, de celle déduite par la théorie de Van Vleck et Weisskopf. A ces fréquences soit la partie résonnante que la partie non résonnante de l'absorption donnent une contribution à l'absorption totale. M.B. ont mesuré aussi l'absorption à la fréquence de 2.3 kMc/s (ou la contribution de la partie résonnante est négligeable) pour déterminer la contribution de la partie non résonnante à l'absorption aux autres fréquences. Pour expliquer les divergences entre l'absorption observée et celle déduite par la théorie de V. Vleck-Weisskopf, M.B. font l'hypothèse que l'absorption non résonnante est représentable par une raie à fréquence zéro, de largeur de 540 Mc/atmosphère, tandis que l'absorption résonnante est représentable par une raie à 60 kMc dont la fréquence diminue avec l'augmentation de la pression, et la largeur croît moins vite que proportionnellement à la pression. Un tel phénomène a été observé par plusieurs auteurs pour NH_3 [2] et ND_3 [3].

M. Mizushima [4] donne une explication des résultats de M.B. tout à fait différente. Suivant sa théorie, le maximum de l'absorption non résonnante doit se déplacer aux fréquences élevées à l'augmenter de la pression, tandis

que la fréquence du maximum de l'absorption résonnante ne change pas sensiblement avec la pression. Les mesures faites n'étant pas suffisantes pour décider entre les deux théories, nous avons mesuré l'absorption à un

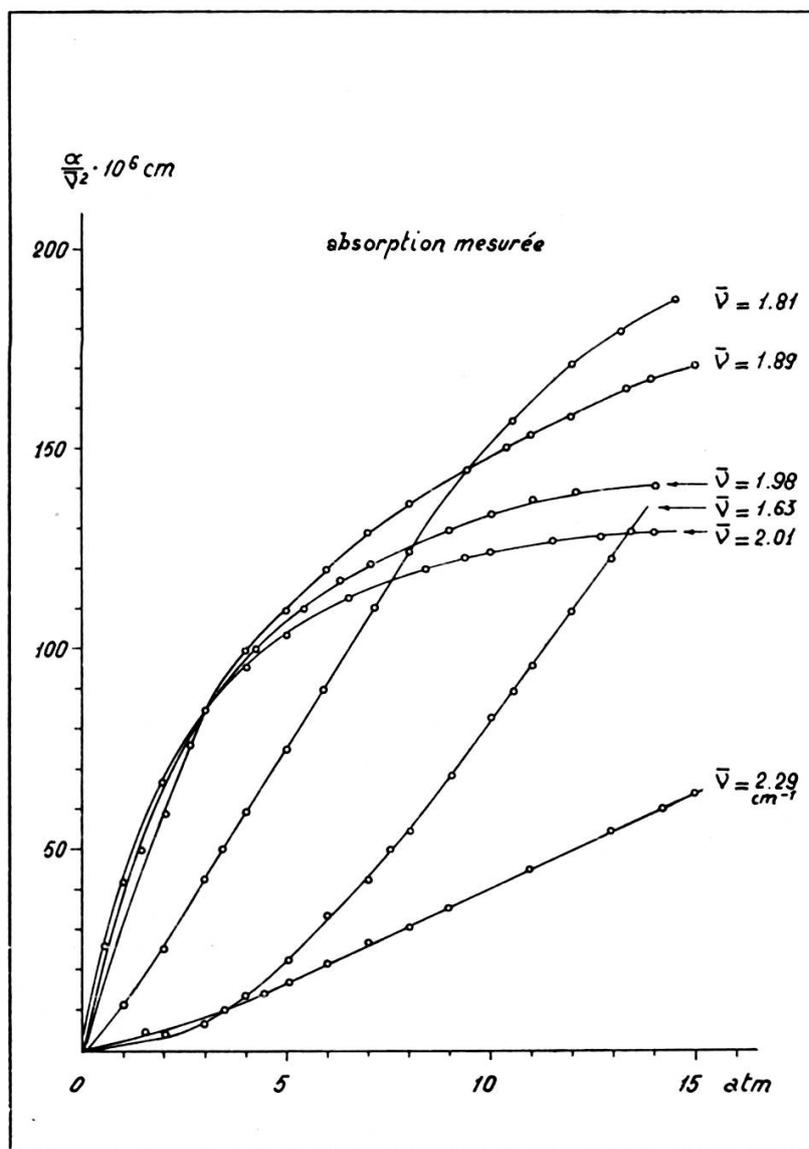


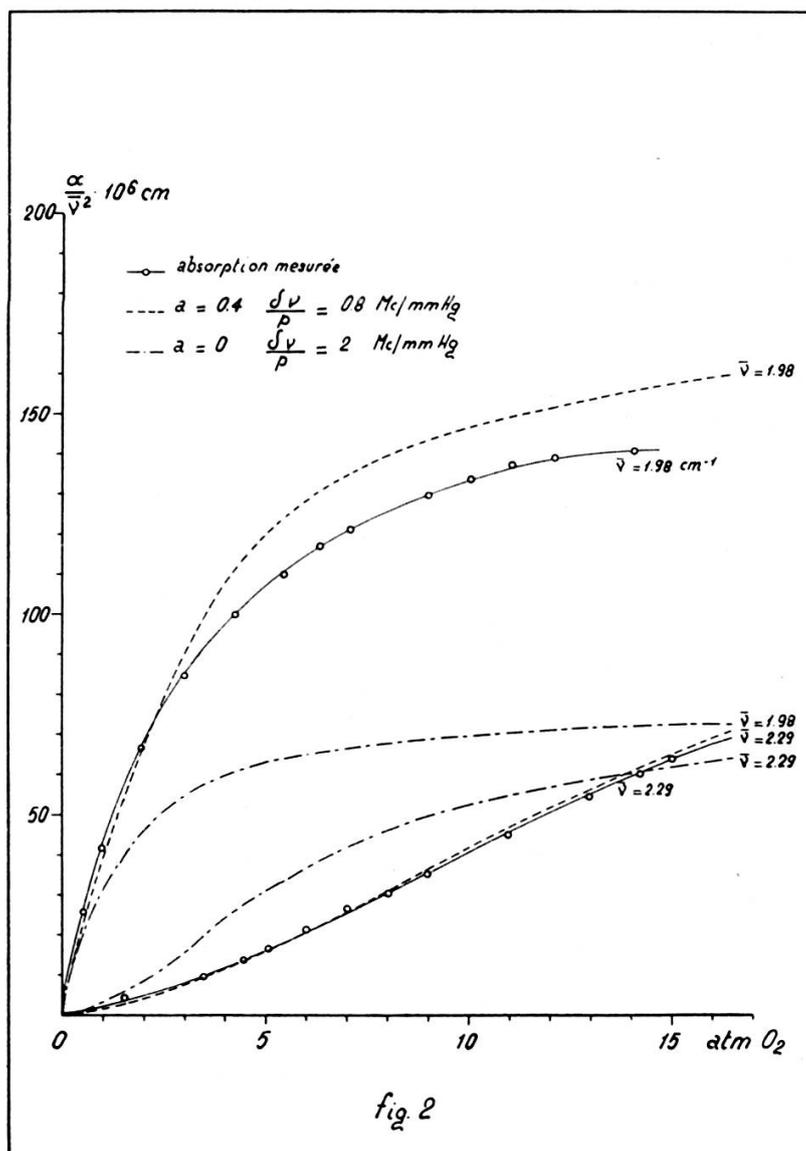
Fig. 1.

grand nombre de fréquences dans la région de la résonance, où, aux pressions de nos mesures, la contribution de l'absorption non résonnante peut être négligée.

2. La technique employée pour mesurer l'absorption et la réfraction d'un gaz en fonction de la pression a été déjà décrite [5]. Les changements

du facteur Q et de la fréquence de résonance d'une cavité, dûs à l'introduction du gaz, sont mesurés par une technique d'impulsions.

On a mesuré l'absorption à nombreuses fréquences, entre 48 et 70 kMc/s, pour des pressions allant de 0 à 14 atmosphères.

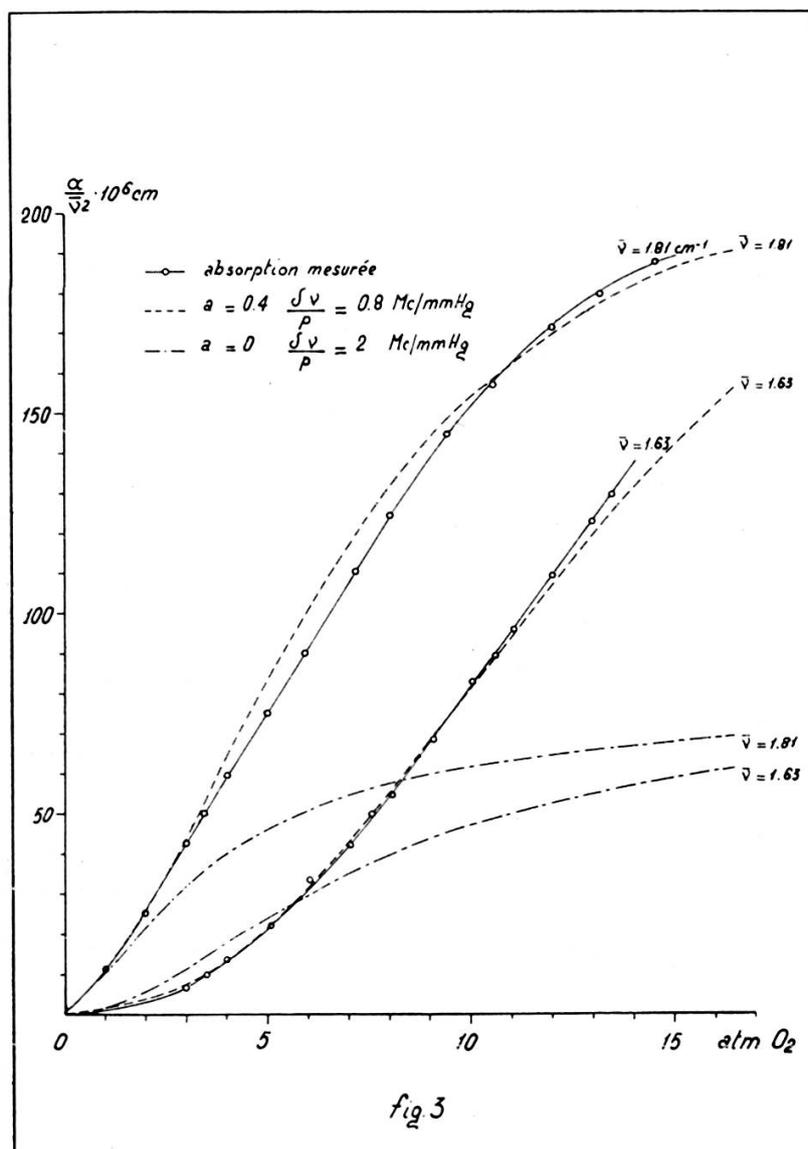


L'oxygène était du type commercial, de pureté 99%; l'impureté principale étant l'azote.

A chaque fréquence et pression, les mesures ont été répétées plusieurs fois, avec deux systèmes différents de cavités. Les différences maxima entre les valeurs mesurées de l'absorption n'ont pas dépassé le 5%.

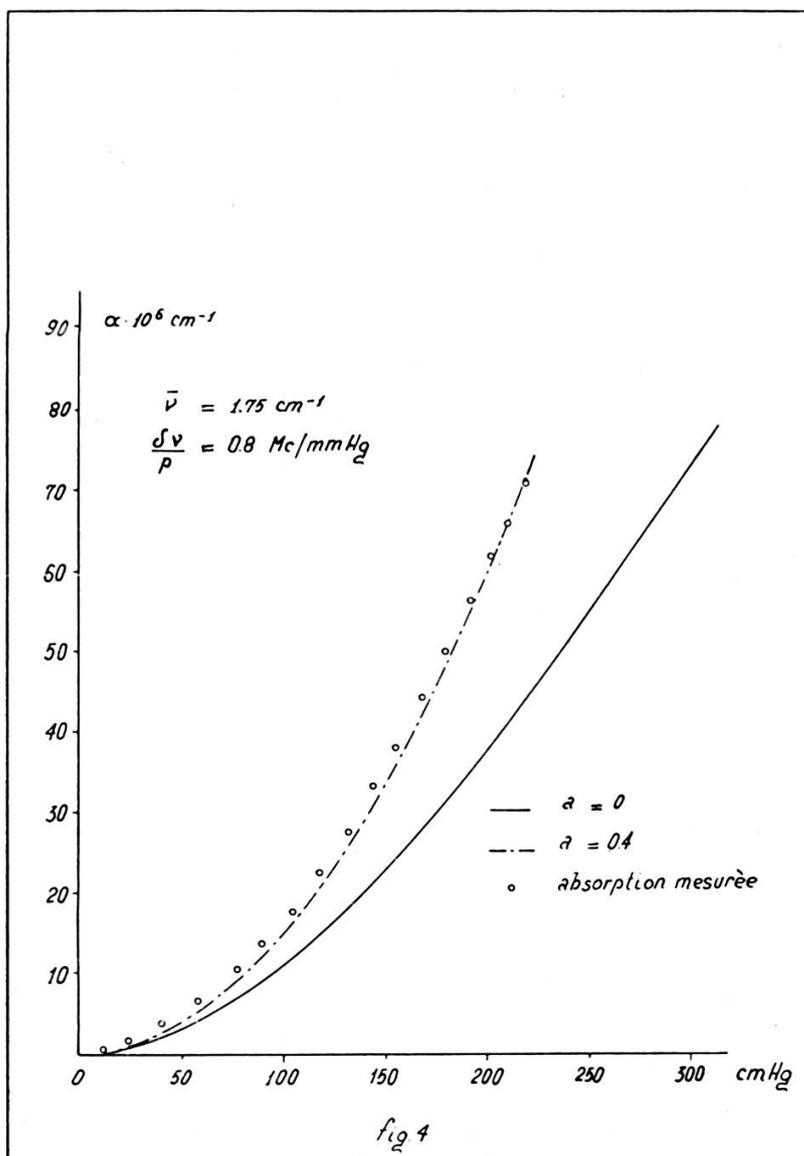
En fig. 1 sont reportés les résultats obtenus à six fréquences différentes.

3. Dans son état électronique fondamental, la molécule d'oxygène possède un moment cinétique de spin $S = 1$. Celui-ci se couple avec le moment cinétique de rotation K pour donner un moment cinétique



résultant J qui peut prendre les trois valeurs $K - 1$, K , $K + 1$. L'énergie de couplage correspondant à ces trois valeurs étant différente, chaque niveau rotationnel K se subdivise en trois niveaux, caractérisés par la valeur de J , dont le niveau $J = K$ est le plus élevé. Des transitions sont permises entre les niveaux de triplet d'un même état rotationnel K , avec

les règles de sélection $\Delta K = 0$, $\Delta J = \pm 1$. La différence d'énergie entre les niveaux $J = K$ et $J = K-1$ et $J = K$ et $J = K+1$ étant presque la même et presque indépendante de K , le spectre microonde de l'oxygène

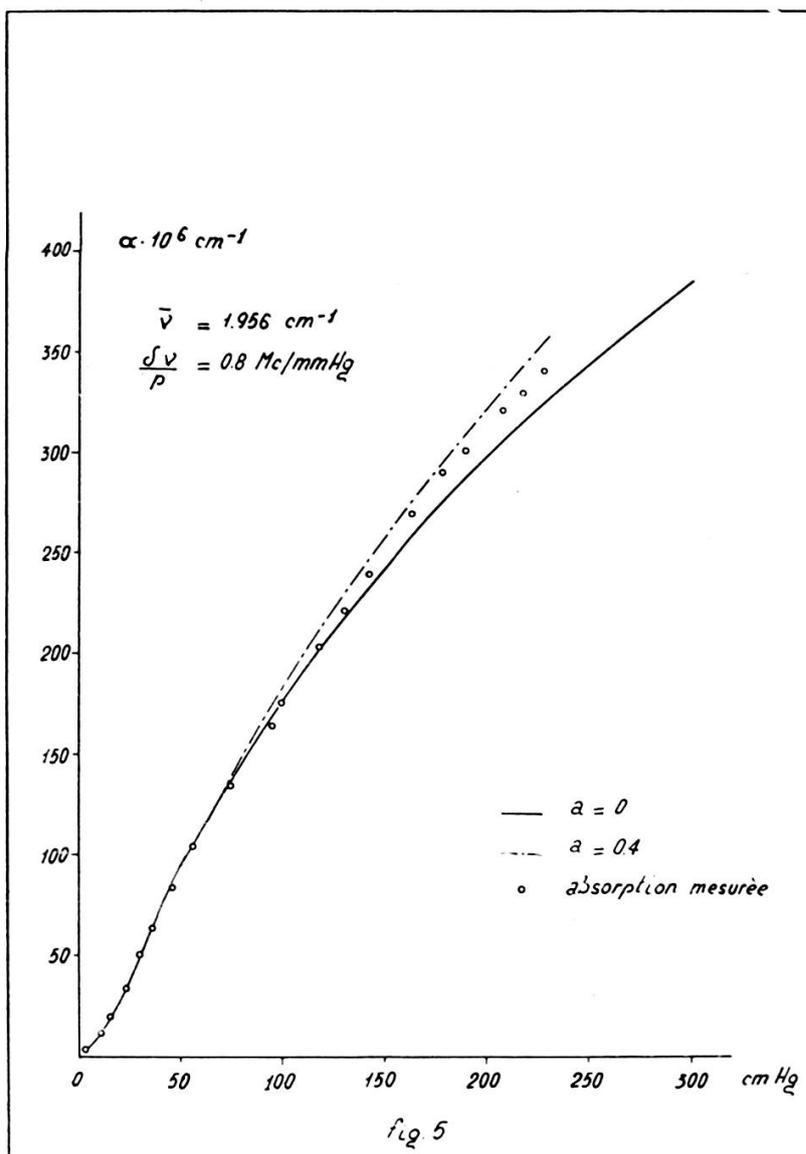


est formé de nombreuses raies de fréquence près de 60 kMc/s (à l'exception de la transition $K = 1$, $J = 0 - 1$ qui tombe à 118.7 kMc/s).

Il y a aussi une absorption non résonnante, du type de la relaxation de Debye, discuté en détail par Van Vleck [6]. Aux fréquences et pressions de nos mesures, la contribution de cette absorption est tout à fait négligeable.

Indiquant avec α_K^+ et α_K^- l'absorption à la fréquence ν et pression p due respectivement aux transitions $J = K + 1 \rightarrow K$ et $J = K - 1 \rightarrow K$ du niveau rotationnel K , l'absorption résonnante totale sera

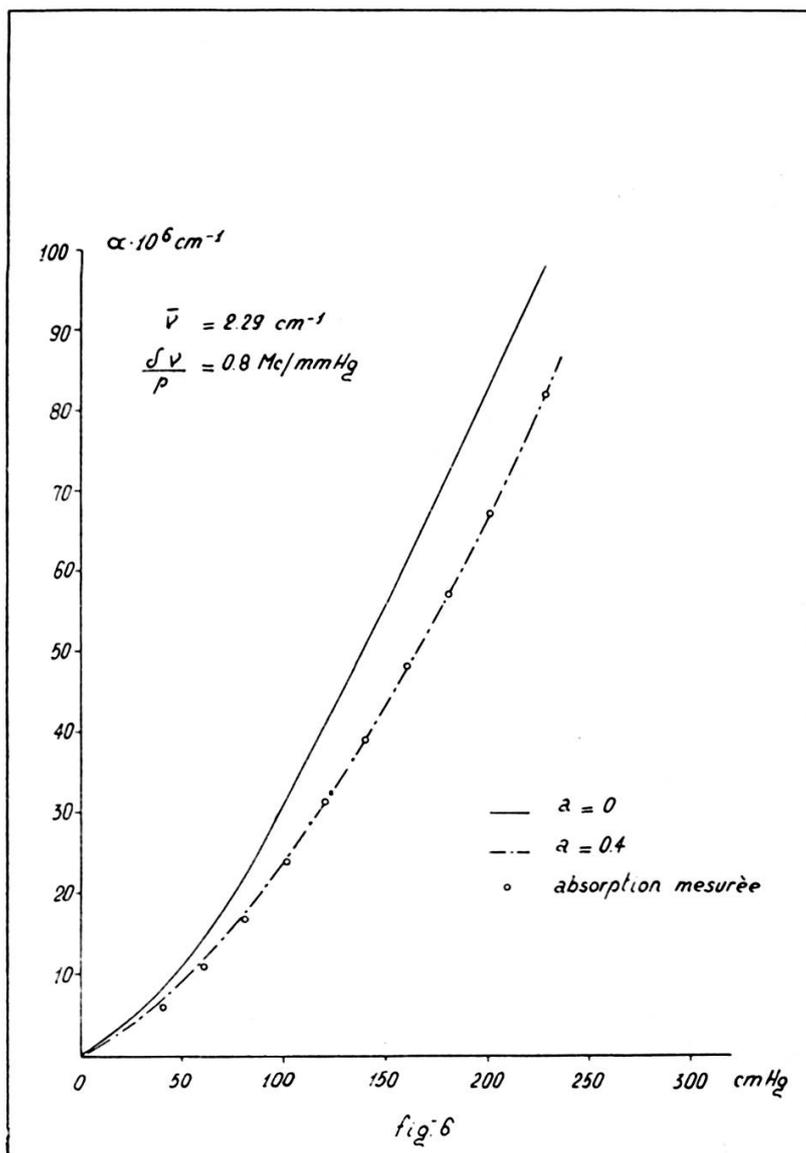
$$\alpha(\nu, p) = \sum_K (\alpha_K^+ + \alpha_K^-)$$



où la sommation est étendue aux valeurs impaires $K = 1, 3, \dots$, les états pairs étant exclus par la symétrie de la molécule O_2 . Le spectre de l'oxygène à basse pression a été étudié par plusieurs auteurs et les fréquences et intensités de nombreuses raies ont été déterminées [7].

La largeur a été trouvée presque la même pour toutes les raies, de 1,95 Mc/mmHg [8].

Pour comparer l'absorption mesurée avec les théories de M.B. et Mizushima, nous avons pris pour chaque raie une forme de V. Vleck-



Weisskopf avec un shift de la fréquence de résonance proportionnel à la pression, soit:

$$\alpha_K^\pm = \gamma_K^\pm (\Delta_K^\pm \nu/p) \frac{\nu^2}{(\nu_K^\pm - ap)^2} P \left[\frac{\delta\nu}{(\nu - \nu_K^\pm + ap)^2 + \delta^2\nu} + \frac{\delta\nu}{(\nu + \nu_K^\pm - ap)^2 + \delta^2\nu} \right]$$

ou les γ_K^\pm , $\Delta_K^\pm \nu$ et ν_K^\pm représentent les intensités, largeurs et fréquences des raies à basse pression, et $\delta\nu$ la largeur des raies à la pression p , que l'on a supposé la même pour toutes les raies.

Négligeant les termes en $(\nu + \nu_K^\pm - ap)^2$, dont la contribution est petite, nous avons calculé la quantité:

$$\frac{\alpha(\nu, p)}{\bar{\nu}^2} = c^2 p \sum_K \frac{\gamma_K^\pm (\Delta_K^\pm \nu/p)}{(\nu_K^\pm - ap)^2} \frac{\delta\nu}{(\nu - \nu_K^\pm + ap)^2 + \delta^2\nu}. \quad (1)$$

On a utilisé pour $\gamma_K^\pm (\Delta_K^\pm \nu/p)$ et ν_K^\pm , ν_K^- les valeurs réportées par Artman [8].

Si l'on pose $\frac{\delta\nu}{p} = \frac{\Delta\nu}{p} = 1.95$ Mc/mmHg, et pour a la valeur de 0.4 Mc/mmHg (déduite des mesures de M.B. à 10 atmosphères), l'allure qualitative des courbes (1) est la même que celle des courbes expérimentales, mais l'absorption mesurée résultante est sensiblement plus forte. Dans l'hypothèse que la largeur des raies croît moins vite que la pression, et en assumant une largeur moyenne de 0.8 Mc/mmHg, on obtient un accord satisfaisant entre les courbes (1) et les courbes expérimentales, dans l'hypothèse du shift.

Dans les figures 2 et 3 les courbes expérimentales, à quatre fréquences différentes, sont comparées aux courbes (1) calculées aux mêmes fréquences avec les valeurs $a = 0.4$ Mc/mmHg; $\frac{\delta\nu}{p} = 0.8$ Mc/mmHg et $a = 0$; $\frac{\delta\nu}{p} = 1.95$ Mc/mmHg respectivement.

Dans les figures 4, 5 et 6 on a reporté l'absorption mesurée à deux fréquences dans les ailes de la courbe d'absorption, et à une fréquence centrale, ainsi que l'absorption déduite des courbes (1), (calculées pour la valeur 0.8 Mc/mmHg du paramètre $\delta\nu/p$), dans le cas d'absence du shift ($a = 0$), et d'un shift de 0.4 Mc/mmHg.

Dans les ailes, l'effet du shift est observable aux pressions de quelque dizaine de cm Hg.

BIBLIOGRAPHIE

1. MARYOTT, A. A. and G. BIRNBAUM, *Journ. of Chem. Phys.*, 32, 689 (1960).
2. BLEANEY, B. and J. LOUBSER, *Proc. Phys. Soc. A*, 63, 483 (1960).
3. BIRNBAUM, G. and A. A. MARYOTT, *Phys. Rev.*, 92, 270 (1953).
4. MIZUSHIMA, M., *Journ. of Chem. Phys.*, 32, 691 (1960).

5. BATTAGLIA, A., F. BRUIN and A. GOZZINI, *N. Cim.*, *X*, 87 (1958).
— G. BOUDOURIS, F. BRUIN, A. GOZZINI, I. ILIAS, *Onde El. Suppl. Spec.*, 430 (1958).
A. GOZZINI, *A.R.D.C. Technical Rep.*, Centro Microonde C.N.R. (1950).
 6. VAN VLECK, J. H., *Phys. Rev.*, *71*, 413 (1947).
 7. BURKHALTER, J. H., R. ANDERSON, W. V. SMITH and W. GORDY, *Phys. Rev.*, *82*, 264 (1951).
ANDERSON, R., W. V. SMITH and W. GORDY, *Phys. Rev.*, *87*, 561 (1952).
ARTMAN, J. O. and J. P. GORDON, *Phys. Rev.*, *96*, 1237 (1954).
TINKHAM, M. and M. P. STRANDBERG, *Phys. Rev.*, *99*, 537 (1955).
 8. ARTMAN, J. O., Thesis, Columbia University (1953), pp. 12, 55, 57.
-