

Un dispositif simple et peu coûteux pour la démonstration de la résonance cyclotron dans un gaz basse pression

par J.M. PARIS et J.G. THÉOBALD
Faculté des Sciences, 25030 Besançon

L'effet cyclotron est l'accélération d'un électron obtenue en appliquant un champ électrique \vec{E} périodique (de pulsation ω) à l'électron placé dans un champ magnétique continu. La résonance se produit si $\omega = \frac{eB}{m}$. On cite généralement l'appareil appelé cyclotron et qui inspire aux masses recueillies une admiration sans bornes due en particulier au prix élevé de l'instrument. La résonance cyclotron peut aussi être obtenue dans les solides aux basses températures.

On montre très facilement cet effet en produisant une décharge microonde dans un gaz sous pression réduite placé dans un électroaimant ; les quelques électrons isolés dans le gaz sont accélérés par un champ électrique H.F. ou hyperfréquence perpendiculaire à B ; ils acquièrent une énergie suffisante pour ioniser le gaz ; le résultat est d'autant plus facilement obtenu que la condition $\omega = \frac{eB}{m}$ est satisfaite. On peut, si on dispose d'un magnétron, obtenir sans effort le résultat.

On y arrive aussi en utilisant une diode Gunn ou un klystron 2 K25 qui délivrent environ une vingtaine de milliwatts à 9000 MHz. Le seul problème est dans la construction de la cavité résonante. On peut en réaliser plusieurs versions.

1. La cavité peut être cylindrique et fonctionner sur le mode TE₀₁₁. Dans ce cas, les lignes de force du champ électrique ont l'allure représentée (G. RAOULT, les ondes centimétriques, Masson, Paris 1958 - G. GOUDET, P. CHAVANCE, ondes centimétriques, lignes circuits antennes, Chiron, Paris 1955).

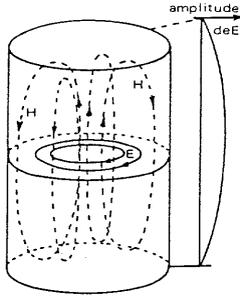


Figure 1

On obtient la résonance à 9300 MHz en donnant à la cavité un diamètre et une hauteur de 4,3 cm. On usine le corps dans un tube de laiton dont les bouts seront dressés et on y ménage le logement de deux joints à vide. On fraise un méplat jusqu'à avoir une épaisseur de 1,5 millimètre. On percera au milieu de la paroi et en son endroit le plus mince un trou de couplage de 1 cm de diamètre. On soude une longueur de guide «3 cm» (bande X) et un flasque bien dressé ; une feuille de plastique mince mais légèrement raide (rhodoïd) est serrée par les 2 flasques (celui de la cavité et celui du guide d'alimentation) préalablement enduits de graisse à vide (pour étanchéité). On ménage dans une paroi du guide un trou de 2 mm environ et on soude un tube de cuivre pour le départ vers la pompe.

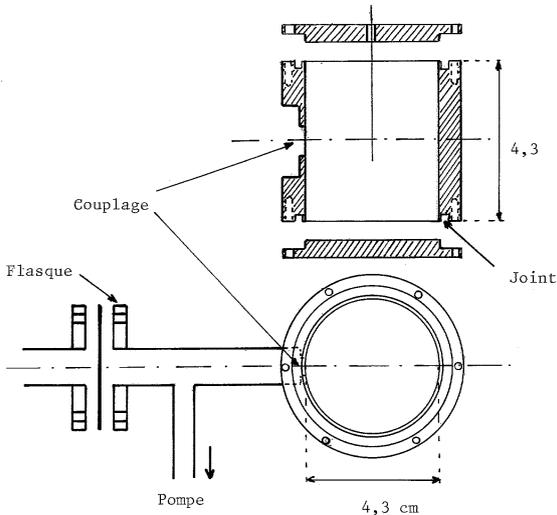


Figure 2

On usine des couvercles de la cavité en laiton ou en polystyrène ; dans ce dernier cas, on les métallisera sur la face intérieure à l'aide d'une peinture conductrice, ou plus simplement en collant un papier métallisé à l'intérieur du couvercle. On pourra ménager un orifice dans cette métallisation sans que la surtension de la cavité en souffre trop, pour observer la décharge soit directement à l'œil, soit à l'aide d'une photodiode etc.

Dans le cas où les couvercles seraient en métal plein, on pourra disposer au centre de l'un d'eux un passage électrique à vide et souder un fil de 2 à 3 cm de longueur qui correspondra à l'axe de la cavité ; il servira comme une sonde de Langmuir pour étudier le courant continu engendré par la décharge entre cette sonde et la carcasse centrale de la cavité ; situé sur l'axe de la cavité, il ne perturbera pas son fonctionnement pour le mode choisi.

La cavité est disposée dans un électroaimant de telle sorte que B soit parallèle à l'axe. Le montage hyperfréquence comporte un klystron ou une diode Gunn, un isolateur, un coupleur à 10 dB permettant d'une part d'alimenter la cavité et d'autre part, de l'observer par réflexion. Dans le cas où on utilise une diode Gunn, l'usage d'un bon isolateur est indispensable pour la protéger des à-coups de la décharge dans la cavité. Pour observer la résonance, on forme le mode du klystron ou de la diode Gunn, on en promène la fréquence de façon à observer la résonance de la cavité, on met la pompe en route et on produit un champ de 0,3 T. Quand la pression est de 0,5 à 0,2 mm environ, la décharge apparaît. En faisant varier B on met sans peine en évidence le phénomène de résonance qu'on peut observer directement ou avec un détecteur optique, ou en mesurant avec un galvanomètre le courant de la sonde de Langmuir, ou encore en observant dans le mode du klystron la cavité profondément modifiée par la décharge.

La largeur de la résonance est de l'ordre de la centaine de gauss, autrement dit l'électroaimant n'a pas besoin d'être très performant sous le rapport de l'homogénéité. Un électroaimant sommaire construit avec un noyau en U et 2 bobines est suffisant ;

2. On peut aussi réaliser la cavité dans un guide bande X fermé par un piston, même sommaire, mais réglable.

La cavité est montée avec un iris de couplage de 1 cm de diamètre environ. A 1 cm (ou 3 cm) du couplage, on perce au milieu des deux

grands côtés du guide deux trous de 8,5 mm environ se faisant face. Ils serviront à introduire un tube en verre scellé à un bout et relié à une pompe à vide. On cherche la résonance de la cavité vide, puis on introduit progressivement le tube de pyrex en maintenant une des résonances de la cavité (le pyrex modifiant les conditions de l'accord).

Lorsque la condition $\omega = \frac{eB}{m}$ est satisfaite et la pression convenable (0,5 mm) on observe la résonance. La surtension de la deuxième cavité est plus faible que la première ; il peut être nécessaire d'aider l'amorçage en produisant une étincelle au voisinage du tube.

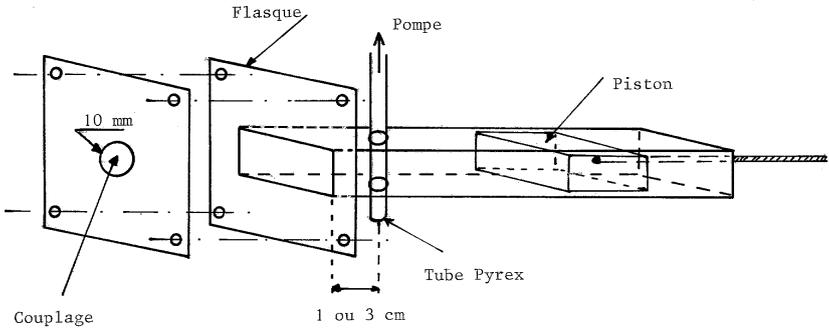


Figure 3