



HAL
open science

Diagnostic par interférométrie 8 mm, d'un plasma de section quasi rectangulaire, produit par une décharge réflex. Comparaison des résultats obtenus pour l'argon et le néon

A. Bottreau, Cl. Marzat

► **To cite this version:**

A. Bottreau, Cl. Marzat. Diagnostic par interférométrie 8 mm, d'un plasma de section quasi rectangulaire, produit par une décharge réflex. Comparaison des résultats obtenus pour l'argon et le néon. *Revue de Physique Appliquée*, 1971, 6 (2), pp.241-245. 10.1051/rphysap:0197100602024100 . jpa-00243535

HAL Id: jpa-00243535

<https://hal.science/jpa-00243535>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

DIAGNOSTIC PAR INTERFÉROMÉTRIE 8 mm, D'UN PLASMA DE SECTION QUASI RECTANGULAIRE, PRODUIT PAR UNE DÉCHARGE RÉFLEX. COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS POUR L'ARGON ET LE NÉON

par A. BOTTREAU et Cl. MARZAT

Laboratoire d'Optique Ultra-Hertzienne, Faculté des Sciences de Bordeaux

Résumé. — Des mesures de la phase et du module du coefficient de transmission complexe d'un plasma, les auteurs déduisent la largeur à mi-hauteur de la courbe de distribution électronique et la densité au centre, en fonction des différents paramètres de la décharge. On obtient, pour la géométrie donnée de l'appareil une courbe caractéristique permettant de déterminer par une seule mesure (phase ou module de coefficient de transmission) les caractéristiques de la distribution électronique du plasma.

Abstract. — From the measures of phase and complex transmission module of a plasma, the authors deduce both the width at half-height of the electronic distribution curve and the density at the center as a function of the various discharge parameters. We obtain for the given geometry of the device a typical curve which enables by a sole measurement (phase or transmission coefficient module) the determination of the characteristics of plasma electronical distribution.

I. Ensemble expérimental. — L'interféromètre utilisé, dont on peut trouver le détail et les différentes mises au point par ailleurs [1], [2], [3], [4] (Fig. 1) est en fait un double interféromètre à 2 voies.

onde de référence arrive à une jonction hybride où elle se mélange avec l'onde de mesure qui a traversé le milieu à étudier.

On mesure le déphasage introduit par le milieu par déplacement d'un des cornets, on obtient également de cette manière le module du coefficient de transmission. Dans le cas des plasmas qui possèdent en général un bruit propre, nous avons mesuré l'absorption en utilisant un atténuateur calibré placé dans la branche de référence et en cherchant le minimum minimum des franges interférométriques.

Le plasma étudié est produit par une décharge réflex du type P. I. G. fonctionnant en régime continu (Fig. 2). On pourra en trouver les détails techniques par ailleurs [1], [2]. Il a la particularité :

- de posséder une section quasi rectangulaire compatible avec l'optique focalisante, incorporée à la cellule à plasma. Ceci a été obtenu par la forme particulière que nous avons donnée aux électrodes, qui sont des transitions circulaire-rectangulaire et pour des champs de confinement supérieurs à 600 Gs ;

- de posséder un régime de fonctionnement très stable, stabilité obtenue notamment en faisant l'arrivée de gaz au fond d'une seule des cathodes ;

- de donner de fortes densités électroniques, puisque nous dépassons facilement la fréquence de coupure nominale correspondant à $1,33 \times 10^{13}$ el/cm³ (à quelques 10^{-3} torr) pour notre fréquence de sonde.

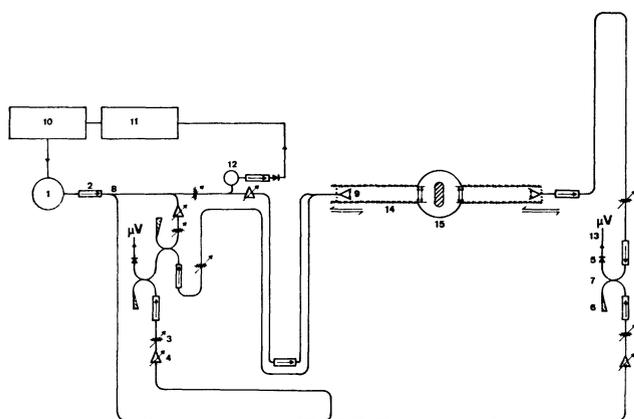


FIG. 1. — 1. Klystron. — 2. Uniline. — 3. Atténuateur. — 4. Déphaseur. — 5. Cristal détecteur. — 6. Charge adaptée. — 7. Fonction hybride. — 8. Coupleur directif. — 9. Cornet et lentille associée. — 10. Alimentation. — 11. Stabilisation de fréquence. — 12. Cavité de référence. — 13. Microvoltmètre. — 14. « diaphragme » anéchoïde. — 15. Cellule à plasma.

Un des interféromètres sert à faire des mesures de transmission alors que le second fonctionne par réflexion.

Le principe de ces 2 interféromètres est le même : une

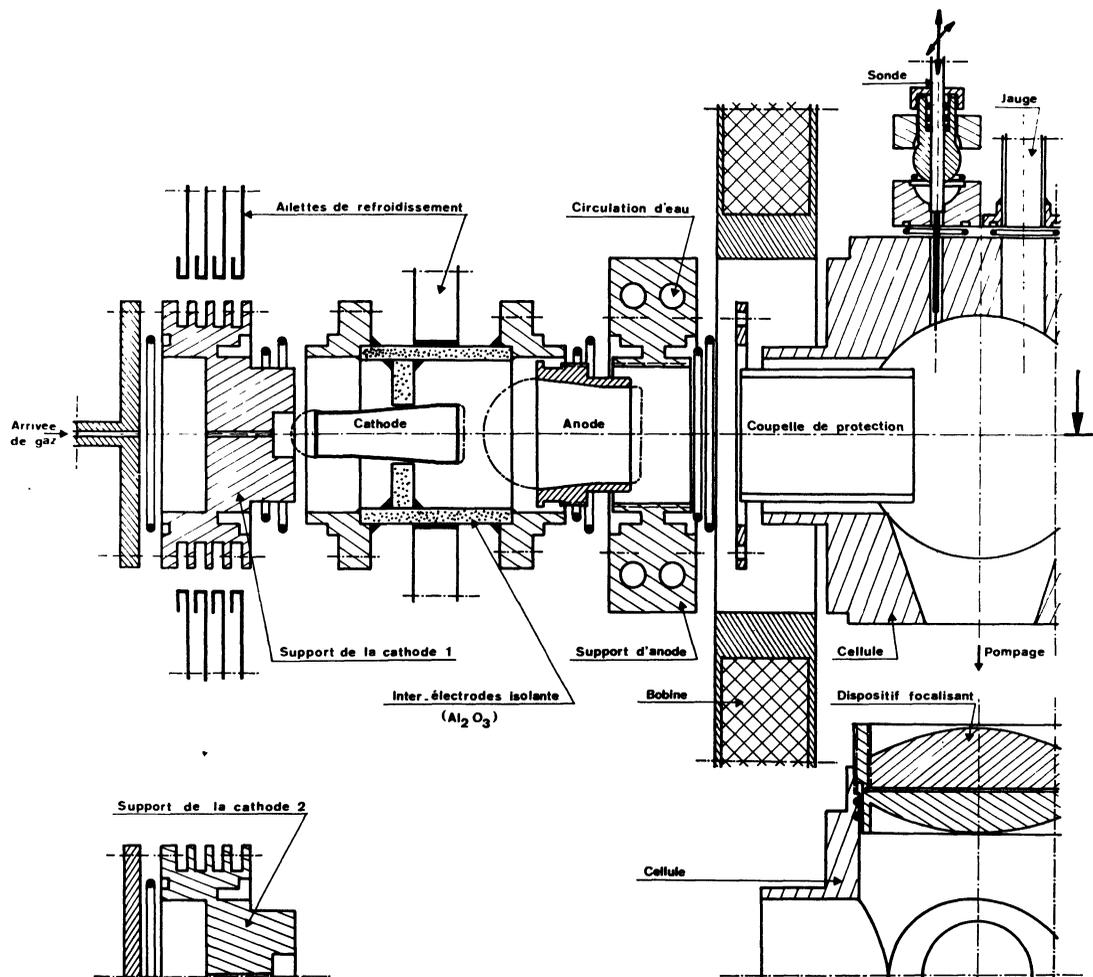


FIG. 2.

II. Résultats expérimentaux obtenus. — Nous avons fait une étude systématique sur des plasmas d'argon et de néon [1], [2], [7] en fonction des différents paramètres de la décharge (B : champ magnétique de confinement, p : pression, I : Intensité du courant de décharge).

Nous donnons sur les figures 3, 4 et 5 quelques résultats obtenus en fonction de l'intensité du courant de décharge.

Parallèlement à ces mesures, nous avons également fait des mesures par réflexion [2] qui montrent notamment que $|R|^2 + |T|^2 \simeq 1$ ce qui confirme :

- 1) Les calculs qui indiquent que dans nos conditions expérimentales les fréquences de collision sont négligeables devant celle de l'onde de sondage ($\varepsilon'' \simeq 0$) ;
- 2) Qu'il n'y a pas de perte par diffraction.

Pour interpréter les résultats expérimentaux obtenus, nous avons déterminé la forme de la distribution électronique en utilisant la branche ionique de la caractéristique de sonde [1], [2], [7].

Des mesures faites pour un courant de décharge de 0,5 A nous ont conduit à une même loi expérimentale

quand on fait varier les autres paramètres de la décharge (B , p , gaz).

Cette loi obéit à la relation :

$$N(z) = N(0) \frac{1}{1 + k(z)^{2,8}}$$

$N(0)$ étant la densité au centre du plasma et k étant un coefficient dépendant des paramètres de la décharge.

N'ayant pu faire des mesures de sonde pour des courants de décharge plus élevés, nous ferons l'hypothèse que cette loi se conserve également en fonction de I .

Travaillant en propagation ordinaire, pour interpréter ces résultats, on est amené à résoudre l'équation de propagation :

$$\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial z^2} = -\beta_0^2 \left[1 - X(0) \frac{1}{1 + k(z)^{2,8}} \right] \varepsilon$$

où

$$X(0) = N(0) \frac{e^2}{m\varepsilon_0 \omega^2}$$

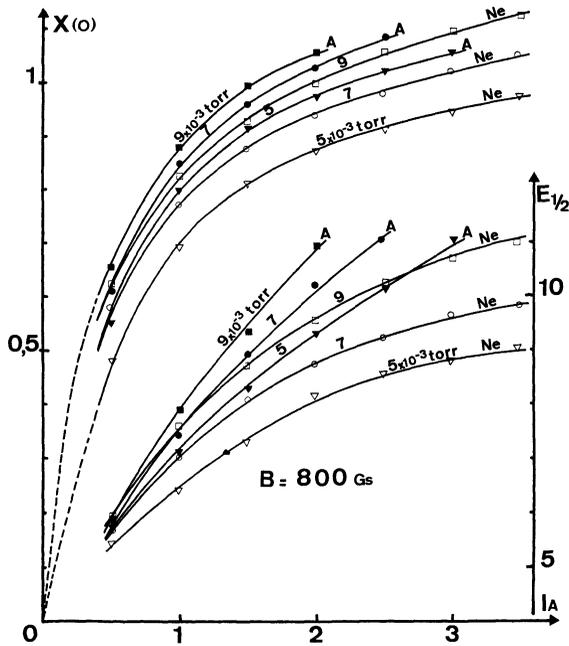


FIG. 7.

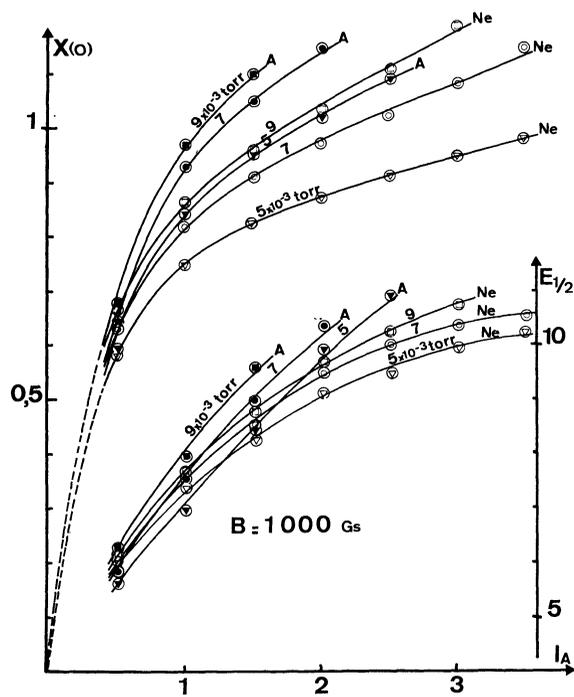


FIG. 8.

Les résultats présentés sur les figures 6, 7 et 8 suggèrent les remarques suivantes :

1) La densité électronique ne varie pas linéairement avec l'intensité du courant de décharge. Le coude très marqué dans l'évolution de la densité électronique peut être, semble-t-il, attribué au fait que les processus

de diffusion diffèrent quand nous passons d'un gaz faiblement ionisé à un plasma fortement ionisé ($I > 1 A$) [15].

2) La densité électronique correspondante à la coupure nominale [$e'_{(0)} = 0 ; X_{(0)} = 1$] est atteinte pour des courants de décharge relativement faibles, montrant par là l'excellent rendement d'une telle décharge.

3) Pour des caractéristiques de décharge identiques (I, p, B) le taux d'ionisation est supérieur pour l'argon, ce qui est compatible avec le potentiel d'ionisation des 2 gaz étudiés.

4) L'épaisseur à mi-hauteur varie sensiblement de la largeur des cathodes (6 mm) à celle de l'anode (10,5 mm) et tend au-delà vers un palier.

III. Courbes caractéristiques de la propagation dans la décharge. — Ayant déterminé les caractéristiques ($X_{(0)}, E_{1/2}$) du plasma en fonction des paramètres de la décharge (I, B, p, gaz), nous avons pensé qu'il pourrait être intéressant d'essayer de voir si il existait des lois simples entre les caractéristiques du plasma et le coefficient de transmission complexe.

Pour cela nous avons, à partir de tous les résultats précédents, porté les différents points dans des systèmes de coordonnées :

$$X_{(0)}, |T|^2 \text{ et } X_{(0)}, \frac{\Delta\Phi}{2\pi}$$

d'une part ;

$$E_{1/2}, |T|^2 \text{ et } E_{1/2}, \frac{\Delta\Phi}{2\pi}$$

d'autre part (Fig. 9).

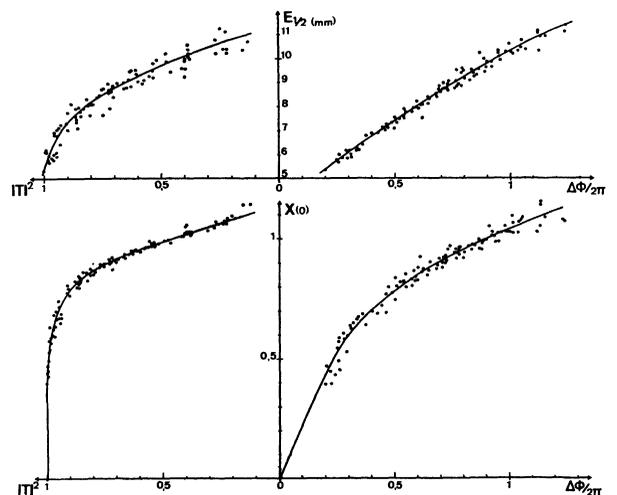


FIG. 9.

Ces courbes montrent que pour un $\Delta\Phi$ et un $|T|^2$ donnés les valeurs de $X_{(0)}$ et de $E_{1/2}$ sont définies et sont indépendantes des paramètres I, B et p du plasma pour une disposition du tube et d'électrodes donnée [1] et [2].

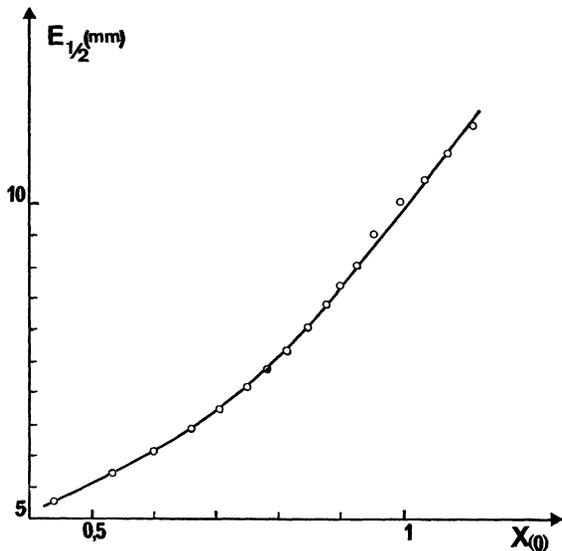


FIG. 10.

Cette remarque suggère de tracer la courbe $E_{1/2} = f(X_{(0)})$ (Fig. 10) qui montre la relation imposée entre ces deux paramètres par la géométrie de l'appareil réalisé.

Il semble [15] que ce résultat physique doit être principalement attribué aux phénomènes de diffusion transverses qui diffèrent pour $X_{(0)}$ petit (gaz de Lorentz avec prédominance de collisions électrons neutres) de ceux liés à $X_{(0)}$ élevé correspondant à un gaz qui tend à être complètement ionisé (avec prédominance de collisions entre particules chargées).

Conclusion. — Différentes mesures interférométriques faites sur une décharge réflex (argon ou néon) pour diverses valeurs des paramètres I , p et B mettent en évidence la corrélation entre les caractéristiques de la propagation ($|T|^2$ et $\Delta\Phi$) et celles du plasma $X_{(0)}$ et $E_{1/2}$.

Bibliographie

- [1] BOTTREAU (A.), Thèse doctorat ès sciences, Bordeaux, 1969.
- [2] MARZAT (C.), Thèse doctorat ès sciences, Bordeaux, 1969.
- [3] BOTTREAU (A.), MARZAT (C.), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 1964, **259**, 758.
- [4] MARZAT (C.), BOTTREAU (A.), *Onde électrique*, 1965, **467**, 485.
- [5] BOTTREAU (A.), MARZAT (C.), Soc. Sci. phys. Nat. de Bx, Séance du 26-4-67.
- [6] BOTTREAU (A.), MARZAT (C.), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 1968, **266B**, 703.
- [7] BOTTREAU (A.), MARZAT (C.), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 1968, **266B**, 1419.
- [8] PAPOULAR (R.), *J. physique*, 1961, **22**, 749.
- [9] MARZAT (C.), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 1968, **267B**, 1424.
- [10] BOTTREAU (A.), HARDOIN-DUPARC (J.), *C. R. Acad. Sci., Paris*, 1969, **268B**, 74.
- [11] BOTTREAU (A.), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 1969, **266B**, 397.
- [12] NICOLL (G. R.), BASU (J.), *Ins. Elec. Engi. Monograph* n° 498E, 1962.
- [13] CESCINO (F.), KUNTZMANN (J.), *Problèmes différentiels de conditions initiales*, Dunod, 1963.
- [14] BOTTREAU (A.), Communication au colloque sur la physique des plasmas, Orsay, 1969.
- [15] GELLER (R.), PIGACHE (D.), C. I. P. I. G., Munich, 1961, 1111.