oC3

APPLICATION D'UNE METHODE INTERFEROMETRIQUE POUR LE CALCUL DES PROFILS DE LA DENSITE ET DE LA TEMPERATURE D'UN GAZ SOUMIS A UNE DECHARGE COURONNE

Fethia BOUDAOUD, M. LEMERINI et A. HADDOUCHE
Laboratoire de Physique Théorique, Faculté des Sciences,
Université Aboubekr Belkaïd – Tlemcen, 13000 Tlemcen, Algérie
E-mail: bfethia@yahoo.fr

RÉSUMÉ : L'objectif de ce travail consiste à mettre en place un interféromètre de type Mach Zehnder en vue d'un diagnostic optique en densité. La décharge appliquée est de type couronne avec deux tensions continues (polarisations positive et négative). Le gaz étudié est l'azote pur qui est soumis à trois pressions différentes. On s'intéresse dans ce travail tout particulièrement à la mesure de variation du chemin optique et donc de l'indice de réfraction qui nous permet de mettre en évidence la variation de la densité des neutres dans la décharge. Les conditions d'expérience sont :
- un faisceau laser He-Ne rouge (0.6328µm, 5 mW) qui traverse la décharge.
- une caméra CCD pour la réception des images d'interférence.
- une chambre à décharge de distance interélectrodes égale à 5.8 mm.
- un générateur à haute tension (30 kV et un courant variable de0.54mA à 0.6 mA) pour créer la décharge.

Ce diagnostic nous a permis de déterminer de façon quantitative le phénomène de dépopulation des particules neutres au cœur de la décharge. Les résultats obtenus montrent que le taux de dépopulation pour la polarisation positive, varie entre 40% et 75% et pour la polarisation négative entre 50% et 85 %. Nous remarquons clairement que les variations de densité sont plus importantes pour la décharge négative que pour la décharge positive. En effet, d'après les courbes obtenues le dépeuplement est presque le double pour la polarisation négative que pour la polarisation positive.

MOTS-CLÉS : interféromètre Mach Zehnder, diagnostic optique, décharge couronne, gaz d'azote, inversion d'abel, relation de Gladstone

1. Introduction

Dans beaucoup de plasmas il est insuffisant d'utiliser les sondes matérielles pour déterminer les paramètres internes du plasma, ainsi nous avons besoin des méthodes non perturbantes pour le diagnostic. Tel que L'interférométrie est une technique expérimentale primaire pour mesurer les propriétés réfringentes du plasma[1].Pour cela on utilise le montage expérimental Mach Zehnder.

1. 2. Montage expérimental

Dans cet article nous allons décrire le dispositif expérimental (interféromètre Mach Zehnder) [2] qui a été créé par Ernst Mach et Ludwig Zender . Il est constitué de deux miroirs et de deux lames semi-réfléchissantes avec lequel nous avons effectués le diagnostic optique de densité.

Dans ce montage ,Le faisceau est devisé en deux par la lame séparatrice .l'un de ces faisceaux, le faisceau objet, va traverser le milieu de la décharge tandis que l'autre, le faisceau de référence, ne subira aucune perturbation. Ces deux rayons de lumière ont le même chemin optique lorsque la décharge ne fonctionne pas. Ils vont donc interférer et former des franges d'interférences après le miroir semi- réfléchissant présent sur le montage. Les franges

obtenues sont rectilignes, parallèles entre elles et perpendiculaire à l'axe de la décharge. Elles sont localisées sur la décharge.
Comme nous l'avons vu le faisceau objet, en passant à travers le milieu de déphasage, subit une perturbation et donc une modification de sa phase. Il va avoir un retard de phase par rapport au faisceau de référence. Ce retard est visible et mesurable en observant la déformation des franges obtenues sur l'interférogramme.
Pour l'acquisition des interférogrammes, nous avons placé une caméra CCD, au point de localisation des franges. Avec ce système d'acquisition, nous déterminons le déphasage avec une précision de 0.1 degré, ce qui correspond à une résolution spatiale de 0.1 mm, lorsqu' elle est rapportée aux dimensions réelle de la décharge.

1.2.1. Principe de fonctionnement :
Un faisceau laser He-Ne rouge (0.6328µm) est élargi (environ 6 mm de diamètre) à l'aide d'un collimateur, puis séparé en deux faisceaux dans l'interféromètre de Mach-Zehnder à l'aide d'une lame séparatrice. Nous plaçons, à la sortie du laser, un filtre spatial qui nous permet d'obtenir un faisceau filtré propre et très proche d'une onde plane. soient identiques en largeur et en intensité. Les électrodes sont de plus en plus visible sur l'interférogramme, la distance inter électrodes est mesurée à l'aide de la mire.
L'image du décalage du gaz est enregistrée avec une caméra CCD. à partir de l'interférogramme , nous utilisons l'inversion d'ABEL [3]qui nous permet d'obtenir le profil de densité du gaz.
Notre système de décharge est constitué de deux électrodes, une pointe et un plan, en acier inoxydable. Le rayon de courbure de la pointe est de 50µm et le diamètre du plan est de 25 mm. La distance inter électrodes d peut varier entre 4 et 10 mm, nous avons pris d=5.8 mm.
Cette décharge couronne pointe – plan présente une symétrie cylindrique, elle est étudiée en régime stationnaire dans deux montages électriques différents :

- Dans le premier montage, la pointe est reliée à la masse et le plan à la haute tension positive. C'est la décharge couronne négative.
- Dans le deuxième montage, la pointe est reliée à la haute pression positive, tandis que la plan est reliée à la masse. C'est la décharge couronne positive.

1.2.2 Calcul de l'indice de réfraction d'un milieu par la relation de Gladestone-Dale
Cette relation nous permet d'écrire l'indice de réfraction des différentes populations [4]:

$$n-1=N_n((1-\alpha)K_n+\alpha K_i)+N_eK_e \qquad (1)$$

N est l'indice de réfraction
α est le degré d'ionisation
K_n, K_i, K_e sont les constantes de Gladstone correspondant à la population de neutres, d'ions et d'électrons.
N_n est la densité des particules neutres en molécules/ cm^3 .
N_e est la densité d'électrons en électrons/cm^3.

l'inversion d'Abel :

$$\delta\varphi(x)=\frac{4\pi}{\lambda_0}\int_0^{y_0}[n(r)-1]dy$$

1.2.3. Evolution axiale de la population des neuters
A partir de la relation qui existe entre la densité des particules et l'indice de réfraction, nous pouvons connaître la densité de ces particules dans le plasma créé par la décharge.

Pour faire l'analyse de l'évolution des neutres, nous avons représenté une évolution axiale pour la décharge de type : décharge pointe négative.

Dans ce cas le gaz est soumis à une pression égale à 400 Torrs. Nous obtenons les interférogrammes avec et sans décharge pour la polarité négative (voir figures 1 et 2)

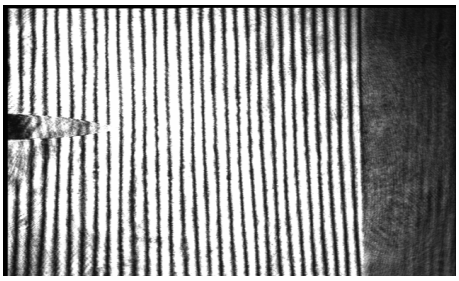

Figure 1 : **franges d'interférences avec application de la décharge (gaz :N_2, pression :400 torr 25kV 0.6ma R= 10Mohm pointe- plateau +)**

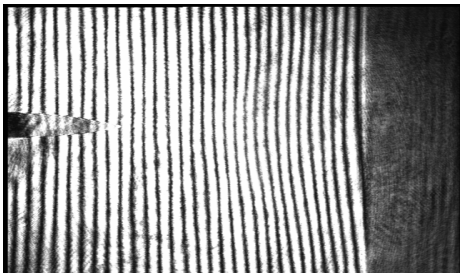

Figure 2 : franges d'interférences avec application de la décharge (gaz :N_2, pression : 400 torr 25kV 0.6ma R= 10Mohm pointe- plateau +)

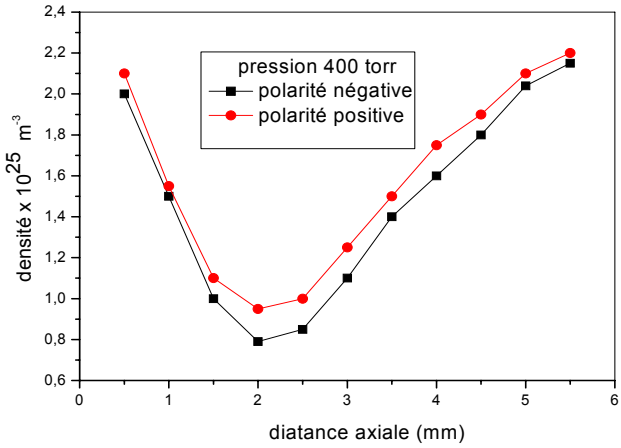

Figure 3 : Évolution axiale de la densité des neutres pour P=400 Torr, dans les deux cas de décharges : pointe>0 et pointe <0 (pointe z=5.8 mm; plan z =0)

Références

[1] J. RIPAULT-MISGUICH ; MESURE DE LA DENSITÉ D'UN PLASMA PAR SONDE DE LANGMUIR EN PRÉSENCE DE CHAMP MAGNÉTIQUE ; Association Euratom-CEA. (Reçu le 8 juillet 1971, révisé le 27 avril 1972)
[2] BICKERTON R. J. ; Thèse, Oxford University, 1954
[3] Vest CM; 1979 holographic interferometry (New York wiley)
[4] Tanner LH ; 1967 J.Sci. instrum.44 1011-4