



HAL
open science

MESURE DE LA DENSITE DES ATOMES METASTABLES DANS UN JET LAMINAIRE DE PLASMA D'ARGON

P. Ranson, J. Chapelle

► **To cite this version:**

P. Ranson, J. Chapelle. MESURE DE LA DENSITE DES ATOMES METASTABLES DANS UN JET LAMINAIRE DE PLASMA D'ARGON. Journal de Physique Colloques, 1971, 32 (C5), pp.C5b-39-C5b-40. 10.1051/jphyscol:1971567 . jpa-00214786

HAL Id: jpa-00214786

<https://hal.science/jpa-00214786>

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.

MESURE DE LA DENSITE DES ATOMES METASTABLES DANS UN JET LAMINAIRE DE PLASMA D'ARGON

P. Ranson et J. Chapelle

C.N.R.S.-C.R.P.H.T. et Faculté des Sciences, 45-Orléans-02

Sommaire

On mesure la densité des niveaux métastables dans un jet laminaire de plasma d'Argon ; on vérifie que l'ETL relatif existe entre les niveaux métastables et les niveaux supérieurs.

Abstract

We measure density of metastable levels in a laminar argon plasma jet ; we verify that relative ETL exists between metastable and upper levels.

I - Introduction

Des mesures récentes [1] sur des jets laminaires d'Argon ont montré que les états excités élevés sont en équilibre relatif entre eux tout en présentant un écart important par rapport aux valeurs de l'équilibre thermodynamique local complet (ETL) rapporté au fondamental.

Afin de mieux connaître les mécanismes de décroissance de ces jets, nous avons mesuré directement les densités des niveaux résonants et métastables pour les comparer ensuite aux densités des niveaux supérieurs et déterminer si l'équilibre relatif entre ces derniers s'étend également vers le bas aux niveaux métastables et résonants.

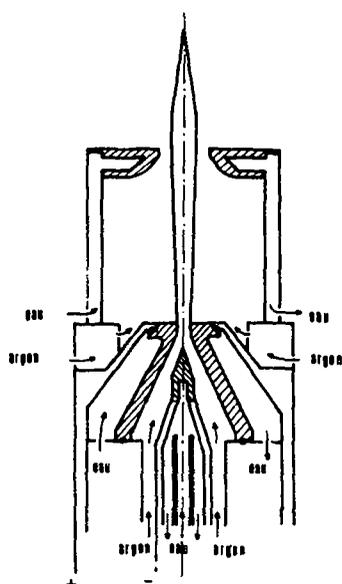
II - Dispositif expérimental (fig. 1)

Fig. 1 Coupe de Plasmatron

Un premier jet de plasma d'Argon (température $T \approx 13000^\circ\text{K}$, densité électronique $N_e \approx 10^{17}\text{cm}^{-3}$) est produit en faisant éclater un arc électrique entre une cathode en tungstène et une anode en cuivre profilée en forme de tuyère ; le débit d'Argon froid alimentant l'arc est de 3 l/mn et la puissance élec-

trique dissipée $P=4\text{ kW}$; ce jet débouche

dans une chambre intermédiaire dans laquelle on injecte un débit d'Argon de 14 l/mn, pour en sortir sous forme d'un dard brillant plus froid ($T \approx 6500^\circ\text{K}$, $N_e \approx 10^{15}\text{cm}^{-3}$) présentant un écart important par rapport à l'ETL [1].

III - Principe des mesures

Les mesures spectroscopiques sont effectuées à la sortie de la chambre intermédiaire ; la densité N_m des états excités radiatifs est mesurée à partir de l'intensité absolue des raies émises par le jet :

$$N_m = \frac{4\pi}{\lambda_{mn}} \frac{E_{mn}}{A_{mn}}$$

est le coefficient d'émission pour la raie de longueur d'onde λ_{mn} ; nous avons adopté les valeurs des probabilités de transition proposées par Wiese [2] ; la distribution radiale du coefficient d'émission $E_{mn}(r)$ se déduit par transformation d'Abel de la distribution transversale d'intensité $I_{mn}(x)$.

La densité des niveaux métastables et résonants ($1s$ en notation de Paschen) est obtenue à partir du coefficient d'absorption d'une raie qui aboutit sur un de ces niveaux ; les raies utilisées dans cette mesure sont émises par un deuxième jet de plasma d'Argon qui sert de source de référence ; le coefficient d'absorption radial $k_0(r)$ au centre de la raie s'obtient en chaque point du plasma par transformation d'Abel sur la distribution transversale du coefficient de transmission $T_0(x)$.

On a

$$k_0(r) = -\frac{1}{\pi} \int_x^R \frac{d \left[\ln \frac{1}{T_0(x)} \right]}{dx} \frac{dx}{\sqrt{x^2 - r^2}}$$

Le profil de la raie d'absorption $k(\lambda)$ élar-

gie par effet Doppler et par les collisions est un profil de Voigt, qui peut se mettre sous la forme : $k(\Delta\nu) = k_0 \frac{F(\Delta\nu)}{F(0)}$

avec $\int_{-\infty}^{+\infty} F(\Delta\nu) d(\Delta\nu) = \Delta\nu_D$ (largeur Doppler de la raie)

$$\int_{-\infty}^{+\infty} k(\Delta\nu) d(\Delta\nu) = \frac{\lambda_{mn}^2}{8\pi} \frac{g_m}{g_n} A_{mn} N_n$$

$$N_n = \frac{8\pi}{\lambda_{mn}^2} \frac{g_n}{g_m} \frac{k_0}{A_{mn}} \frac{\Delta\nu_D}{F(0)}$$

$F(0)$ a été tabulé pour diverses valeurs du rapport $\frac{\Delta\nu_D}{\Delta\nu_L}$ où $\Delta\nu_L$ est la largeur à mi-hauteur du profil de Lorentz correspondant aux collisions. $\Delta\nu_D$ se déduit de la température mesurée sur le graphique de Boltzmann relatif aux raies d'émission. Nous avons utilisé les raies correspondant aux transitions $2p \rightarrow 1s$ (8115, 8424, 7635, 8103, 9122 Å, etc...).

IV - Résultats expérimentaux et interprétation

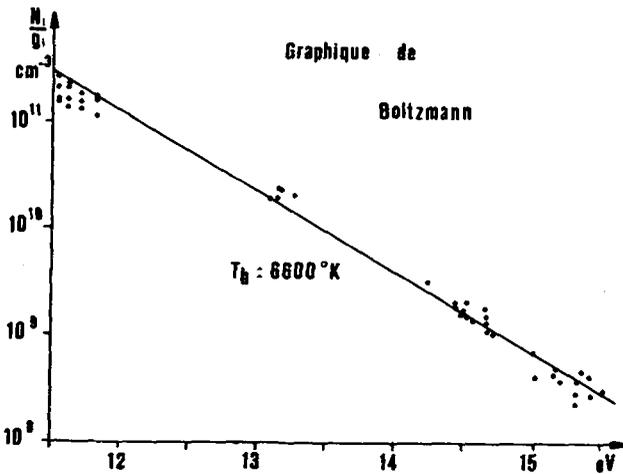


Fig 2

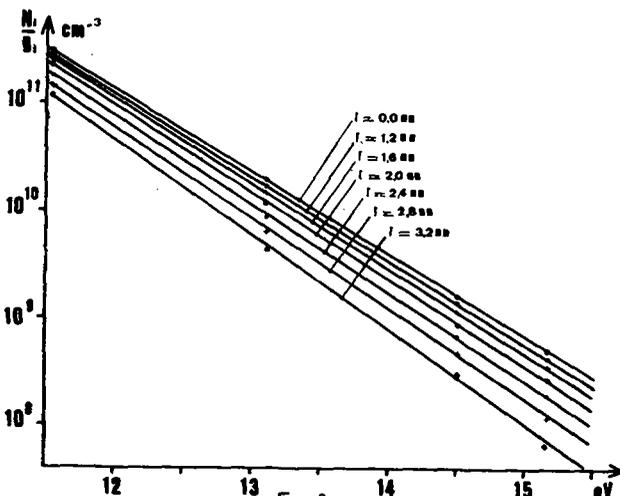
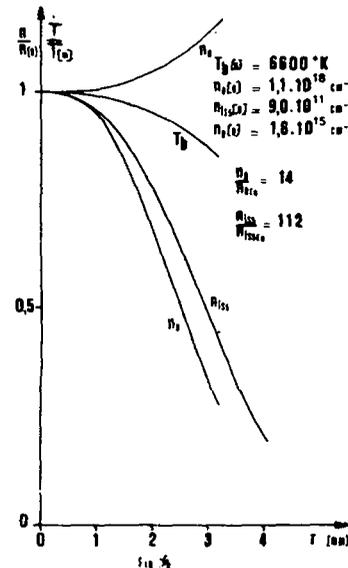


Fig 3

Aux erreurs expérimentales près, le graphique de Boltzmann (fig.2) et (fig.3) montre que tous les niveaux excités y compris les niveaux résonants et métastables, sont en ETL relatif entre eux à une température $T = 6600^\circ K$. Ce résultat met en évidence l'importance de l'absorption des raies de résonance dans le plasma qui s'opposent à la dépopulation des niveaux résonants par émission spontanée.

D'autre part, on constate qu'il n'y a pas de surpopulation relative des niveaux métastables par rapport aux niveaux résonants, les collisions électroniques étant encore suffisamment importantes pour assurer un ETL relatif entre ces niveaux.

La densité électronique N_e est déterminée en appliquant la loi de Saha à partir des niveaux supérieurs m dont la population N_m est calculée d'après la mesure du coefficient d'émission des raies issues de ces niveaux ; au centre du jet N_e est de l'ordre de $1,6 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$; on a porté sur la figure 4 les répartitions radiales de température et de densité des atomes dans l'état fondamental, des métastables et des électrons.



On constate qu'il existe des écarts importants par rapport à l'ETL complet rapporté au fondamental ; les électrons et les états métastables sont surpeuplés dans un rapport 15 à 100 par rapport à leurs valeurs correspondant à l'ETL complet à $T = 6600^\circ K$.

Bibliographie

- 1 A. Czernichowski, J. Chapelle et F. Cabannes, C.R. Acad. Sc. 1970, 270, 54.
- 2 W.L. Wiese, Atomic Transition Probabilities, Tome II, N.B.S. Washington.