

Effet de la redistribution en fréquence sur les profils d'intensité de la raie à 182 Å du C⁵⁺

C. Mossé, A. Calisti, B. Talin, D. Benredjem¹, A. Sureau¹, C. Möller¹ et A. Demir²

Laboratoire PIIM, Université de Provence, Centre de Saint Jérôme, Case 232, 13397 Marseille cedex 20, France

¹ Laboratoire LSAI, Université Paris Sud, bâtiment 350, 91405 Orsay cedex, France

² Department of Physics, University of Kocaeli, Kocaeli 41000, Turkey

Résumé : Dans ce travail, nous avons étudié l'effet de la redistribution en fréquence sur les profils d'émissivité et d'intensité de la raie Balmer- α du carbone hydrogénoïde à 182 Å. Le résultat de ce travail est le fruit d'une collaboration entre le laboratoire PIIM, qui développe des codes de calcul de profils de raies et de fonctions de redistribution et le laboratoire LSAI, qui développe des codes qui modélisent les propriétés du plasma et le transfert radiatif.

1. INTRODUCTION

La redistribution en fréquence traduit le processus de diffusion résonante du rayonnement, où le photon émis peut avoir une fréquence différente de celle du photon absorbé. Jusqu'à présent, les calculs d'intensité pour les lasers X ont été réalisés en considérant l'hypothèse la plus courante de redistribution complète, c'est à dire que le profil d'absorption est identique au profil d'émission. Cependant, lorsque la redistribution est partielle, principalement à cause de la structure inhomogène du profil de la raie, le profil d'émission est différent du profil d'absorption.

2. FONCTIONS DE REDISTRIBUTION DE FREQUENCE

La fonction de redistribution de fréquence, $R(\nu, \nu')$, est définie comme la densité de probabilité jointe qu'un photon soit absorbé à la fréquence ν et qu'un photon soit émis à la fréquence ν' . Nous avons développé un modèle pour calculer les fonctions de redistribution [1] qui prend en compte toute la complexité de la structure atomique des ions multichargés, les différents mécanismes d'élargissement de raies homogène (collisions électroniques) et inhomogène (structure fine de la raie, effet Stark ionique et effet Doppler) et la dynamique des ions. Le calcul des fonctions de redistribution repose sur le Modèle de Fluctuations de Fréquence (FFM) [2], qui permet de modéliser des profils de raies en prenant en compte ces contraintes. Le FFM est fondé sur l'hypothèse que l'émetteur dans le plasma a un comportement similaire à celui d'une molécule dans un gaz. Cette hypothèse est traduite par un processus de renormalisation, qui consiste à construire numériquement les composantes observables inhomogènes de l'émetteur dans le plasma, que l'on appelle les « transitions à deux niveaux habillés ». Le FFM traduit les fluctuations du microchamp par un processus de mélange Markovien de ces transitions à deux niveaux.

3. CALCULS

Le calcul des profils d'émissivité et d'intensité a été appliqué à la transition Balmer- α du carbone hydrogénoïde (182 Å), dans des conditions de densité et température de l'expérience de Zhang *et al* [3]. ($N_e=1.4 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, $T_e=8.8 \text{ eV}$ et $T_i=4.6 \text{ eV}$). Ces valeurs correspondent au gain le plus élevé de l'expérience de Zhang, obtenues avec une simulation du code EHYBRID [4].

La figure 1 montre la comparaison des profils d'absorption et d'émission de la raie Balmer- α calculés dans les conditions précédentes. Les 2 pics du profil correspondent aux deux transitions de structure fine les plus intenses $3d_{5/2} - 2p_{3/2}$ et $3d_{3/2} - 2p_{1/2}$ et cette raie présente un élargissement par effet Stark important. Par conséquence, la redistribution du rayonnement est partielle dans ce cas.

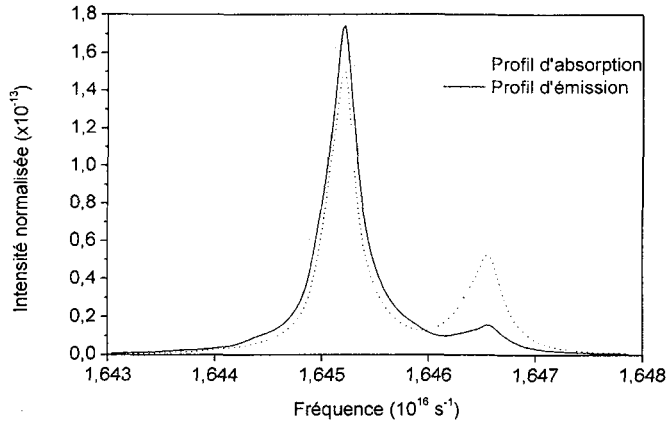


Figure 1: Profils d'absorption (trait pointillé) et d'émission (trait plein) de la raie H α du C $^{5+}$ ($N_e=1.4 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ $T_e=8.8 \text{ eV}$ et $T_i=4.6 \text{ eV}$).

Sur la figure 2, la courbe en trait pointillé est le profil d'émissivité sans redistribution, la courbe en trait plein prend en compte la redistribution en fréquence. On a considéré deux longueurs de plasma (fig.2a) 0.1 cm et (fig.2b) 0.2 cm. On constate que la prise en compte de la redistribution modifie fortement le profil d'émissivité et la correction à l'émissivité augmente notablement avec la longueur de plasma considérée.

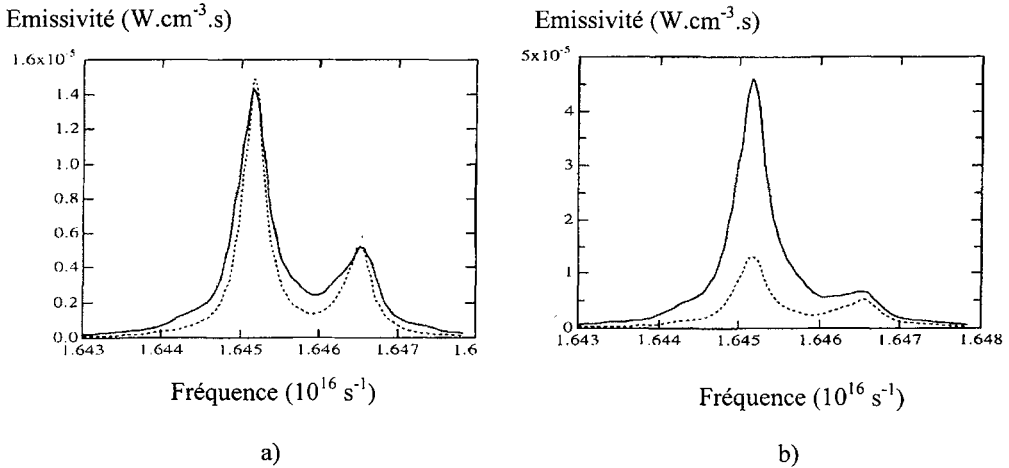


Figure 2: Profil d'émissivité de la raie H α du C $^{5+}$ pour une longueur de plasma fixée à 0.1 cm (a) et 0.2 cm (b). Trait plein : avec redistribution. Trait pointillé : sans redistribution.

Références

1. C. Mossé, A. Calisti, R. Stamm, B. Talin, R.W. Lee and L. Klein, Phys. Rev. A 60, 1005 (1999)
2. B.Talin, A. Calisti, S. Ferri, M. Koubiti, T. Meftah, C. Mossé, L. Mouret, R. Stamm, S. Alexiou, R.W. Lee and L. Klein, J.Q.S.R.T. **58**, 953 (1997)
3. Zhang J, Key M H, Norreys P A, Tallents G J, Behjat A, Danson C, Demir A, Dwivedi L, Holden M, Lewis C L S, MacPhee A G, Neely D, Pert G J, Ramsden S A, Rose S J, Shao Y F, Thomas O, Walsh F, You Y L, Phys. Rev. Lett. **74**, 1335 (1995)
4. G. J. Pert, J. Comput. Phys. **39**, 251 (1980)