

Modélisation de l'élargissement Stark dans les lasers X

N. Ben Nessib, Z. Ben Lakhdar, H. Nguyen* et J.P. Arranz*

Physique Atomique et Moléculaire, Faculté des Sciences de Tunis, 1060 Campus Universitaire, Tunis, Tunisie

** Spectronomie des Gaz et des Plasmas, Université Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France*

Résumé : Nous présentons dans ce travail un code d'élargissement électronique où les collisions fortes sont traitées quantiquement et les collisions faibles par le formalisme semiclassique.

I. INTRODUCTION

Dans le cadre du développement des lasers X, des amplifications de rayonnement ont été observées expérimentalement par recombinaison d'ions lithumoides au sein d'un plasma chaud. Des études expérimentales (1,2,3) ont montré en particulier un gain pour les raies 5f-3d et 4f-3d de l'Al XI.

Le pompage par recombinaison utilise des transitions où le profil spectral peut être suffisamment modifié par l'élargissement Stark (4), l'étude des lasers X nécessite donc un développement des modèles théoriques de calcul de profil de raies dans les plasmas. Les modèles théoriques utilisent généralement l'approximation statique pour les ions et l'approximation d'impact pour les électrons (5,6). C'est dans ce cadre que nous présentons une méthode de calcul d'élargissement Stark d'ions multichargés où l'élargissement électronique est traité quantiquement par la méthode Coulomb-Born (7) pour les collisions proches et par un traitement semi-classique des collisions lointaines.

II. THEORIE

Pour un moment angulaire de l'électron perturbateur l inférieur à l_1 , l'approximation CBII est utilisée (sans échange et avec la condition d'unitarisation de la matrice de collision). Quand l est entre l_1 et l_D , la fonction semiclassique de collision $a(z)$ est utilisée. La section efficace totale s'écrit alors :

$$\sigma^T = \sigma^Q + \sigma^{S.C} \quad (1)$$

où :

$$\sigma^Q = \frac{\pi}{k^2 [l_a]} \sum_{l', l} | \langle v, l_a, k, l, L | T | v', l_a, k, l', L \rangle |^2 \quad (2)$$

$$\sigma^{S.C} = \frac{8\pi}{3} |\langle v, l_a | r | v', l'_a \rangle|^2 [a(z^1) - a(z^D)] \quad (3)$$

$a(z) = z [K_0(z)K_1(z)]$, $z^1 = \frac{\rho_1 \Delta E_{vw'}}{k}$, $z^D = \frac{\rho_D \Delta E_{vw'}}{k}$, $\rho_1 k^2 = l_1(l_1+1)$ et ρ_D le rayon de Debye.

L'intégration sur l'énergie de l'électron incident est réalisé par une quadrature de Gauss-Laguerre et la moyenne sur le micro-champ ionique est traitée par la méthode APEX : Adjustable Parameter Exponential Approximation (8).

III. APPLICATION A L'Al XI

Le tableau suivant donnent les sections efficaces que nous avons calculé pour la transition 4f-3d, utilisant le formalisme quantique, en fonction de l'énergie cinétique de l'électron perturbateur en Rydberg.

k^2	$\sigma(3d)$	$\sigma(4f)$	$\sigma(4f-3d)$
1	3.62	9.30	4.54
5	4.49	11.27	4.47
15	4.89	14.32	4.28
30	5.15	15.13	4.09
50	5.30	14.45	3.93
80	5.37	13.87	3.79
150	5.13	12.16	3.62
450	4.15	7.30	3.59

IV. CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons présenté un modèle de l'effet Stark pour les ions émetteurs de laser X ayant une charge élevée immergés dans un plasma dense et chaud.

Références :

- [1] P. Jeagle, G. Jamelot, A. Carillon, A. Klisnick, A. Sureau et H. Guenou, *J. Opt. Soc. Am. B* **4**, 563 (1987)
- [2] J. C. Moreno, H. R. Griem, S. Goldsmith et J. Knauer, *Phys. Rev. A* **39**, 6033 (1989)
- [3] J. C. Moreno, H. R. Griem, R. W. Lee, J. F. Seely, *Phys. Rev. A* **47**, 374 (1993)
- [4] J. C. Moreno, in *Spectral Line Shapes*, Volume 6, edited by L. Frommhold et J. W. Keto, (AIP Conf. n°216 New York 1991)
- [5] A. Calisti, F. Khalfaoui, S. Stamm, B. Talin et R. W. Lee, *Phys. Rev. A* **42**, 5433 (1990)
- [6] S. Alexiou, *Phys. Rev. A* **49**, 106 (1994)
- [7] H. Nguyen, J. P. Arranz, N. Ben Nessib et Z. Ben Lakhdar, in *Spectral Line Shapes*, Volume 7, edited by R. Stamm et B. Talin (Nova, New York, 1993)
- [8] C. Iglesias, J. Lebowitz et O. Mac Gowan, *Phys. Rev. A* **28**, 1667 (1983)