

## CALCUL DES COEFFICIENTS DE TAUX D'IONISATION DU LITHIUM HÉLIUMOÏDE

Samia DILMI et El-Habib GUEDDA

*Laboratoire VTRS et Institut des Sciences et Technologie, Centre Universitaire d'El-Oued,*

*B.P. 789, 39000 El-Oued, Algérie*

E-mail: [sam1dilmi@yahoo.fr](mailto:sam1dilmi@yahoo.fr)

**RÉSUMÉ :** Les données atomiques des différents processus atomiques sont indispensables pour les modèles collisionnels radiatifs décrivant les plasmas. Dans ce travail nous présentons nos résultats de calcul des coefficients de taux d'ionisation de lithium héliumoïde. Nous utilisons une méthode numérique simple pour générer les taux d'ionisation à partir des sections efficaces. Ces dernières sont obtenues par le code FAC (Flexible Atomic Code). Nos résultats sont en bon accord avec ceux publiés.

**MOTS-CLÉS :** données atomiques, modèles collisionnels radiatifs, taux d'ionisation, sections efficaces d'ionisation

### 1. Aspect théorique

Dans le processus d'ionisation par l'électron d'impact, un atome ou ion peut heurter un électron, il s'ionise en cédant aussi un électron :



où  $(Z, N)$  représente un ion de charge  $Z$  possédant  $N$  électrons.

Les sections efficaces d'ionisation par électron d'impact peuvent être évaluées théoriquement comme fonction du rapport de l'énergie de l'électron d'impact  $\epsilon$  et le potentiel d'ionisation  $\chi_Z$  de l'ion de charge  $Z$ .

### 1.2. Méthode d'évaluation des sections efficaces

Plusieurs équations sont présentées par Kato et al. [1] pour le calcul des sections efficaces et coefficients de taux d'ionisation. Parmi eux on peut citer l'équation de Lotz, Arnaud et al. [2] et celui du groupe de Belfast [3-4]. L'équation de Lotz a été largement utilisée pour le calcul des sections efficaces et les coefficients de taux d'ionisation [5,6]. Lotz déduit la section efficace d'ionisation en se basant sur des données expérimentales pour les ions faiblement ionisés avec des faibles charges  $Z$  :

$$\sigma = \sum_{j=1}^{N_n} a_j \zeta_j \frac{\ln u_j}{u_j \chi_j^2} \{1 - b_j \exp[-c_j(u_j - 1)]\} \quad (2)$$

Où  $u_j = \frac{\epsilon}{\chi_j}$  est l'énergie de liaison d'un électron dans la  $j^{\text{ème}}$  sous couche,  $\zeta_j$  est le nombre des électrons équivalents dans la sous couche  $j$  alors que  $a_j$ ,  $b_j$  et  $c_j$  sont des constantes qui peuvent être ajustées à partir des données expérimentales et des lois d'échelle.

Le coefficient de taux d'ionisation ( $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) est obtenu par intégration de la section efficace sur une distribution maxwellienne:

$$s = 6.7 \cdot 10^7 \sum_{j=1}^N \frac{\alpha_j \xi_j}{T_e^2} \left\{ \frac{1}{\frac{\chi_j}{T_e}} \int_{\frac{\chi_j}{T_e}}^{\infty} \frac{\exp(-x)}{x} dx - \frac{b_j \exp c_j}{\frac{\chi_j}{T_e} + c_j} \int_{\frac{\chi_j}{T_e} + c_j}^{\infty} \frac{\exp(-y)}{y} dy \right\} \quad (3)$$

### Calcul des coefficients de taux d'ionisation de lithium heliomoide

Le coefficient de taux d'ionisation  $\tau$  est donné en fonction de la section efficace d'ionisation  $\sigma(E)$  par l'équation :

$$\tau = \int v \sigma(E) f(E) dE \quad (\text{cm}^3 \text{s}^{-1}) \quad (4)$$

$$v = \sqrt{\frac{2E}{M}} \quad ; \quad f(E) dE = \frac{2\sqrt{E} e^{-\frac{E}{T}}}{T^{\frac{3}{2}} \sqrt{\pi}} dE$$

Où  $v$  est la vitesse des particules de masse  $M$ ;  $T$  est la température en (eV);  $E$  est l'énergie 'Threshold' d'ionisation de lithium heliomoide; et  $f(E)$  est la distribution maxwellienne pour l'énergie.

#### 2.1. Méthode de calcul

Les sections efficaces d'ionisation de lithium heliomoide sont obtenues par le code FAC [7]. Les coefficients de taux d'ionisation seront calculés suivant l'équation (4). Le calcul numérique de l'intégral présenté par l'équation (4) est basé sur la méthode de trapèze.

#### 2.2. Résultats et discussions

Les résultats de calcul des taux d'ionisation de lithium héliumoïde obtenus seront reportés sur la figure 1. Ces résultats seront comparés à ceux publiés par Kato et al. [1]. En général, une bonne concordance a été remarquée sur les deux courbes de la figure 1. Cependant le tableau 1 montre les erreurs relatives entre les taux de Kato et al. ( $\tau_{\text{Kato}}$ ) et ceux du présent travail ( $\tau$ ). Les erreurs ne dépassent pas 15 % dans la gamme énergétique 500eV-1000eV. Elles sont aussi trop faibles dans l'intervalle [1eV, 15eV]. Alors que ces erreurs sont considérables dans la gamme 20eV-150eV.

**Tableau 1: Les erreurs relatives des taux d'ionisation.**

T (eV)	$\tau$	$\tau_{\text{Kato}}$	$\Delta \tau / \tau$
14.2332	5.8619E-12	5.8619E-12	0.00
25.3198	1.6065E-10	9.6731E-11	0.39
50.1564	1.3483E-9	5.3808E-10	0.60
150.2504	4.1987E-9	2.4083E-9	0.42
600.3206	5.4770E-9	4.6264E-9	0.15
1000	5.3458E-9	4.6264E-9	0.13

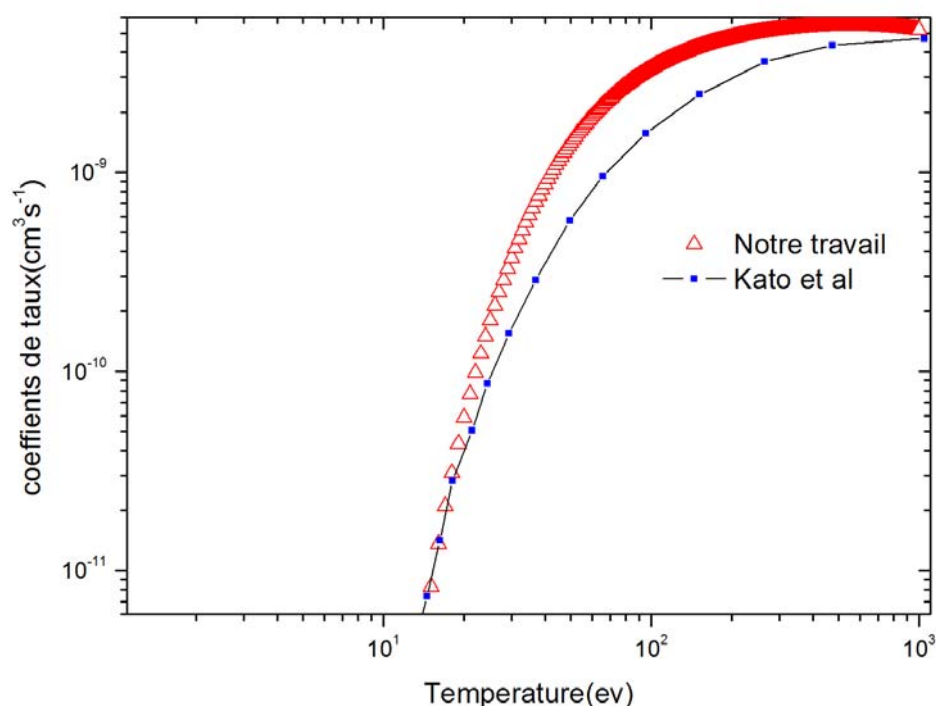


Figure1: Coefficients de taux d'ionisations pour lithium heliomoide

### Conclusion

Les coefficients de taux d'ionisation de lithium ont été calculés à partir des sections efficaces. Ces dernières ont été obtenues par le code FAC. Les résultats obtenus sont, généralement, en bonne concordance avec les résultats publiés.

### Références

- [1] T. Kato et al. NIFS-Data-Series, 14 (1991).
- [2] M. Arnaud and R. Rothenflug, Astron. Astrophys. Supp. Ser. 60 (1985) 425.
- [3] K. L. Bell et al., J. Phys. Chem. Ref. Data, 12(1983) 891.
- [4] M. A. Lennon et al., J. Phys. Chem. Ref. Data, 17(1988) 1285.
- [5] V. P. Shevelko and L. A. Vainshtein, Atomic Physics for Hot Plasmas, IOP Publishing, London, 1993.
- [6] S. M. Younger, JQSRT, 26(1981)329.
- [7] M. F. Gu, FAC 1.0.7, <http://kipac-tree.stanford.edu/fac/>