CORRIGÉ – Série N° 6 de TD de Physique Atomique II

1°) Le facteur atomique de la raie satellite diélectronique k correspondant à la transition $1s2p^2\ ^2D_{3/2} \to 1s^2 2p\ ^2P_{1/2}$ est donné par l'expression :

$$F_2^k = \frac{g\left(^2D_{3/2}\right)}{g\left(^1S_0\right)} \frac{A^a\left(1s2p^2\,^2D_{3/2} \to 1s^2\,^1S_0\right) A^r\left(1s2p^2\,^2D_{3/2} \to 1s^2 2p\ ^2P_{1/2}\right)}{A^a\left(1s2p^2\,^2D_{3/2} \to 1s^2\,^1S_0\right) + \sum_i A^r\left(1s2p^2\,^2D_{3/2} \to i\right)} \quad \textbf{(1)}$$

où $g\left(^2D_{3/2}\right) = 4$ et $g\left(^1S_0\right) = 1$ sont les poids statistiques des niveaux concernés.

En remplaçant les valeurs données des probabilités, on obtient comme valeur pour F_2^k :

$$F_2^k = \frac{\mathbf{4}}{\mathbf{1}} \frac{\mathbf{1{,}38 \times 10^{14} \cdot 9{,}68 \times 10^{13}}}{\mathbf{1{,}38 \times 10^{14} + 9{,}80 \times 10^{13}}} = \mathbf{2{,}264 \times 10^{14}\ s^{-1}}$$

2°) En tenant compte du principe de conservation de l'énergie du système total (e^- + ion), l'énergie ε de l'électron capturé dans le niveau supérieur de la raie k satisfait à :

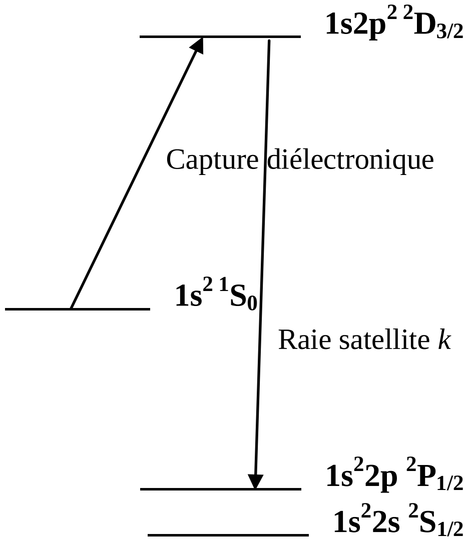
$$\varepsilon = E\left(1s2p^2\ ^2D_{3/2}\right) - E\left(1s^2\ ^1S_0\right)$$

Cette différence d'énergie peut être développée comme (cf. figure ci-contre) :

$$\varepsilon = E\left(1s^2 2p\ ^2P_{1/2} - 1s2p^2\ ^2D_{3/2}\right) + E\left(1s^2 2s\ ^2S_{1/2} - 1s^2 2p\ ^2P_{1/2}\right) - E_i$$

où E_i est l'énergie d'ionisation de l'ion Ca^{17+}. En utilisant les valeurs données des énergies de transition, on obtient :

$$\boldsymbol{\varepsilon = 3{,}866 + 0{,}036 - 1{,}158 = 2{,}744\ \text{keV}}$$



3°) Le rapport ρ des émissivités des raies k et w s'écrit dans le cas d'un plasma où tous les électrons libres sont caractérisés par une distribution Maxwellienne à la température T_1 :

$$\rho = \frac{\epsilon_k}{\epsilon_w} = \frac{F_1^k(T_1)\,F_2^k}{C_w(T_1)} \quad \textbf{(2)}$$

où le facteur F_1^k dépendant de T_1 s'écrit comme :

$$\begin{aligned} F_1^k(T_1) &= 2{,}071 \times 10^{-16}\ T_1^{-3/2}\ \exp\left(-\varepsilon/(kT_1)\right) \\ &= 2{,}071 \times 10^{-16}\ T_1^{-3/2}\ \exp\left(-3{,}184 \times 10^7 / T_1\right) \end{aligned} \quad \textbf{(3)}$$

avec T_1 exprimé en unité de K. En substituant l'équation **(3)** dans **(2)** et en utilisant la valeur de F_2^k obtenue dans 1°), le rapport d'émissivité ρ s'exprime en fonction de T_1 par :

$$\rho = \frac{2{,}071\times10^{-16}\,T_1^{-3/2}\,\exp\left(-3{,}184\times10^{7}/T_1\right)\cdot 2{,}264\times10^{14}}{C_w(T_1)} \qquad \textbf{(4)}$$

Calculons ce rapport ρ pour T_1 =1,1×10^7 K avec C_w = 2,28×10^{-13} cm^3/s ; on obtient :

$$\rho = \frac{0{,}0469\cdot\left(1{,}1\times10^{7}\right)^{-1{,}5}\,\exp\left(-3{,}184/1{,}1\right)}{2{,}28\times10^{-13}}$$

$$\boldsymbol{\rho = \frac{0{,}0469\cdot 1{,}516\times10^{-12}}{2{,}28\times10^{-13}} = 0{,}312}$$

4°) Lorsqu'on tient compte des électrons suprathermiques, le rapport d'émissivité devient :

$$\rho = \frac{(1-R)F_1^k(T_1)\,F_2^k}{C_w(T_1,T_2)} \qquad \textbf{(5)}$$

où le coefficient de taux d'excitation $C_w(T_1,T_2)$ s'exprime comme la combinaison :

$$C_w(T_1,T_2) = (1-R)C_w^{\text{th}}(T_1) + R\,C_w^{\text{sth}}(T_2) \qquad \textbf{(6)}$$

où les notations en exposant 'th' et 'sth' se rapportent aux composantes thermiques et suprathermiques. En écrivant l'équation **(5)**, l'approximation –tout à fait raisonnable– a été faite que seuls les électrons thermiques contribuent à la formation de la raie satellite diélectronique *k*.

En utilisant l'éq. **(4)** et en substituant l'éq. **(6)** dans **(5)** avec R =0,01, il est aisé de trouver :

$$\rho = \frac{0{,}99\cdot 2{,}071\times10^{-16}\,T_1^{-3/2}\,\exp\left(-3{,}184\times10^{7}/T_1\right)\cdot 2{,}264\times10^{14}}{0{,}99\,C_w^{\text{th}}(T_1) + 0{,}01\,C_w^{\text{sth}}(T_2)}$$

Soit en tenant compte de la valeur de $C_w^{\text{sth}} = 65{,}5\times10^{-13}$ cm^3/s

$$\rho = \frac{0{,}0464\,T_1^{-3/2}\,\exp\left(-3{,}184\times10^{7}/T_1\right)}{0{,}99\,C_w^{\text{th}}(T_1) + 65{,}5\times10^{-15}} \qquad \textbf{(7)}$$

Calculons le rapport ρ donné par **(7)** pour quelques valeurs de T_1 en utilisant les données pour C_w^{th}. On obtient :

T_1 (10^6 K)	8,6	9,8	11	13	15
ρ	0,325	0,292	0,242	0,171	0,141

Comme ρ a été mesuré égal à 0,17, cela implique que la valeur de T_1 devrait être très proche de 1,3×10^7 K. On peut donc estimer $\boldsymbol{T_1 \approx 1{,}3\times10^7}$ **K**.