

## EXAMEN FINAL DE PHYSIQUE ATOMIQUE II

### Problème

On cherche à diagnostiquer la densité des électrons  $N_e$  d'un plasma de couronne stellaire en se basant sur le rapport d'émissivité des 2 raies optiquement permises  $1s^2 2s^2 3d \ ^2D_{3/2} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p \ ^2P_{1/2}$  (raie notée  $a$ ) et  $1s^2 2s^2 3d \ ^2D_{5/2} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p \ ^2P_{3/2}$  (raie notée  $b$ ) émises de ce plasma par des ions d'argon  $Ar^{13+}$ . On admet que les populations des niveaux supérieurs des deux raies peuvent être déterminées dans un modèle collisionnel-radiatif à 4 niveaux incluant le niveau fondamental  $1s^2 2s^2 2p \ ^2P_{1/2}$  (niveau noté 0), le niveau métastable  $1s^2 2s^2 2p \ ^2P_{3/2}$  (niveau noté 1) et les deux niveaux  $1s^2 2s^2 3d \ ^2D_{3/2}$  et  $1s^2 2s^2 3d \ ^2D_{5/2}$  (niveaux notés 2 et 3, respectivement). Dans les conditions de densité du plasma considéré, les 2 niveaux 2 et 3 peuvent être peuplés par excitation collisionnelle à partir tant du niveau fondamental 0 que du niveau métastable 1. Ce dernier se désexcite par émission spontanée vers le niveau 0 avec la probabilité  $A_{10} = 1,03 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$ . Par ailleurs, le niveau 2 se désexcite par émission spontanée vers 0 et 1 avec les probabilités  $A_{20} = 2,86 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$  et  $A_{21} = 5,65 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ , alors que le niveau 3 se désexcite par émission spontanée vers 1 avec la probabilité  $A_{31} = 3,38 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ . On suppose que la température électronique du plasma émissif est  $T_e = 3,9 \times 10^6 \text{ K}$ .

On donne les coefficients de taux d'excitation collisionnelle à cette température à partir du

♦ niveau fondamental :

$$C_{01} = 3,40 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s} \quad C_{02} = 7,95 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s} \quad C_{03} = 1,06 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s},$$

♦ niveau métastable :

$$C_{10} = 1,71 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s} \quad C_{12} = 1,46 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s} \quad C_{13} = 7,69 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s}.$$

On donne aussi les longueurs d'onde des raies  $a$  et  $b$  :  $\lambda_a = 27,47 \text{ \AA}$  et  $\lambda_b = 27,63 \text{ \AA}$ .

1°) Déterminer numériquement le rapport de branchement  $R_{21}$  pour la transition radiative  $2 \rightarrow 1$ .

2°) Ecrire les équations de régime permanent relatives aux populations  $N_1$ ,  $N_2$  et  $N_3$  des niveaux 1, 2 et 3 dans le cadre du modèle collisionnel-radiatif à 4 niveaux.

3°) Etablir les expressions des rapports de populations  $N_1/N_0$ ,  $N_2/N_0$  et  $N_3/N_0$  en fonction de la densité  $N_e$  des électrons et des paramètres atomiques  $A_{ij}$  et  $C_{ij}$  appropriés.

4°) Calculer le rapport d'émissivité  $\epsilon_b/\epsilon_a$  des raies  $b$  et  $a$  dans la limite des très basses densités.

5°) A partir des observations, le rapport d'émissivité  $\epsilon_b/\epsilon_a$  est mesuré égal à 0,85. En déduire la valeur de la densité  $N_e$  du plasma de couronne stellaire.