

V.1 Populations des niveaux :

Comme nous l'avons déjà mentionné, pour évaluer l'intensité d'une raie il faut connaître la population du niveau d'où est issue la raie. Dans le cas qui nous intéresse, le calcul de la population d'un niveau se ramène à la résolution des équations du modèle collisionnel-radiatif incluant des processus d'excitation et de désexcitation collisionnelles et de désexcitation radiative à l'intérieur du même ion auquel appartient le niveau en question. Cette résolution des équations de population a été accomplie grâce à un programme Fortran [15]. Les données atomiques requises utilisées, à savoir énergie des niveaux, probabilités radiatives et coefficients de taux d'excitation, sont celles qui ont été présentées dans le chapitre précédent. Les résultats des populations du niveau fondamental et des quatre niveaux triplets $n=2$ fournis par notre programme Fortran en diverses valeurs de la densité N_e comprises entre 10^8 et $5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ sont présentés dans les tableaux V.1, V.2 et V.3 pour les trois valeurs choisies de température des électrons 2×10^6 , 3×10^6 et 5×10^6 K, respectivement. Notons qu'à ces températures, l'état d'ionisation héliumoïde de l'atome de néon est relativement abondant. Notons également que les résultats obtenus par notre programme Fortran ont été comparés avec les résultats calculés à partir des expressions analytiques (III-17) et (III-18) concernant les rapports de population N_2/N_1 et N_4/N_1 . L'accord a été trouvé excellent.

Sur les tableaux V.1, V.2 et V.3, il apparaît d'abord que pour toutes les densités considérées, la population du niveau fondamental est pratiquement égale à 1 et celle du niveau métastable $1s2s \ ^3S_1$ est largement supérieure aux populations des autres niveaux excités. On peut également remarquer, comme attendu, que lorsque la densité électronique N_e augmente, les populations du niveau $1s2s \ ^3S_1$ croient moins lentement que les populations des autres niveaux, ceci étant dû au rôle croissant joué par les collisions dans le dépeuplement du niveau métastable. Une autre remarque intéressante est que le rapport de population N_2/N_1 augmente significativement lorsque la température électronique croît, et à $T_e = 5 \times 10^6$ K par exemple on peut voir que le rapport N_2/N_1 devient égale à 5.2×10^{-4} à $N_e = 5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$. En ce qui concerne la population N_4 du niveau $1s2p \ ^3P_1$, on peut constater qu'elle augmente assez rapidement avec la densité du fait de l'excitation collisionnelle à partir du niveau $1s2s \ ^3S_1$.

Pour illustrer les effets des cascades radiatives à partir des niveaux supérieurs $n=3$ sur la population des niveaux $1s2s \ ^3S_1$ et $1s2p \ ^3P_1$ et par la suite sur le rapport d'intensité de raies issues de ces niveaux, nous avons reporté sur les tableaux V.4, V.5 et V.6 les résultats de population obtenus en ajoutant dans le système d'équations couplées introduit précédemment,

huit autres niveaux appartenant à la couche $n=3$ et qui sont $1s3s\ ^3S_1$, $1s3p\ ^3P_{0,1,2}$, $1s3d\ ^3D_{1,2,3}$, et $1s3d\ ^1D_2$. Les valeurs des probabilités de transition radiative à partir des niveaux $n=3$ utilisées dans le calcul sont ceux présentées dans le tableau IV.2.

Tableau V.1: Populations relatives des 5 premiers niveaux $1s^2\ ^1S_0$, $1s2s\ ^3S_1$, $1s2p\ ^3P_{0,1,2}$ en fonction de la densité électronique N_e pour la température électronique $T_e = 2 \times 10^6$ K.

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	10^8	5×10^8	10^9	5×10^9	10^{10}
$1s^2\ ^1S_0$	9.999999E-01	9.999999E-01	9.999999E-01	9.999998E-01	9.999997E-01
$1s2s\ ^3S_1$	2.378812E-09	1.189183E-08	2.377810E-08	1.186682E-07	2.367832E-07
$1s2p\ ^3P_0$	3.627763E-14	1.814506E-13	3.630574E-13	1.821520E-12	3.658556E-12
$1s2p\ ^3P_1$	2.032026E-15	1.016365E-14	2.033609E-14	1.020313E-13	2.049360E-13
$1s2p\ ^3P_2$	1.380210E-12	6.903456E-12	1.381291E-11	6.930431E-11	1.392054E-10

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	5×10^{10}	10^{11}	5×10^{11}	10^{12}	5×10^{12}
$1s^2\ ^1S_0$	9.999988E-01	9.999977E-01	9.999903E-01	9.999837E-01	9.999642E-01
$1s2s\ ^3S_1$	1.162240E-06	2.272472E-06	9.637351E-06	1.620032E-05	3.558907E-05
$1s2p\ ^3P_0$	1.890066E-11	3.925983E-11	2.446749E-10	5.755670E-10	4.151374E-09
$1s2p\ ^3P_1$	1.058899E-12	2.199899E-12	1.372266E-11	3.229864E-11	2.331831E-10
$1s2p\ ^3P_2$	7.194072E-10	1.494910E-09	9.335161E-09	2.198636E-08	1.589141E-07

Tableau V.2: Populations relatives des 5 premiers niveaux $1s^2\ ^1S_0$, $1s2s\ ^3S_1$, $1s2p\ ^3P_{0,1,2}$ en fonction de la densité électronique N_e pour la température électronique $T_e = 3 \times 10^6$ K.

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	10^8	5×10^8	10^9	5×10^9	10^{10}
$1s^2\ ^1S_0$	9.999999E-01	9.999999E-01	9.999998E-01	9.999994E-01	9.999989E-01
$1s2s\ ^3S_1$	1.046570E-08	5.231975E-08	1.046176E-07	5.222137E-07	1.042250E-06
$1s2p\ ^3P_0$	1.598162E-13	7.993273E-13	1.599269E-12	8.020910E-12	1.610299E-11
$1s2p\ ^3P_1$	8.915207E-15	4.458986E-14	8.921428E-14	4.474509E-13	8.983379E-13
$1s2p\ ^3P_2$	6.078904E-12	3.040397E-11	6.083156E-11	3.051009E-10	6.125507E-10

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	5×10^{10}	10^{11}	5×10^{11}	10^{12}	5×10^{12}
$1s^2 \ ^1S_0$	9.999948E-01	9.999899E-01	9.999566E-01	9.999261E-01	9.998301E-01
$1s2s \ ^3S_1$	5.125758E-06	1.004551E-05	4.327148E-05	7.377195E-05	1.691591E-04
$1s2p \ ^3P_0$	8.291670E-11	1.716205E-10	1.053523E-09	2.465826E-09	1.793937E-08
$1s2p \ ^3P_1$	4.626592E-12	9.578243E-12	5.886774E-11	1.378877E-10	1.004559E-09
$1s2p \ ^3P_2$	3.154974E-09	6.532160E-09	4.016445E-08	9.410516E-08	6.859449E-07

Tableau V.3: Populations relatives des 5 premiers niveaux $1s^2 \ ^1S_0$, $1s2s \ ^3S_1$, $1s2p \ ^3P_{0,1,2}$ en fonction de la densité électronique N_e pour la température électronique $T_e = 5 \times 10^6$ K.

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	10^8	5×10^8	10^9	5×10^9	10^{10}
$1s^2 \ ^1S_0$	9.999999E-01	9.999998E-01	9.999997E-01	9.999985E-01	9.999970E-01
$1s2s \ ^3S_1$	2.917026E-08	1.458302E-07	2.916078E-07	1.455938E-06	2.906640E-06
$1s2p \ ^3P_0$	4.421865E-13	2.211527E-12	4.424540E-12	2.218203E-11	4.451192E-11
$1s2p \ ^3P_1$	2.471335E-14	1.235999E-13	2.472829E-13	1.239727E-12	2.487709E-12
$1s2p \ ^3P_2$	1.689404E-11	8.449291E-11	1.690425E-10	8.474771E-10	1.700597E-09

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	5×10^{10}	10^{11}	5×10^{11}	10^{12}	5×10^{12}
$1s^2 \ ^1S_0$	9.999856E-01	9.999718E-01	9.998763E-01	9.997853E-01	9.994780E-01
$1s2s \ ^3S_1$	1.432711E-05	2.815514E-05	1.235592E-04	2.143502E-04	5.200632E-04
$1s2p \ ^3P_0$	2.283792E-10	4.708516E-10	2.840420E-09	6.606152E-09	4.860933E-08
$1s2p \ ^3P_1$	1.276348E-11	2.631382E-11	1.587133E-10	3.690901E-10	2.715259E-09
$1s2p \ ^3P_2$	8.725097E-09	1.798806E-08	1.084950E-07	2.523051E-07	1.856092E-06

Tableau V.4: Populations relatives des 13 niveaux $1s^2\ ^1S_0$, $1s2s\ ^3S_1$, $1s2p\ ^3P_{0,1,2}$, $1s3s\ ^3S_1$, $1s3p\ ^3P_{0,1,2}$, $1s3d\ ^3D_{1,2,3}$, $1s3d\ ^1D_2$ en fonction de la densité électronique N_e pour la température électronique $T_e = 2 \times 10^6$ K.

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	10 ⁸	5×10 ⁸	10 ⁹	5×10 ⁹	10 ¹⁰
$1s^2\ ^1S_0$	9.9999E-01	9.9999E-01	9.9999E-01	9.9999E-01	9.9999E-01
$1s2s\ ^3S_1$	2.7768E-09	1.3881E-08	2.7756E-08	1.3852E-07	2.7640E-07
$1s2p\ ^3P_0$	3.7789E-14	1.8902E-13	3.7822E-13	1.898E-12	3.8149E-12
$1s2p\ ^3P_1$	2.1473E-15	1.0740E-14	2.1492E-14	1.0787E-13	2.1675E-13
$1s2p\ ^3P_2$	1.4445E-12	7.2255E-12	1.4458E-11	7.2570E-11	1.4583E-10
$1s3s\ ^3S_1$	1.2022E-17	6.0113E-17	1.2022E-16	6.0113E-16	1.2022E-15
$1s3p\ ^3P_0$	2.6326E-18	1.3163E-17	2.6326E-17	1.3163E-16	2.6326E-16
$1s3p\ ^3P_1$	7.8109E-18	3.9054E-17	7.8109E-17	3.9054E-16	7.8109E-16
$1s3p\ ^3P_2$	1.3129E-17	6.5646E-17	1.3129E-16	6.5646E-16	1.3129E-15
$1s3d\ ^3D_1$	3.3859E-19	1.6929E-18	3.3859E-18	1.69297E-17	3.3859E-17
$1s3d\ ^3D_2$	5.7611E-19	2.8805E-18	5.7611E-18	2.8805E-17	5.7611E-17
$1s3d\ ^3D_3$	7.8718E-019	3.935E-018	7.8718E-18	3.9359E-17	7.8718E-17
$1s3d\ ^1D_2$	2.5765E-17	1.2882E-16	2.5765E-16	1.2882E-15	2.5765E-15

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	5×10 ¹⁰	10 ¹¹	5×10 ¹¹	10 ¹²	5×10 ¹²
$1s^2\ ^1S_0$	9.9999E-01	9.9999E-01	9.9998E-01	9.9998E-01	9.9995E-01
$1s2s\ ^3S_1$	1.3567E-06	1.6527E-06	1.1249E-05	1.8910E-05	4.1543E-05
$1s2p\ ^3P_0$	2.9784E-11	4.1270E-11	2.6282E-10	6.2629E-10	4.6180E-09
$1s2p\ ^3P_1$	1.1237E-12	2.3433E-12	1.4895E-11	3.5456E-11	2.6096E-10
$1s2p\ ^3P_2$	7.5648E-10	1.5784E-09	1.0064E-08	2.3999E-08	1.7717E-07
$1s3s\ ^3S_1$	6.0113E-15	1.2022E-14	6.0113E-14	1.2022E-13	6.0111E-13
$1s3p\ ^3P_0$	1.3163E-15	2.6326E-15	1.3163E-14	2.6326E-14	1.3162E-13
$1s3p\ ^3P_1$	3.9054E-15	7.8109E-15	3.9054E-14	7.8107E-14	3.9052E-13
$1s3p\ ^3P_2$	6.5646E-15	1.3129E-14	6.5645E-14	1.3129E-13	6.5643E-13
$1s3d\ ^3D_1$	1.6929E-16	3.3859E-16	1.6929E-15	3.3858E-15	1.6929E-14
$1s3d\ ^3D_2$	2.8805E-16	5.7611E-16	2.8805E-15	5.7610E-15	2.8804E-14
$1s3d\ ^3D_3$	3.9359E-16	7.8718E-16	3.9358E-15	7.8717E-15	3.9357E-14
$1s3d\ ^1D_2$	1.2882E-14	2.5765E-14	1.2882E-13	2.5765E-13	1.2882E-12

Tableau V.5 Populations relatives des 13 niveaux $1s^2\ ^1S_0$, $1s2s\ ^3S_1$, $1s2p\ ^3P_{0,1,2}$, $1s3s\ ^3S_1$, $1s3p\ ^3P_{0,1,2}$, $1s3d\ ^3D_{1,2,3}$, $1s3d\ ^1D_2$ en fonction de la densité électronique N_e pour la température électronique $T_e = 3 \times 10^6$ K.

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	10 ⁸	5×10 ⁸	10 ⁹	5×10 ⁹	10 ¹⁰
$1s^2\ ^1S_0$	9.9999E-01	9.9999E-01	9.9999E-01	9.9999E-01	9.9999E-01
$1s2s\ ^3S_1$	1.2844E-08	6.4211E-08	1.2839E-07	6.4090E-07	1.2791E-06
$1s2p\ ^3P_0$	1.6881E-13	8.4438E-13	1.6895E-12	8.4777E-12	1.7030E-11
$1s2p\ ^3P_1$	9.6469E-15	4.8251E-14	9.6546E-14	4.8442E-13	9.7306E-13
$1s2p\ ^3P_2$	6.4704E-12	3.2363E-11	6.4756E-11	3.2494E-10	6.5276E-10
$1s3s\ ^3S_1$	7.3054E-17	3.6527E-16	7.30543E-16	3.6527E-15	7.3054E-15
$1s3p\ ^3P_0$	1.5646E-17	7.8231E-17	1.5646E-16	7.8231E-16	1.5646E-15
$1s3p\ ^3P_1$	4.6461E-17	2.3230E-16	4.6461E-16	2.3230E-15	4.6461E-15
$1s3p\ ^3P_2$	7.8231E-17	3.9115E-16	7.8231E-16	3.9115E-15	7.8231E-15
$1s3d\ ^3D_1$	1.9789E-18	9.8947E-18	1.9789E-17	9.8947E-17	1.9789E-16
$1s3d\ ^3D_2$	3.3957E-18	1.6978E-17	3.3957E-17	1.6978E-16	1.9789E-16
$1s3d\ ^3D_3$	4.5995E-18	2.2997E-17	4.5995E-17	2.2997E-16	1.9789E-16
$1s3d\ ^1D_2$	1.9007E-16	9.5036E-16	1.9007E-15	9.5036E-15	1.9007E-14

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	5×10 ¹⁰	10 ¹¹	5×10 ¹¹	10 ¹²	5×10 ¹²
$1s^2\ ^1S_0$	9.9999E-01	9.9998E-01	9.9994E-01	9.9990E-01	9.9979E-01
$1s2s\ ^3S_1$	6.2907E-06	1.2327E-05	5.3105E-05	9.0537E-05	2.0759E-04
$1s2p\ ^3P_0$	8.8100E-11	1.8330E-10	1.1563E-09	2.7530E-09	2.0649E-08
$1s2p\ ^3P_1$	5.0308E-12	1.0460E-11	6.5774E-11	1.5628E-10	1.1681E-09
$1s2p\ ^3P_2$	3.3769E-09	7.0267E-09	4.4342E-08	1.0559E-07	7.9232E-07
$1s3s\ ^3S_1$	3.6526E-14	7.3053E-14	3.6525E-13	7.3047E-13	3.6519E-12
$1s3p\ ^3P_0$	7.8230E-15	1.5646E-14	7.8227E-14	1.5644E-13	7.8214E-13
$1s3p\ ^3P_1$	2.3230E-14	4.6460E-14	2.3229E-13	4.6457E-13	2.3225E-12
$1s3p\ ^3P_2$	3.9115E-14	7.8230E-14	3.9113E-13	7.8224E-13	3.9107E-12
$1s3d\ ^3D_1$	9.8946E-16	1.9789E-15	9.8942E-15	1.9787E-14	9.8926E-14
$1s3d\ ^3D_2$	1.6978E-15	3.3957E-15	1.6978E-14	3.3954E-14	1.6975E-13
$1s3d\ ^3D_3$	2.2997E-15	4.5994E-15	2.2996E-014	4.5991E-14	2.2992E-13
$1s3d\ ^1D_2$	9.5036E-014	1.9007E-13	9.5031E-13	1.9005E-12	9.5017E-12

Tableau V.6: Populations relatives des 13 niveaux $1s^2\ ^1S_0$, $1s2s\ ^3S_1$, $1s2p\ ^3P_{0,1,2}$, $1s3s\ ^3S_1$, $1s3p\ ^3P_{0,1,2}$, $1s3d\ ^3D_{1,2,3}$, $1s3d\ ^1D_2$ en fonction de la densité électronique N_e pour la température électronique $T_e = 5 \times 10^6$ K.

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	10 ⁸	5×10 ⁸	10 ⁹	5×10 ⁹	10 ¹⁰
$1s^2\ ^1S_0$	9.9999E-01	9.9999E-01	9.9999E-01	9.9999E-001	9.9999E-01
$1s2s\ ^3S_1$	3.7638E-08	1.8816E-07	3.7626E-07	1.8786E-006	3.7504E-06
$1s2p\ ^3P_0$	4.7409E-13	2.3712E-12	4.7444E-012	2.3798E-011	4.7787E-11
$1s2p\ ^3P_1$	2.7641E-14	1.3824E-13	2.7660E-13	1.3872E-012	2.7852E-12
$1s2p\ ^3P_2$	1.8345E-11	9.1757E-11	1.8358E-10	9.2086E-010	1.8490E-09
$1s3s\ ^3S_1$	2.6615E-16	1.3307E-15	2.6615E-15	1.3307E-014	2.6615E-14
$1s3p\ ^3P_0$	5.5374E-17	2.7687E-16	5.5374E-16	2.7687E-015	5.5373E-15
$1s3p\ ^3P_1$	1.6429E-16	8.2149E-16	1.6429E-15	8.2149E-015	1.6429E-14
$1s3p\ ^3P_2$	2.7551E-16	1.3775E-15	2.7551E-15	1.3775E-014	2.7550E-14
$1s3d\ ^3D_1$	6.8405E-18	3.4202E-17	6.8405E-17	3.4202E-016	6.8405E-16
$1s3d\ ^3D_2$	1.1873E-17	5.9367E-17	1.1873E-16	5.9367E-16	1.1873E-15
$1s3d\ ^3D_3$	1.5903E-17	7.9519E-17	1.5903E-16	7.9519E-16	1.5903E-15
$1s3d\ ^1D_2$	9.4825E-16	4.7412E-15	9.4825E-15	4.7412E-14	9.4825E-14

Niveau	N_e (cm ⁻³)				
	5×10 ¹⁰	10 ¹¹	5×10 ¹¹	10 ¹²	5×10 ¹²
$1s^2\ ^1S_0$	9.9998E-01	9.9996E-01	9.9984E-01	9.9972E-01	9.9932E-01
$1s2s\ ^3S_1$	1.8486E-05	3.6328E-05	1.5942E-04	2.7656E-04	6.7094E-04
$1s2p\ ^3P_0$	2.4644E-10	5.1108E-10	3.1826E-09	7.5591E-09	5.7891E-08
$1s2p\ ^3P_1$	1.4345E-11	2.9706E-11	1.8355E-10	4.3375E-10	3.2908E-09
$1s2p\ ^3P_2$	9.5316E-09	1.9757E-08	1.2272E-07	2.9101E-07	2.2220E-06
$1s3s\ ^3S_1$	1.3307E-13	2.6614E-13	1.3305E-12	2.6607E-12	1.3298E-11
$1s3p\ ^3P_0$	2.7686E-14	5.5372E-14	2.7682E-13	5.5358E-13	2.7668E-12
$1s3p\ ^3P_1$	8.2147E-14	1.6429E-13	8.2136E-13	1.6425E-12	8.2094E-12
$1s3p\ ^3P_2$	1.3775E-13	2.7550E-13	1.3773E-12	2.7543E-12	1.3766E-11
$1s3d\ ^3D_1$	3.4202E-15	6.8402E-15	3.4197E-14	6.8386E-14	3.4179E-13
$1s3d\ ^3D_2$	5.9366E-15	1.1873E-14	5.9358E-14	1.1870E-13	5.9327E-13
$1s3d\ ^3D_3$	7.9517E-15	1.5903E-14	7.9506E-14	1.5899E-13	7.9465E-13
$1s3d\ ^1D_2$	4.7412E-13	9.4822E-13	4.7405E-12	9.4799E-12	4.7380E-11

V.2 Rapport d'intensité ρ

Sur la figure V.1, nous avons représenté le rapport d'intensité des raies interdites z et d'inter combinaison y , $\rho = z/y$, de l'ion Ne^{8+} en fonction de la densité électronique pour les trois valeurs de température $T_e = 2 \times 10^6$, 3×10^6 et 5×10^6 K du plasma. Les populations N_l et N_u des niveaux supérieurs des deux raies utilisées dans le calcul de ρ sont celles présentées dans les tableaux V.1, V.2, V.3. Pour des densités inférieures à 10^{10} cm^{-3} où tous les niveaux excités sont peuplés presque entièrement par collision à partir du fondamental, le rapport ρ prend des valeurs presque constantes comprises entre 2.60 et 2.74 dans l'intervalle de température de 2×10^6 à 5×10^6 K. Lorsque la densité électronique augmente à partir de $\sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, on peut remarquer que le rapport ρ décroît rapidement avec la densité électronique et atteint la valeur approximative de 0.2 à 10^{13} cm^{-3} . Ceci découle de l'accroissement considérable de la population du niveau $1s2p \ ^3P_1$ du à l'excitation collisionnelle à partir du niveau $1s2s \ ^3S_1$. A partir de la densité $N_e = 5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ l'intensité de la raie z devient trop faible du faite de la très grande domination de la désexcitation collisionnelle de son niveau supérieur au détriment de la désexcitation radiative et alors le rapport ρ tend vers zéro et est inexploitable du point de vue diagnostic en densité. En ce qui concerne le niveau métastable, nos calculs ont montré qu'il est peuplé essentiellement par cascades radiatives à partir des niveaux triplets $1s2p \ ^3P_{0,2}$, l'excitation directe à partir du fondamental n'étant pas assez importante. D'autre part, en regardant les figures V.1 et V.2, on remarque que pour des densités comprises entre 10^{10} et 10^{13} cm^{-3} ce rapport d'intensité z/y augmente légèrement avec la température. A titre d'exemple, pour une densité d'électron de $5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ ce rapport prend les valeurs de 1.52, 1.62 et 1.75 pour des températures de 2×10^6 , 3×10^6 et 5×10^6 K, respectivement.

La comparaison entre les deux courbes de chacune des figures V.3, V.4, V.5, nous permet de dire que l'inclusion des cascades à partir des niveaux $n=3$ peut provoquer une augmentation significative du rapport ρ surtout à basses densités. Cette augmentation de ρ dans le domaine des faibles densités est due principalement aux cascades qui alimentent les niveaux $1s2p \ ^3P_1$ et $1s2s \ ^3S_1$. Cette contribution devient très petite lorsque la densité augmente au delà de $\sim 10^{12} \text{ cm}^{-3}$. En outre, en observant les figures V.3, V.4, V.5, on remarque que l'augmentation de ρ à basses densités est beaucoup plus prononcée au fur et à mesure que la température augmente. Mentionnons que dans la limite des basses densités (10^8 cm^{-3}), le rapport ρ passe de ~ 2.36 à 2.60, 2.68 et 2.74 pour les températures 2×10^6 , 3×10^6 et 5×10^6 K, respectivement.

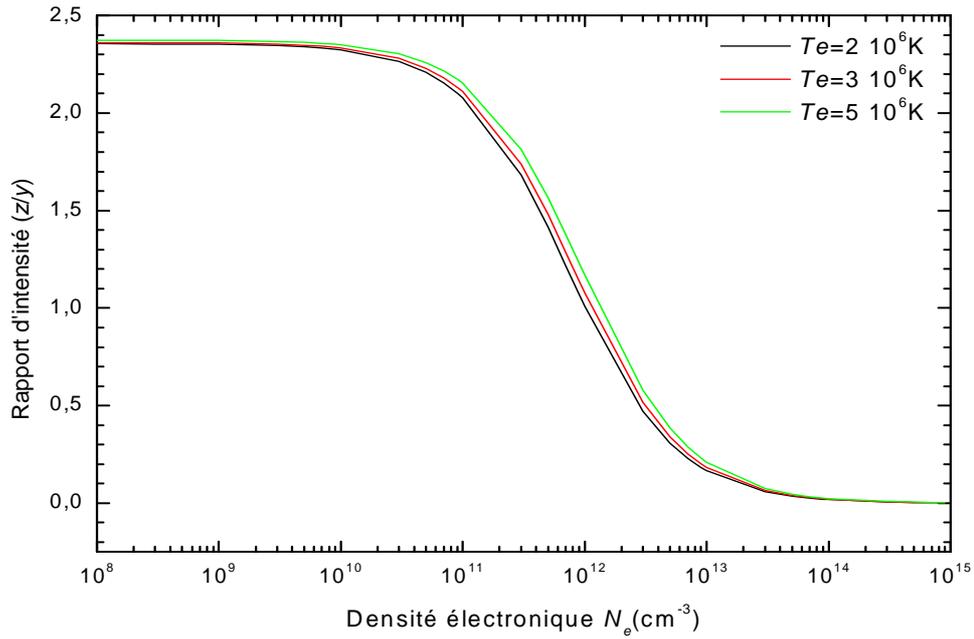


Figure V.1 : Rapport z/y d'intensité des raies émises par l'ion Ne^{8+} en fonction de la densité électronique N_e du plasma pour les trois valeurs de température électronique T_e . Ce rapport est calculé dans le cadre du modèle collisionnel-radiatif incluant seulement les 5 premiers niveaux.

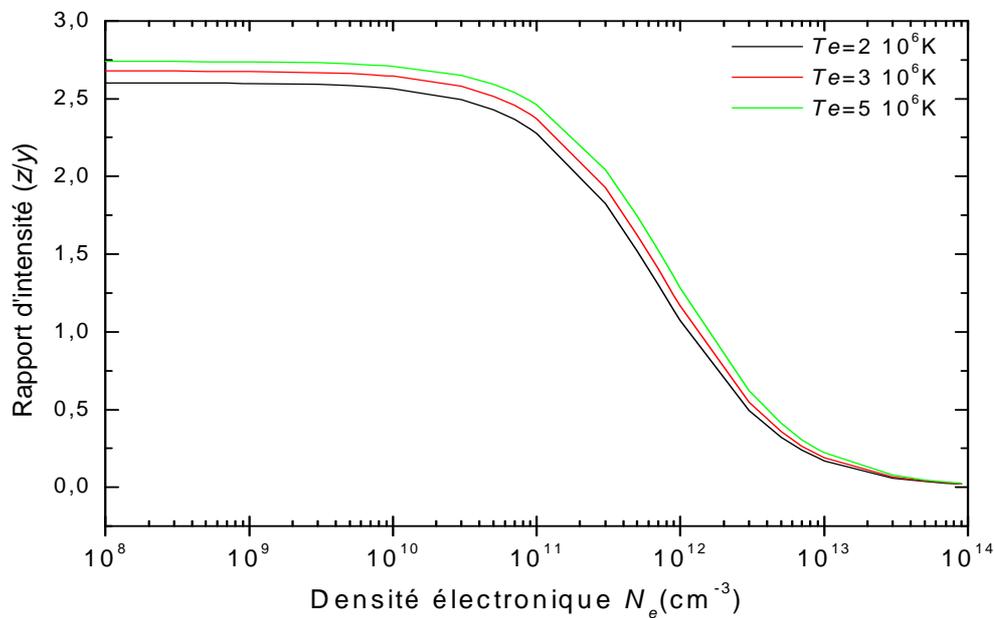


Figure V.2 : Rapport z/y d'intensité des raies émises par l'ion Ne^{8+} en fonction de la densité électronique N_e du plasma pour les trois valeurs de température électronique T_e . Ce rapport est calculé dans le cadre du modèle collisionnel-radiatif incluant 13 niveaux.

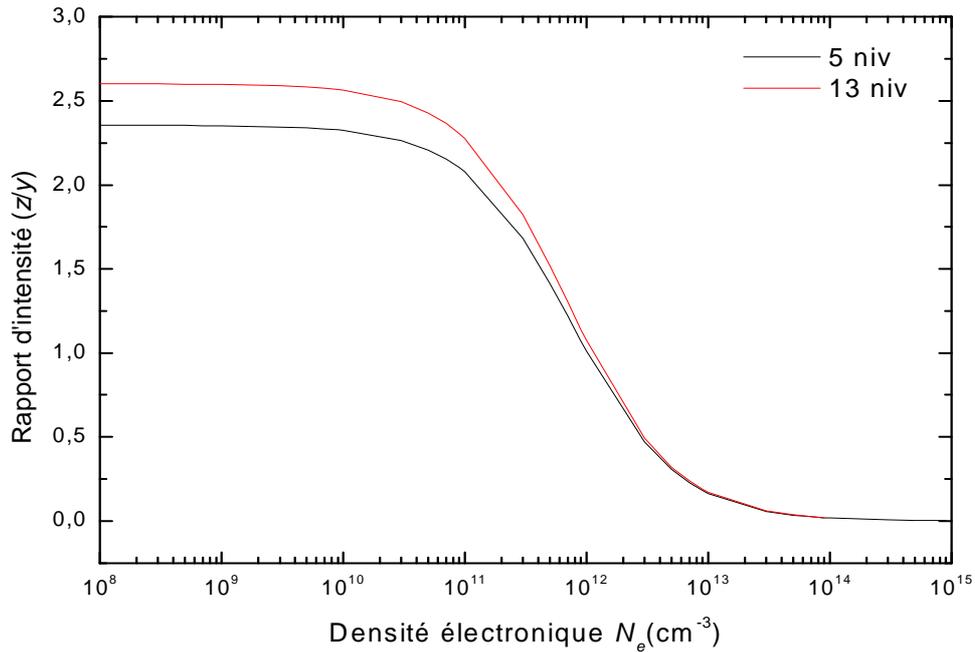


Figure IV.3 : Rapport z/y d'intensité des raies émises par l'ion Ne^{8+} en fonction de la densité électronique N_e . Ce rapport est calculé dans le cadre du modèle collisionnel-radiatif incluant les 5 premiers niveaux puis 13 niveaux pour $T_e = 2 \times 10^6$ K

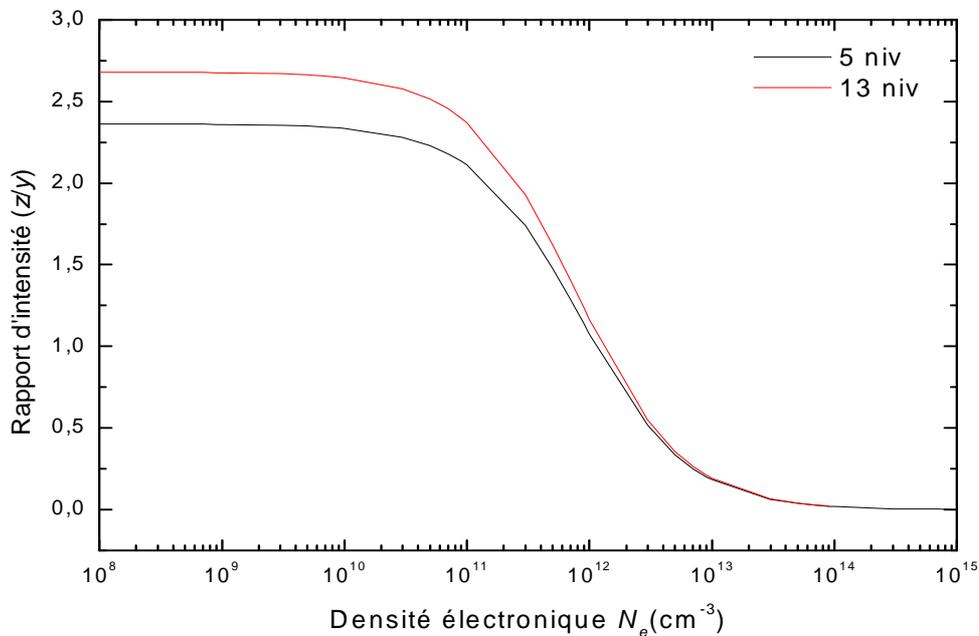


Figure IV.4 : Rapport z/y d'intensité des raies émises par l'ion Ne^{8+} en fonction de la densité électronique N_e . Ce rapport est calculé dans le cadre du modèle collisionnel-radiatif incluant les 5 premiers niveaux puis 13 niveaux pour $T_e = 3 \times 10^6$ K.

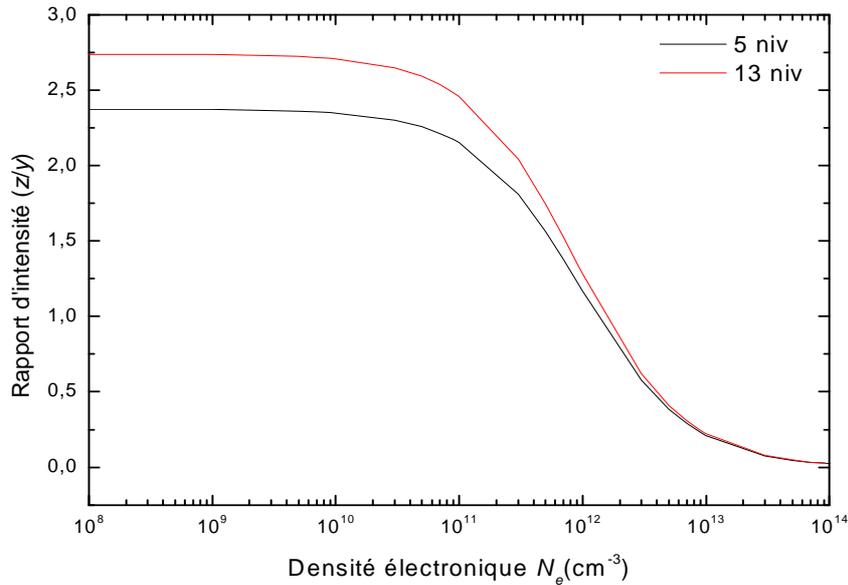


Figure IV.5 : Rapport z/y d'intensité des raies émises par l'ion Ne^{8+} en fonction de la densité électronique N_e . Ce rapport est calculé dans le cadre du modèle collisionnel-radiatif incluant les 5 premiers niveaux puis 13 niveaux pour $T_e = 5 \times 10^6$ K.

V.3 Application aux spectres de couronne stellaire

V.3.1 Introduction

Les conditions physiques régnant dans les plasmas astrophysiques chauds peuvent être extrêmement variées. On rencontre des plasmas très dilués où la densité N_e peut être aussi faible que 10^4 cm^{-3} comme dans les nébuleuses planétaires, et des plasmas très denses où N_e peut atteindre des valeurs aussi élevées que 10^{26} cm^{-3} comme dans les naines blanches. Ici nous nous intéressons aux régions de l'atmosphère des étoiles où sont localisées des phénomènes très différents liés à l'activité de l'étoile et qui ont toujours une origine magnétique. Dans ces régions actives la température électronique est $\sim 10^6$ K, lorsqu'elles ne sont pas éruptives et peut s'élever facilement à $\sim 10^7$ K dans le cas des éruptions. Quant à la densité électronique, elle est comprise entre 10^{10} et 10^{12} cm^{-3} selon les conditions éruptives ou non éruptives. Nous voulons appliquer nos calculs pour déduire la densité électronique à partir de spectres observés d'une couronne stellaire.

Les premières observations solaires dans le domaine X de Zhitnik et al, Evans et Pounds, Rugge et Walker et Neupert ne bénéficiaient d'aucune résolution spatiale. Le spectre d'émission X observé provenait donc tant aussi bien de la couronne toute entière, des régions actives et même des éruptions. De plus dans la plupart de ces expériences, la résolution

spectrale était encore relativement faible et il difficile non seulement d'identifier les raies mais encore de déterminer avec précision les intensités absolues. C'est Batstone qui le premier isola le spectre X d'une seule région actives. Ce n'est en fait que depuis 1975, grâce aux perfectionnements techniques d'abord dans le domaine de la résolution spectrale puis dans le domaine de la résolution spatiale, que sont disponibles les spectres X provenant des couronnes stellaires [21]. Ceci a permis aux astrophysiciens de disposer pour l'étude de ces plasmas stellaires d'un grand nombre de données dans le domaine XUV, correspondant essentiellement aux raies d'émission d'atomes fortement ionisés tels que O, Ne, Mg, Ca et Fe. L'interprétation de ces spectres permet d'avoir accès aux paramètres physiques de la région émissive, notamment la température, la densité et l'abondance relative des ions.

V.3.2 Diagnostic en densité

Nous voulons dans cette application utiliser les résultats de nos calculs pour déduire la densité des électrons du plasma au cour d'une éruption puis dans la phase non éruptif à partir de spectres provenant de l'étoile EV Lacerta obtenus avec *Chandra* High Energy Transmission Grating Spectrometer (HETGS) [22]. La couronne de cette étoile possède une structure similaire à celle du soleil. Pour ces spectres, le rapport ρ est mesuré égale à 2.09 au cour de l'éruption et égale à 2,42 dans la phase non éruptif. La température électronique du plasma observé produisant ces raies avait été estimé à $T_e \approx 4 \times 10^6$ K au cour de l'éruption en se basant sur des méthodes appropriées de diagnostic. Rappelons que ρ a une légère dépendance en température. A partir de nos courbes donnant les variations de ρ en fonction de N_e pour les valeurs de température de 5×10^6 et 2×10^6 K correspondant aux phases éruptif et non éruptif, les rapports observés ρ implique une densité d'électrons de 3×10^{11} et $5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ respectivement.

Figure V.6 : Spectre d'émission de Ne^{8+} observé avec *Chandra* [22]

