

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique**

**Centre Universitaire El Oued**

**Institut des sciences et de Technologie**

N° d'ordre : .....

Série : .....

**MEMOIRE**

Présenté Pour obtenir le diplôme de

**Magister en Physique**

**Option : Rayonnement et Optoélectronique**

**Par : DIF SOUAD**

**ETUDE DE LA RECOMBINAISON DIELECTRONIQUE  
DE L'HELIUM NEUTRE**

Soutenu le / /2011

**Devant le jury composé de:**

<b>REHOUMA Ferhat</b>	Professeur	Centre Universitaire d'El-Oued	<b>Président</b>
<b>GUEDDA El-Habib</b>	Maître de Conférences	Centre Universitaire d'El-Oued	<b>Rapporteur</b>
<b>KHELFAOUI Fethi</b>	Professeur	Université Kasdi Merbeh Ouargla	<b>Examineur</b>
<b>MEFTAH Med Tayeb</b>	Professeur	Université Kasdi Merbeh Ouargla	<b>Examineur</b>

# Sommaire

*Introduction générale* ..... 01

## **Chapitre I: Généralités sur les plasmas et l'hélium neutre**

*I.1 Introduction* ..... 04

*I.2. Les plasmas* ..... 04

*I.2.1. Plasma par confinement magnétique*..... 05

*I.2.2. Transitions radiatives dans les plasmas*..... 07

*I.2.3. Modèles d'équilibre dans les plasmas*..... 09

*I.2.3.1 Équilibre thermodynamique complet*..... 09

*I.2.3.2 Équilibre thermodynamique local*..... 09

*I.2.3.3 Équilibre coronal*..... 10

*I.2.4. Les lois d'équilibre*..... 10

*I.2.4.1. Loi de Maxwell*..... 10

*I.2.4.2. Distribution de Boltzmann*..... 11

*I.2.4.3. Loi de Saha*..... 11

*I.2.4.4. Loi de Planck*..... 12

*I.2.5. Équilibre collisionnel radiatif*..... 12

*I.2.6. Les constantes du temps*..... 13

*I.3. L'hélium*..... 15

<i>I.3.1. Couplage spin-orbit dans un atome à deux électrons</i>	15
<i>I.3.2. Notations spectroscopiques</i>	17
<i>I.3.3. L'équation de Schrödinger</i>	17
<i>I.3.4. Méthodes d'approximation</i>	18
<i>I.3.4.1. Méthode variationnelle</i>	18
<i>I.3.4.2. Méthode de Hartree</i>	19
<i>I.4. Calcul numérique et code de calcul</i>	19
<i>I.4.1. Code FAC</i>	20
<i>I.5. Conclusion</i>	20

## ***Chapitre II Processus atomiques élémentaires dans les plasmas***

<i>II.1. Introduction</i>	22
<i>II.2. Le coefficient du taux</i>	22
<i>II.3. Transitions radiatives</i>	23
<i>II.3.1. Probabilité de transition radiative d'Einstein</i>	24
<i>II.3.2. Force de raie dipolaire</i>	26
<i>II.3.3. Force d'oscillateur</i>	27
<i>II.4. Processus atomiques élémentaires dans les plasmas</i>	28
<i>II.4.1. Recombinaison radiative</i>	28
<i>II.4.1.1. Equations empiriques</i>	28
<i>II.4.2. Recombinaison diélectronique</i>	29
<i>II.4.3. Recombinaison à trois corps</i>	30

II.4.4. Ionisation par l'électron d'impact.....	31
II.4.4.1 Les méthodes classiques.....	32
II.4.4.2 Approximation de Coulomb-Born.....	32
II.4.4.3 Les équations semi empiriques.....	33
II.4.5. Recombinaison par échange de charge.....	35
II.4.6. Excitation par l'électron d'impact.....	35
II.5. Application au calcul de distribution des états de charge.....	36
II.5.1 Modèle coronal.....	37
II.5.2 Equilibre thermodynamique local.....	37
II.6 . Conclusion.....	38

### **Chapitre III le processus de la recombinaison diélectronique**

III.1 Introduction.....	40
III.2. Aperçu historique.....	40
III.3. Description de la recombinaison diélectronique.....	41
III.4. Stabilité radiative.....	44
III.5. Raies satellites de la RD.....	46
III.6. Les formules semi-empiriques de la RD.....	46
III.6.1. Formule de MMC.....	47
III.6.2. Code de Hulse.....	47
III.7. Processus reliés à la RD.....	48
III.7.1. Collisions électron-ion.....	48

<i>III.7.2. Excitation résonante</i> .....	49
<i>III.7.3. Photoautoionisation</i> .....	49
<i>III.7.4. Double échange de charge et double ionisation</i> .....	49
<i>III.8. Calcul numérique et codes de calcul</i> .....	51
<i>III.9. Conclusion</i> .....	52

## **Chapitre IV Etude de la recombinaison diélectronique**

<i>IV.1 Introduction</i> .....	54
<i>IV. 2. Coefficient de taux de RD</i> .....	54
<i>IV. 3. Lois d'échelle pour l'HeI</i> .....	55
<i>IV .4. Etude de la recombinaison diélectronique</i> .....	56
<i>IV.4.1. Calcul des facteurs d'intensité</i> .....	56
<i>IV.4.2. Calcul du coefficient de taux de RD</i> .....	57
<i>IV.4.2. 1. Calcul FAC</i> .....	58
<i>IV.4.2.2 .Calcul de Burgess</i> .....	58
<i>IV. 5. Résultats et comparaisons</i> .....	59
<i>IV.6. Conclusion</i> .....	63
<b><i>Conclusion générale</i></b> .....	<b>64</b>
<b><i>Annexe A. Taux d'autoionisation, transition radiative et facteurs d'intensité</i></b> .....	<b>65</b>
<b><i>Annexe B. Programme de calcul de taux de la recombinaison diélectronique des niveaux singulets et des niveaux triplets pour l'HeI</i></b> .....	<b>67</b>
<b><i>Références Bibliographiques</i></b> .....	<b>71</b>