

REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



# MÉMOIRE

PRÉSENTÉ A  
L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE KOUBA-ALGER  
DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE

POUR OBTENIR LE DIPLÔME DE

# MAGISTER

SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE  
OPTION : PHYSIQUE THÉORIQUE

PAR

**M. Abdallah BELHADDAD**

**Traitement des états de rotation nucléaires par une  
approche conservant le nombre de particules**

Soutenu le 27/10/2016 à 10:00 h à la salle de cinéma (audio-visuelle)

*Devant la commission d'examen composée de :*

M. A. ZEGHDAOUI	Professeur, ENS Vieux-Kouba, Alger	Président
M. S. KESSAL	Professeur, USTHB, Alger	Examineur
M. M. IMADALOU	MCA, Univ. Blida	Examineur
M. D. E. MEDJADI	Professeur, ENS Vieux-Kouba, Alger	Directeur de thèse

---



---

## Table des matières

---



---

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I</b>	
<b>CHAMP MOYEN : LA METHODE HARTREE-FOCK</b>	<b>4</b>
I.1 Introduction .....	5
I.2 Particules indépendantes.....	6
I.3 Méthode du champ moyen auto-cohérent.....	7
I.3.1 Approximation de particules indépendantes.....	7
I.3.2 Méthode variationnelle.....	8
I.3.3 Dérivation des équations de Hartree-Fock.....	9
I.3.4 Interactions effectives.....	11
I.3.5 Interaction effective phénoménologique SIII.....	13
I.3.6 La fonctionnelle énergie de Skyrme.....	15
I.3.7 Hamiltonien de Hartree-Fock $h$ .....	16
I.3.8 Les symétries du Hamiltonien d'Hartree-Fock $h$ .....	17
I.3.9 La base des fonctions d'onde du Hamiltonien de Hartree-Fock.....	19
I.3.9.1 Etats d'Hartree-Fock et renversement du sens du temps.....	20
I.3.9.2 Densités locales.....	22
I.3.10 Eléments de matrice du Hamiltonien de Hartree-Fock.....	26
<b>CHAPITRE II</b>	
<b>LES CORRELATIONS AU DELA DU CHAMP MOYEN : les corrélations d'appariement</b>	<b>30</b>
II.1 Introduction.....	31
II.2 L'approximation de Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS) .....	32
II.2.1 L'état fondamental BCS.....	32
II.2.2 Equations de BCS.....	34
II.2.3 Interactions résiduelles utilisées.....	36
II.2.3.1 Force de Séniorité.....	36
II.2.3.2 L'intensité de la force de séniorité.....	38
II.3 Corrélations d'appariement à l'approximation HTDA.....	41
II.3.1 Introduction.....	41
II.3.2 Choix de l'approche utilisée .....	43
II.3.3 Les configurations possibles de neutrons et de protons.....	43
II.3.4 Principe général .....	46
II.3.5 Formalisme HTDA .....	47
II.3.6 Interaction résiduelle utilisée .....	50
II.3.6.1 Choix de l'interaction utilisée .....	50
II.3.6.2 Calcul les éléments de matrice de l'interaction résiduelle .....	51

II.3.7	La symétrie par rapport au renversement du sens du temps .....	52
II.3.8	Diagonalisation .....	53
II.3.9	Mesure de la diffusivité de la surface de Fermi .....	54
II.3.10	Calcul auto-cohérent .....	55

### CHAPITRE III

Les ellipsoïdes de types-S dans un formalisme Hartree-Fock .....	57
--	----

III.1	Introduction .....	58
III.2	Symétries du routhian .....	58
III.3	Fonctionnelle énergie et Hamiltonien de Skyrme .....	59
III.4	Densités locales	
III.4.1	Densités indépendantes du spin.....	61
III.4.2	Densités indépendantes du spin .....	61
III.5	Éléments de matrice du Hamiltonien de Skyrme .....	64
III.6	Le moment d'inertie et l'énergie de rotation .....	67

### CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION .....	69
-------------------------------	----

#### Partie A

IV.1	Conditions des calculs HTDA .....	70
IV.1.1	Interaction résiduelle utilisée dans le calcul HTDA.....	71
IV.2	Les courbes de déformation axiales avec l'approche BCS .....	73
IV.3	Les surfaces d'énergie potentielle de déformation BCS .....	77
IV.4	Les courbes de déformation axiales avec l'approche HTDA.....	79
IV.5	Les surfaces d'énergie potentielle de déformation HTDA.....	81
IV.6	Les rayons quadratique moyen.....	82

#### Partie B

IV.1	Conditions du calcul routhian.....	83
IV.2	Moment d'inertie en fonction du spin I de la bande fondamentale.....	84
IV.3	La vitesse angulaire collective de rotation $\Omega$ en fonction du spin I.....	86
IV.4	Energies collectives des états de la bande fondamentale en fonction du spin I.....	88
IV.5	Spectre des énergies collectives de la bande fondamentale.....	92

CONCLUSIONS et PERSPECTIVE .....	95
----------------------------------	----

<b>Annexes</b>	<b>97</b>
<b>Annexe A</b>	
Matrice densité d'un déterminant de Slater .....	98
<b>Annexe B</b>	
Base de l'oscillateur harmonique à symétrie axiale. ....	100
<b>Annexe C</b>	
C.1 Les ellipsoïdes de types-S .....	102
C.2 Champ de vitesse des ellipsoïdes de types-S.....	102
C.3 Opérateur de cranking.....	103
<b>Annexe D</b>	
Matrices de Pauli en coordonnées cylindriques .....	104
<b>Annexe E</b>	
Eléments de matrice à N corps .....	106
<b>Annexe F</b>	
Eléments de matrice de l'Hamiltonien de Skyrme.....	112
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>118</b>

## Résumé

*Dans notre travail, nous avons étudié quelques propriétés rotationnelle de deux noyaux lourds ( $^{236}_{92}\text{U}$ ,  $^{240}_{94}\text{Pu}$ ) à partir des approximations suivantes HF+BCS, HTDA et routhian (cranking). Nous avons partagé notre étude en deux parties nommé A et B. La partie A est consacrée à la détermination de quelques propriétés statiques de ces noyaux dans l'état fondamentale comme par exemple ; les courbes d'énergies de déformation en fonction de moment quadrupolaire axiales et aussi les surfaces d'énergies potentielle ... etc. en utilisant la méthode HF+BCS et sa comparaison avec le traitement HTDA, celle-ci conservant le nombre de particules, nous avons trouvé que les résultats obtenue par HTDA plus proche que l'expérimentale. Ces résultats permettent de déterminer l'état fondamental (état d'équilibre) des deux noyaux étudiés. Dans la partie B nous avons utilisé l'état fondamentale obtenue avec le traitement HTDA dans la partie A, pour déterminer la bande de rotation ainsi que quelques propriétés rotationnelles de ces noyaux, à l'aide de l'approximation de routhian, on utilisant la force SIII en première lieu et puis la force SkM\* dans cet approximation, et on comparons les résultats obtenus avec l'expérimentale, nous trouvons que pour la force SkM\* les résultats plus proche que l'expérimentale avec celle obetenu par la force SIII.*

## ملخص

قمنا في هذا العمل بدراسة بعض الخصائص الدورانية لنواتين ثقيلتين ( $^{236}_{92}\text{U}$ ,  $^{240}_{94}\text{Pu}$ ) في حالتها الأساسية انطلاقاً من التقريبات التالية HF+BCS، HTDA و routhian (cranking). قسمنا عملنا إلى جزأين أ و ب، الجزء أ مخصص إلى تحديد بعض الخصائص السكونية للنواتين في حالتها الأساسية، مثل منحنيات الطاقة للتشوه بدلالة عزم رباعي الاق طاب المحوري و كذلك أسطح الطاقة الكمونية... الخ. بحيث استعملنا في البداية تقريب HF+BCS ثم تقريب HTDA و المقارنة بينهما، هذه الأخيرة تحفظ عدد الجسيمات. بحيث وجدنا النتائج المحصل عليها من تقريب HTDA اقرب إلى النتائج التجريبية مقارنة مع النتائج المحصل عليها من تقريب HF+BCS. هذه النتائج تسمح لنا بتحديد الحالة الأساسية (حالة التوازن) للنواتين المدروستين، في الجزء ب استعملنا الحالة الأساسية المحصل عليها من تقريب HTDA في الجزء أ، و ذلك من اجل تحديد طيف الطاقة الدورانية و بعض الخصائص الدورانية الأخرى الممكنة لهذه الانوية، انطلاقاً من تقريب routhian (cranking)، بحيث أننا استعملنا القوة SIII أولاً ثم القوة SkM\* ثانياً في هذا التقريب، وجدنا انه من اجل القوة SkM\* النتائج تكون اقرب إلى النتائج التجريبية مقارنة بالقوة SIII