

People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and
Scientific Research

Ferhat Abbas University of SETIF
Faculty of Sciences
Department of Physics

THESIS

To obtain the title of
Doctorate of science

Specialty: **Nuclear Physics**

Defended by

Abderrahmane YAKHELEF

T H E M E

**Study of nuclei far from stability in the
vicinity of ^{100}Sn and light nuclei using
microscopic models**

Viva at:

Jury:

President: Mr. A. Boucenna

Reviewers: Mr. A. Bouldjedri

Mr. J. Al-khalili

Examinators: Mr. K. Bencheikh

Mr. A. Mansouri

Mr. N. Mebarki

Invited: Mr. S. Tobbèche

Prof. Univ. Sétif

Prof. Univ. Batna

Prof. Univ. Surrey(uk)

Prof. Univ. Setif

Prof. Univ. Setif

Prof. Univ. Constantine

MC. Univ. Batna

إهداء

بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على خير خلق الله أجمعين
إلى الكريمة الفاضلة، الوديدة في عزم، الشجاعة في حكمة، زوجتي أم إسراء
إلى العلم الأشم والعالم الرباني العلامة يوسف القرضاوي.
إلى فقيه الدعوة وأستاذ التربية الشيخ محمد أحمد الراشد
إلى الكريم الفاضل الداعية في صمت الأستاذ الدكتور مراد زعيمي.
أهدي هذا العمل

عبد الرحمن

Acknowledgement

First of all, my great thankfulness and praise is due to my Allah, the most beneficent, the most merciful for the innumerable bounties and blessings.

I express my gratitude to my advisor Prof. Abdelhamid Bouldjedri for his humility, support and guidance throughout the different phases of this dissertation. Prof. Abdelhamid, for me, is an older brother not just a supervisor.

My thankfulness and respect to my advisor Prof. Jim Al-khalili for his humility and help who accepted me from the first time with all my shortcomings and introduced me to a new field.

I express my thankfulness to Dr. Natasha Timofeyuk for her help and patience in following day to day of the first part of the work with generosity and high qualities.

I would like to greatly thank Prof. Ahmed Boucenna President of the dissertation committee, and all the members of the dissertation committee: Prof. Kamel Benchiekh, Prof. Abdelaziz Mansouri, Prof. Nourddin Mebarki and Dr. Saïd Tobbèche; for the time and the interest they gave to my work.

The warmest thanks are reserved for the companion of my life, my wife, Eum Israa. This work couldn't see the light without the help of my almighty Allah, then the help, encouragement and the patient of Safaa. She was with me in it from the first steps and she was patient accounting for the best reward. Really, she is better than I hoped, more than I expected and more generous than I requested.

I do not forget to highly thank Prof. Halim Haroun from Setif University for his initiative and help in benefiting from the scholarship.

Most importantly, I would like to express my thankfulness and gratitude to all my family especially my parents and all my wife's family for their continuous prayers and encouragement.

Special thanks to my brothers and friends who are looking forward the achievement of this work for their interest and encouragement.

Very special thank is due my daughters Israa and Maymouna for the happiness and joy they brought upon all of us.

Abderrahmane

ملخص:

في هذا العمل قمنا بدراسة منطقتين من الخارطة النووية: منطقة الانوية الخفيفة الغنية بالنوترونات ومنطقة الانوية الغنية بالبروتونات في جوار النواة مزدوجة السحرية ^{100}Sn .

في المنطقة الأولى: تم دراسة طيف نواة ^{18}C في إطار نموذج ثلاث جسيمات ($^{16}\text{C}+n+n$) حيث الجسم الصلب ^{16}C مشوه وقابل للإثارة إلى الحالة 2^+ . التفاعل $n-^{16}\text{C}$ المستعمل في هذه الدراسة تم الحصول عليه بالمحاكاة لاستخلاص الطيف التجريبي لنواة ^{17}C . النتائج المحصل عليها تظهر إن طاقة فصل نوترون من ^{18}C متوافقة مع فرضية بناء هذه النواة على نموذج ثلاث جسيمات، و تتوقع حالات مرتبطة أكثر مما هو معروف تجريبيا.

هذه الحسابات تقترح أيضا أن من بين الحالات القليلة التي يمكن أن توجد في المنطقة ذات الأهمية في إطار الفيزياء الفلكية، بين العتبتين $^{16}\text{C}+2n$ و $^{17}\text{C}+n$ ، الحالتان 1^- و 0_3^+ اللتان يمكنهما أن تساهما مساهمات كبيرة في $E1$ و غير مهمة $M1$ ، على الترتيب، في مقدار التفاعل $^{17}\text{C}(n, \gamma)^{18}\text{C}$.

في المنطقة الثانية: تم استعمال نموذج الطبقات لدراسة أطراف النظائر زوجية-زوجية لسلاسل Te , Sn , Cd . النتائج المحصل عليها تظهر توافقا عاما مع وجود بعض الاختلاف مع النتائج التجريبية، وهذا راجع الى نقص المعلومات عن طاقات الجسيمات المعزولة (SPE) لمدارات فضاءات النموذج. أيضا تم دراسة النظائر $^{102-108}\text{Mo}$ ، التي تظهر خصائص جماعية، في إطار نموذج IBM-CQF والنتائج المحصل عليها متوافقة مع التجربة.

Abstract:

We studied two regions of the nuclear chart: neutron rich light nuclei and proton rich in the vicinity of ^{100}Sn nuclei.

In the 1st region, ^{18}C spectrum has been studied in a three body $n + n + ^{16}\text{C}$ model that including deformation and the 2^+ excitation of the ^{16}C core. The $^{16}\text{C} - n$ interaction employed in this study has been fitted to reproduce the experimental spectrum of ^{17}C . The calculations show that two neutron separation energy in ^{18}C in consistent with three-body structure of this nucleus, and predict more states bound with respect to three-body decay. These calculations suggest also that among the few states may exist in astrophysical relevant region between the $^{17}\text{C} + n$ and $^{16}\text{C} + 2n$ decay thresholds, 1^- state s-wave state can give a large $E1$ and non-negligible $M1$ contributions, respectively, to the $^{17}\text{C}(n, \gamma)^{18}\text{C}$ reaction rate.

In the 2nd region, using shell model, we studied the even-even isotopes in Cd , Sn , and Te chains. Results show some differences compared to the experimental data because of the lack of experimental information of the single particle energies of model spaces orbits. Also, $^{102-108}\text{Mo}$ isotopes showing a collective behaviour are studied in IBM-CQF model and results are in fair agreement with experiment.

Résumé:

Nous avons étudié deux régions de la charte nucléaire: les noyaux légers riches en neutrons, et les noyaux riches en protons au voisinage de ^{100}Sn .

Dans la 1^{ère} région, le spectre ^{18}C a été étudié dans un modèle a trois corps ($n + n + ^{16}\text{C}$) qui inclut la déformation et l'état excité 2^+ du cœur ^{16}C . L'interaction $^{16}\text{C} - n$ utilisée dans cette étude a été simulée de telle sorte a reproduire le spectre expérimental de ^{17}C . Les calculs montrent que l'énergie de séparation de deux neutrons dans ^{18}C en accord avec la structure à trois corps de ce noyau, et prévoient plus d'états liés à l'égard de désintégration à trois corps. Ces calculs suggèrent également que, parmi les quelques Etats peuvent exister dans la région d'intérêt astrophysique entre les seuils de désintégration ($^{17}\text{C}+n$) et ($^{16}\text{C} + 2n$), l'état 1^- et l'état s-wave peuvent donner une importante $E1$ et non-négligeable $M1$ contributions, respectivement, au taux de la réaction $^{17}\text{C}(n, \gamma)^{18}\text{C}$.

Dans la 2^{ème} région, en utilisant le modèle en couches, nous avons étudié les isotopes pairs-pair des séries de Cd , Sn , et de Te . Les résultats montrent certaines différences par rapport aux données expérimentales à cause du manque de données expérimentales des énergies des particules individuelles des orbites des espaces modèles utilisés. Les isotopes $^{102-108}\text{Mo}$, exprimant des effets collectives sont étudiés dans le cadre du model IBM-CQF et les résultats sont en bon accord avec l'expérience.