

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

THESE

PRESENTEE A

**L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE KOUBA-ALGER
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE**

MAGISTER

OPTION : PHYSIQUE THEORIQUE

PAR

Mlle. Fatiha BOUDJEMAA

**Etude de l'énergie d'interaction de configuration de
scission pour la fission des noyaux**

Soutenue le _____ **, devant la commission d'examen :**

MM C.E. KHIARI	Maître de conférences, ENS-Kouba	Président
M. OLDACHE	Chargé de cours, ENS-Kouba	Examineur
M. BENTAIBA	Professeur, USD-Blida	Examineur
D. E. MEDJADI	Professeur, ENS-Kouba	Rapporteur

Table des matières

1	Introduction	3
2	Le phénomène de la fission	9
2.1	Définition :	9
2.2	Historique	9
2.3	Produits de fission :	10
2.3.1	Les distributions de masses et de charges :	12
2.4	Dynamique de la fission :	13
2.4.1	Barrières de fission (barrière de Coulomb) :	14
2.4.2	La scission :	18
2.5	Le moment angulaire :	22
2.6	La fission spontanée :	23
2.6.1	La fission froide :	24
2.6.2	Energie d'interaction pour les configurations les plus compactes :	25
2.6.3	Le deuxième mode de la fission spontanée de ^{252}Cf :	27
2.7	Corrections de couche :	29
2.7.1	Définition des effets microscopiques :	29
2.7.2	Théorème de Strutinsky :	29
2.7.3	Effet de couche dans la fission spontanée très asymétrique du ^{252}Cf :	35
3	Energie intrinsèque de déformation	37
3.1	Approximation de Hartree-Fock:	39
3.1.1	Interaction effective Nucléon-Nucléon :	47
3.1.2	Force de Skyrme :	48
3.1.3	Méthode de Hartree-Fock sous contrainte (CHF) :	54
3.2	Corrélations d'appariement (HF+BCS) :	56
4	Energie coulombienne mutuelle entre deux distributions de charges ellipsoïdales	65
4.1	Le cas aligné :	66

4.1.1	La relation entre les demi-axes d'ellipsoïde et le moment quadru-	
	polaire :	70
4.2	Cas parallèle :	75
4.3	Cas général :	76
4.3.1	Cas particulier :	79
5	Résultats et discussion:	81
5.1	Les noyaux étudiés :	81
5.1.1	-La source Californium ^{252}Cf :	81
5.1.2	Le Xénon :	84
5.1.3	Le Ruthénium :	84
5.2	Energie intrinsèque de déformation :	86
5.3	Surface d'énergie d'interaction mutuelle :	89
5.4	Surface d'énergie de configuration totale :	94
5.4.1	Surface d'énergie en fonction de la déformation des deux fragments:	94
5.4.2	Surface d'énergie en fonction de l'orientation des deux fragments . .	96
6	Conclusion	106
	Bibliographie	110
A	Compléments sur les calculs de HF	119
A.0.3	Choix de la base :	119
A.0.4	Correction de centre de masse :	120
B	Calcul des intégrales	123
B.1	Calcul du moment multipolaire :	123
B.2	Calcul du moment quadropolaire de masse et du rayon carré moyen : . . .	126
B.3	Les calculs de Cohen et Swiatecki :	127
B.4	Calcul de moment multipolaire dans le cas général :	129

Résumé de mémoire de magister en physique théorique
Intitulé

Etude de l'énergie d'interaction de configuration de scission pour la fission des noyaux

Présenté par

BOUDJEMAA Fatiha

Sous direction

P. MEDJADI Djamel Eddine

Résumé :

Dans cette thèse on s'est proposé d'étudier l'énergie d'interaction de configuration de scission pour la fission des noyaux. Nous avons défini d'abord, le processus de la fission en général et ses différentes étapes, en particulier la scission. Nous avons exposé les résultats obtenus en incluant les corrections microscopiques au modèle de la goutte liquide. Puis, nous avons considéré la fission spontanée froide du ^{252}Cf qui nous intéresse dans cette étude (on a pris l'exemple du "splitting" binaire ($^{142}\text{Xe}+^{110}\text{Ru}$) issu la fission spontanée froide du ^{252}Cf). Ces deux fragments sont assimilés à des ellipsoïdes de révolution uniformément chargés dont les bords sont séparés par une interdistançe $d \geq 2\text{fm}$. Pour ce faire, nous avons déterminé l'énergie totale de configuration à la scission; somme de l'énergie intrinsèque de déformation de chaque fragment et de l'énergie d'interaction coulombienne mutuelle entre les deux.

Pour calculer l'énergie nucléaire intrinsèque de chaque noyau, nous adoptons un calcul self-consistant de HF+BCS sous contrainte. Comme interaction effective phénoménologique nous avons choisi celle de Skyrme SIII. Nous avons calculé la courbe d'énergie totale pour les différentes déformations axiales.

L'énergie d'interaction coulombienne mutuelle entre deux distributions de charges ellipsoïdales a été évaluée au moyen d'une méthode analytique basée sur un développement en moments multipolaires: en fonction de leurs déformations et de d , pour différentes positions des axes de symétrie. Ensuite, cette énergie a été déterminée en fonction de l'orientation des fragments.

Les courbes d'énergie montrent que chacun des noyaux (^{142}Xe , ^{110}Ru), présente deux états déformés, l'un prolate et l'autre oblate. L'énergie d'interaction coulombienne mutuelle, dans le cas où les axes de symétrie des deux fragments sont alignés est maximale pour la configuration oblate-oblate de déformation la plus importante. Elle diminue globalement avec l'éloignement des deux fragments. Cependant, pour les angles d'orientations $\theta_i = \pi/2$ l'allure de l'énergie coulombienne mutuelle change complètement. Le maximum correspond alors à la configuration prolate-prolate. Notre étude a montré que la configuration favorisée de point de scission, dans le «splitting» binaire choisi pour la fission spontanée froide du ^{252}Cf correspond à l'état prolate-prolate où les axes de symétrie des fragments sont alignés.

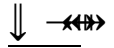
Abstract:

In this thesis we proposed to study the interaction energy of scission configuration in the fission of nuclei. For that, we defined in general the process of fission with its different steps, in particular the scission. We exposed the results obtained while including the microscopic corrections to the liquid drop model. We considered the cold (neutronless) spontaneous fission of ^{252}Cf (we took the example of the "binary splitting" ($^{142}\text{Xe}+^{110}\text{Ru}$) issued from the cold spontaneous fission of the ^{252}Cf studied). The two fragments are assimilated to the uniformly charged revolution ellipsoids whose tip distance $d \geq 2\text{fm}$. We determined the total energy of scission configuration; sum of the deformation intrinsic energy of each fragment and the coulomb interaction mutual energy between them.

The intrinsic nuclear energy of each nucleus is computed via the constrained **HF+BCS** formalism. We choosed the Skyrme interaction **SIII**, which succeeded to reproduce satisfactory the single particle spectra of even-even nuclei . We calculated the total energy curve for the different axial deformations.

The Coulomb interaction mutual energy between two charged ellipsoidal distributions has been evaluated by means of an analytic method based on a development in multipolar moments: according to their deformations and the interdistance d , for different cases of configurations of symmetry axes. Then according to their orientations.

Curves of energy show that each of nuclei (^{142}Xe , ^{110}Ru), present two deformed states, one prolate and the other oblate. The Coulomb interaction mutual energy, when symmetry axes of two fragments are aligned, is maximal for configuration oblate-oblate of the most important deformation. It decreases globally with the remoteness of the two fragments. However, for angles of orientations $\theta_i = \pi / 2$ the Coulomb interaction mutual energy changes completely. The maximum corresponds then to configuration prolate-prolate. Our study showed that the favorite configuration in scission point, in the "binary splitting" chosen for the spontaneous fission of the ^{252}Cf corresponds to state prolate-prolate where symmetry axes of fragments are aligned.



في هذه المذكرة نقترح دراسة طاقة التفاعل لتרכيبية الانقسام في انشطار الانوية. فعرفنا بداية ظاهرة الانشطار بصفة عامة بمختلف مراحلها خاصة النتائج المتحصل عليها عند الانقسام بإدخال التصحيحات المجهرية على نموذج القطرة السائلة. كما عرفنا الانشطار التلقائي البارد (اعتبرنا الثنائية $^{142}\text{Xe}+^{110}\text{Ru}$) الناتجة عن الانشطار التلقائي البارد لـ ^{252}Cf كمثال درسناه). هذان الجزآن مثلوا بمجسمين ناقصيين (éllipsoïdales) مشحونان بانتظام حيث حافظتهما مفصولتين بمسافة $d \geq 2\text{fm}$.

نهتم في هذا العمل بالوصف المجهرى للانقسام. من اجل هذا حددنا الطاقة الكلية للتרכيبية عند الانقسام. و التي تساوي مجموع الطاقة الاصلية (intrinsèque) للتشوه لكل جزء و طاقة التفاعل الكولومبي (coulombienne) المتبادلة بين الاثنتين. الطاقة الكامنة لتشوه الجملة المعطى، حددت من اجل دراسة شكل النواتين عند الانقسام. لحساب الطاقة النووية الذاتية لكل نواة، استعملنا حساب ذاتي الاكتفاء من نوع هارترى-فوك ($\text{HF}+\text{BCS}$) $\text{BCS}+(\text{Hartree-Fock})$ المشروط. من بين التفاعلات نوية-نوية الفعالة الظاهرية استعملنا قوة من نوع سكريم (SIII) Skryme. رسمنا منحني الطاقة الكلية لمختلف التشوهات المحورية. أما طاقة التفاعل الكولومبية المتبادلة بين التوزيعين الشحنيين الاهليجيين (éllipsoïdales) حسبت بطريقة تحليلية تركز على النشر بالعزم متعدد الأقطاب بدلالة التشوه و المسافة d ، لمختلف حالات محاور التناظر، ثم بدلالة توجيهيهما.

منحنيات الطاقة الأصلية (intrinsèque) تظهر أن كل نواة تبدي حالتين، واحدة مفلطحة (oblate) و الأخرى ممددة (prolate). تكون لطاقة التفاعل الكولومبية المتبادلة-عندما يكون للقسمين نفس محور التناظر- أهم قيمة عظمى عند مظهر التشوه المفلطح (oblate)، وتتناقص عموما بابتعاد القسمين عن بعضيهما. غير انه من اجل القيمة ($\theta_i = \pi/2$) لزوايا التوجيه تصبح القيمة العظمى للطاقة الكولومبية تناسب المظهر ممدد-ممدد (prolate-prolate).

دراستنا بينت أن المظهر المفضل عند الانقسام للثنائية المختارة الناتجة عن الانشطار التلقائي لـ ^{252}Cf تناسب الحالة ممدد-ممدد (prolate-prolate)، أين القسمين لهما نفس محور التناظر.