

Propriétés des états de basse énergie de $^{61}\text{Fe}_{35}$

Properties of low-energy states of $^{61}\text{Fe}_{35}$

Chappert Frédéric et Porquet Marie-Geneviève

Collaboration : CEA/DIF/DPTA/PN, Bruyères-le-Châtel

***Abstract:** Properties of the low-energy states of the neutron-rich ^{61}Fe nucleus have been calculated in the framework of a "particle+rotor" model, using the single neutron states from a Nilsson potential. The parameters of the modified harmonic oscillator have been adjusted in order that the neutron sub-shells exhibit similar energy spacings as obtained from HFB calculations with the Gogny force. The calculations have been performed for two values of deformation, $\beta=+0.2$ and -0.2 . Whatever the sign of the deformation, the first positive parity state has very similar properties, a spin value $I=9/2$, an excitation energy around 850 keV and a magnetic moment $\mu = -1.1\mu_B$ ($g = -0.24$), very close to the experimental results. Other observables need to be measured in order to determine the equilibrium shape of the $9/2^+$ state of ^{61}Fe , oblate or prolate.*

Introduction

L'isotope $^{61}\text{Fe}_{35}$ est le noyau le plus léger dans lequel la sous-couche $vg_{9/2}$ peut être clairement identifiée grâce à l'existence d'une isométrie [1] : un état $9/2^+$ a été localisé à une énergie de 861 keV, se désexcitant par une cascade de deux photons, le premier de 654 keV dont la multipolarité M2 entraîne une demi-vie de 250(10) ns et le second de 207 keV assure la transition entre le premier état excité de spin ($5/2^-$) et l'état fondamental de spin ($3/2^-$). Pour avoir une meilleure connaissance du rôle joué par la sous-couche $vg_{9/2}$ dans les noyaux riches en neutrons de cette région, il est nécessaire d'obtenir d'autres informations sur cet état $9/2^+$. Ainsi, une mesure du moment magnétique de cet état a été récemment effectuée au Ganil par la méthode TDPAD, l'état isomérique étant peuplé par une réaction de fragmentation d'un projectile à énergie intermédiaire [2].

Dans le même temps, des calculs de type HFB utilisant la force de Gogny D1S ont été effectués afin de préciser aussi bien la forme d'équilibre que les orbites occupées par le neutron célibataire à basse énergie [2]. Les

différentes courbes potentielles obtenues prédisent une coexistence de forme : l'état fondamental est l'état *prolate* $K=3/2^-$ (issu de la couche sphérique $vf_{5/2}$), le premier état excité, également *prolate*, est l'état $K=1/2^+$ (de $vg_{9/2}$), puis à environ 1 MeV d'énergie d'excitation apparaît l'état *oblate* $K=9/2^+$ (de $vg_{9/2}$). Malheureusement, puisqu'il s'agit d'un calcul statique, ce résultat ne peut pas être directement comparé aux niveaux expérimentaux. Pour prendre en compte le mouvement de rotation du noyau déformé ^{61}Fe , nous avons donc utilisé un modèle de couplage "particule+rotor" [3].

I - Ingrédients du modèle

Les états individuels du neutron célibataire sont calculés en utilisant le potentiel de Nilsson. Pour déterminer les valeurs des paramètres, nous avons utilisé les résultats du calcul précédent. Tout d'abord nous avons recherché des valeurs de κ et μ du potentiel de l'oscillateur modifié, qui reproduisent les espacements en énergie des sous-couches sphériques de neutron autour de $N=35$. En modifiant la valeur de κ pour la couche

majeure $N=4$ (0.050, à comparer à 0.070 qui est la valeur standard utilisée dans les noyaux proches de la vallée de stabilité), les sous-couches $p_{3/2}$, $p_{1/2}$, $f_{5/2}$ et $g_{9/2}$ présentent les mêmes écarts en énergie que ceux obtenus avec le calcul HFB. Pour ce qui concerne les valeurs de déformation, nous avons choisi les valeurs des minima d'énergie des courbes d'énergie potentielle, $\beta = -0.2$ et $+0.2$. Quant au moment d'inertie du rotor, il est égal à celui de l'état 2^+ du cœur pair-pair voisin, ^{60}Fe . De plus, étant donné que la durée de vie de l'état 2^+ est connue, on peut vérifier la cohérence de ces derniers choix : la valeur de déformation extraite de la probabilité de transition (dans le cadre d'un modèle de rotation d'un ellipsoïde déformé) est $|\beta| = 0.2$.

II - Résultats

Les états de basse énergie obtenus à l'issue du calcul "rotor+particule" sont présentés sur la figure suivante. Quelque soit le signe de la déformation, l'état fondamental et les premiers états excités ont une parité négative. Il est difficile d'y distinguer des structures régulières du fait de forts mélanges entre les différentes orbites déformées issues des trois sous-couches sphériques $p_{3/2}$, $p_{1/2}$ et $f_{5/2}$. On pourrait néanmoins privilégier la forme prolate qui donne un résultat plus proche de l'expérience (état fondamental de spin $(3/2^-)$ et premier état excité de spin $(5/2^-)$). En ce qui concerne les états de parité positive, la situation est tout autre. Pour la déformation oblate, on obtient une bande fortement couplée (séquence $\Delta I=1$) bâtie sur l'état individuel $K=9/2^+$, alors que pour la déformation prolate, la bande est découplée (séquence $\Delta I=2$) bâtie sur l'état $j=9/2$, le moment angulaire du neutron célibataire, situé dans la sous-couche $g_{9/2}$, étant aligné sur l'axe de rotation du cœur.

Le moment magnétique de l'état $9/2^+$ a été calculé dans le cadre de ce modèle, en utilisant un facteur gyromagnétique de spin réduit par rapport à la valeur du neutron libre, $g_s = 0.7g_s(\text{free})$. Comme attendu, les valeurs obtenues pour les deux déformations sont très proches, $\mu = -1.1 \mu_B$ (c'est-à-dire un facteur gyromagnétique $g = -0.24$). En effet la valeur

du moment magnétique est essentiellement due aux caractéristiques de la couche sphérique occupée par le nucléon célibataire, qui est la même pour les deux valeurs de déformations. De plus, la valeur prédite est très proche de la valeur expérimentale [2], $g = -0.229(2)$.

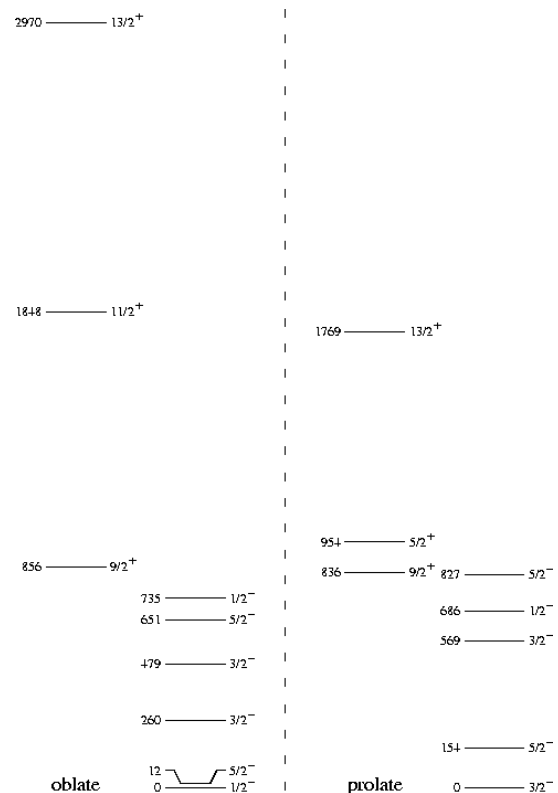


Figure 1 : Résultats du calcul "rotor+particule" pour ^{61}Fe : à gauche, la déformation est oblate, ($\beta = -0.2$) ; à droite, la déformation est prolate ($\beta = +0.2$).

Conclusion

Les résultats du calcul "rotor+particule" appliqué au noyau riche en neutron ^{61}Fe valident donc les valeurs des spin et parité de l'état isomérique $9/2^+$ situé à une énergie d'excitation de 861 keV. Néanmoins le signe de la déformation associée à cet état reste encore ambigu, puisque aussi bien la

prédiction de son énergie d'excitation que celle de son moment magnétique sont similaires. La mesure d'autres observables est nécessaire pour trancher, par exemple la structure de la bande de rotation bâtie sur l'état $9/2^+$ donnerait facilement la réponse (séquence $\Delta I=1$ pour la déformation oblate ou $\Delta I=2$ pour la déformation prolatae).

[1] R. Grzywacz et al., Phys. Rev. Lett. 81 (1998) 766

[2] I. Matéa, Thèse de l'Université de Caen (2003) et I. Matéa et al., publication soumise (2004)

[3] I. Ragnarsson et P. Semmes, Hyperfine Interact. 43 (1988) 425 et S.E. Larsson, G. Leander et I. Ragnarsson, Nucl. Phys. A 307 (1978) 189