

# Evolution des orbites $\pi d_{5/2}$ et $\pi g_{7/2}$ dans les antimoinnes

*Evolution of the  $\pi d_{5/2}$  and  $\pi g_{7/2}$  orbits in the odd-A  $_{51}\text{Sb}$  isotopes*

---

Porquet Marie-Geneviève

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

*Abstract: Several types of self-consistent calculations using the DIS Gogny force have been performed in order to study the evolution of the relative energy of the  $\pi d_{5/2}$  and  $\pi g_{7/2}$  orbits in the odd-A  $_{51}\text{Sb}$  isotopes. The experimental results are well reproduced by the HFB + blocking calculations performed for the odd-Z Sb isotopes. Then the binding energies of these two proton orbits have been studied from HFB and HF calculations of the even-even nuclei of the five neighbouring isotopic series ( $Z = 46$  to  $54$ , from the proton drip-line to  $N = 90$ ). The results indicate that two different regimes occur before and beyond the  $N=82$  shell closure. Whatever the neutron orbit belonging to the fourth major shell, the  $\pi g_{7/2}$  binding energy has a steeper slope than the  $\pi d_{5/2}$  one, that leads to the inversion of these two proton orbits at  $N=70$ . Conversely the occupation of neutron orbits of the next major shell brings them closer in energy.*

## Introduction

L'étude du comportement des énergies relative des orbites de particules individuelles en fonction du nombre de nucléons de l'autre espèce a pris beaucoup d'essor ces dernières années : c'est en effet un moyen direct de tester les ingrédients des interactions effectives neutron-proton au sein de la matière nucléaire. Les états fondamentaux et premiers excités des noyaux situés à plus ou moins un nucléon des nombres magiques peuvent être utilisés pour obtenir des informations qui signent sans ambiguïté d'éventuelles évolutions.

Nous nous sommes tout d'abord intéressés au cas des isotopes d'antimoine,  $Z=51$ , pour étudier le comportement des deux orbites de proton situées juste au dessus de la fermeture de couches  $Z=50$ ,  $\pi d_{5/2}$  et  $\pi g_{7/2}$ .

Il est connu depuis de longues années que le moment angulaire de l'état fondamental des noyaux d'antimoine de masse impaire varie en fonction du nombre de neutrons : il est  $5/2^+$  dans les noyaux légers et  $7/2^+$  à partir de la masse 123 [1]. De plus, on connaît un état excité de spin  $7/2^+$  dans les noyaux

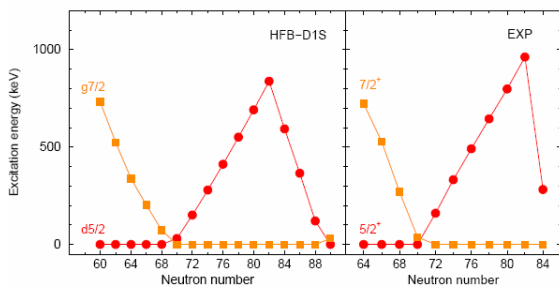
légers dont l'énergie d'excitation baisse lorsque le nombre de neutrons augmente et à partir de la masse 123, un état excité de spin  $5/2^+$  dont l'énergie d'excitation augmente régulièrement avec le nombre de neutrons jusqu'à  $N=82$ , où elle atteint 962 keV. Au delà du nombre magique, l'énergie baisse brusquement, elle ne vaut plus que 282 keV dans  $^{135}\text{Sb}_{84}$  [2].

Pour comprendre les raisons de ce comportement, nous avons entrepris des calculs auto-cohérents, aussi bien des noyaux  $_{51}\text{Sb}$ , que de leurs voisins pairs-pairs.

## I - Premiers états des antimoinnes

Les calculs effectués sont de type HFB+Blocking avec la force de Gogny DIS [3]. Nous avons imposé aux systèmes d'avoir une forme sphérique, puisque les études expérimentales de tous ces noyaux indiquent qu'ils ne présentent, à très basse énergie, que les caractéristiques de noyaux sphériques [1,4].

Pour effectuer le calcul de l'énergie totale du système, le proton célibataire des isotopes de  ${}_{51}\text{Sb}$  de masse  $A = 105$  à  $133$  a été successivement placé sur les orbites  $\pi d_{5/2}$  et  $\pi g_{7/2}$ . Les résultats obtenus (l'énergie relative des deux états) sont présentés sur la partie gauche de la figure 1 : on peut remarquer le très bon accord avec les résultats expérimentaux présentés sur la partie de droite.



**Figure 1** : Evolution des énergies relatives des états sphériques  $5/2+$  et  $7/2+$  des isotopes de  ${}_{51}\text{Sb}$  prédites par les calculs auto-cohérents HFB utilisant la force de Gogny D1S (partie gauche). Les résultats expérimentaux sont présentés sur la partie droite.

## II - Evolution des énergies des orbites de proton $\pi d_{5/2}$ et $\pi g_{7/2}$

Pour pouvoir aller plus loin dans cette analyse, nous avons calculé les énergies des orbites de proton dans les isotopes pairs-pairs voisins de  $Z = 51$  et pour un nombre de neutrons allant de la drip-line proton jusqu'à  $N = 90$ .

Pour cela, des calculs de type HFB ont été effectués avec la force D1S, une forme sphérique étant imposée à chacun des noyaux calculés. Les énergies de liaison des orbites de proton sont celles des états propres du potentiel moyen de la dernière itération.

Pour chacune des séries isotopiques calculées ( $Z = 46, 48, 50, 52, 54$ ), les deux orbites de proton  $\pi d_{5/2}$  et  $\pi g_{7/2}$  se croisent en énergie. Mais le croisement n'a pas lieu pour le même nombre de neutrons. On trouve par contre une corrélation étroite entre la localisation de

l'inversion des deux orbites de protons et les valeurs des rayons moyens des noyaux. Il est important de rappeler que la densité de matière issue de ces calculs (et de là, le rayon moyen) résulte de *toutes* les interactions des nucléons entre eux, notamment des nucléons de valence. Ainsi, le croisement des deux orbites de proton proviendrait de la différence de comportement de leurs interactions résiduelles avec les neutrons, qui agiraient toutes dans le même sens pour  $N < 82$ , celles concernant  $\pi g_{7/2}$  étant les plus fortes.

Nous avons vérifié cette conclusion en ne prenant pas en compte l'appariement des neutrons (calculs de type HF). Les pentes des énergies de liaison des deux orbites de proton en fonction de  $N$  présentent alors des ruptures à chaque changement de couches de neutron, reflétant ainsi chaque interaction résiduelle. Pour  $56 < N < 82$ , les valeurs correspondant à l'orbite  $\pi g_{7/2}$  sont toutes plus fortes que celles associées à  $\pi d_{5/2}$ , résultat qui s'inverse au delà de 82.

On peut associer la grande variation de l'intensité des interactions résiduelles neutron-proton au comportement radial différent des fonctions d'onde associées aux deux orbites de proton situées au dessus du gap  $Z=50$ ,  $\pi d_{5/2}$  et  $\pi g_{7/2}$  : en effet la première présente un nœud supplémentaire par rapport à la seconde.

Une partie de ces résultats a déjà fait l'objet d'une publication [5].

### Références :

- [1] R. B. Firestone, Table of Isotopes, 8th edition, Wiley, New York (1996)
- [2] A. Korgul et al., Phys. Rev. **C64** (2001) 021302
- [3] J. Dechargé et D. Gogny, Phys. Rev. **C21** (1980) 1568
- [4] M.-G. Porquet et al, Eur. Phys. J. **A 24** (2005) 39
- [5] M.-G. Porquet, S. Péru et M. Girod, Eur. Phys. J. **A 25** (2005) 319