

# Etude de la fermeture de couches $N = 50$ : calculs théoriques utilisant la force de Gogny D1S

*Study of the  $N = 50$  shell closure from several calculations using the D1S Gogny force*

---

**Chappert Frédéric et Porquet Marie-Geneviève**

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

***Abstract:** In the framework of the HFB formalism using the D1S Gogny force several calculations have been performed in order to study the  $N = 50$  shell closure along isotonic chains, from  $Z = 48$  down to  $Z = 32$ . The energies of the hole-particle state,  $vg_{9/2}^{-1} \otimes vd_{5/2}^{+1}$ , have been obtained as a function of the atomic number, in the  $N = 50$  isotones. They are slowly decreasing with the atomic number. Moreover, the excitation energies of every particle state in the  $N = 51$  isotones have been calculated from  ${}_{48}\text{Cd}$  down to  ${}_{32}\text{Ge}$ . Whereas the configuration of their ground state remains the same, the odd neutron lying in the  $vd_{5/2}$  subshell, the configuration of their first excited state evolves as a function of the atomic number (from the  $vs_{1/2}$  subshell in the lightest isotones to the  $vg_{7/2}$  subshell in the heaviest ones), in agreement with the experimental results.*

## Introduction

Certaines fermetures de couches sphériques, bien établies depuis de nombreuses décennies dans les noyaux stables, sont actuellement remises en cause dans les noyaux très éloignés de la vallée de stabilité, notamment dans les noyaux très riches en neutrons. Des noyaux exotiques situés à proximité de la fermeture de couches  $N = 50$  deviennent aujourd'hui accessibles expérimentalement (par exemple  ${}^{84}\text{Se}$  [1] et  ${}^{85}\text{Se}$  [2], ou  ${}^{82}\text{Ge}$  et  ${}^{83}\text{Ge}$  [3]) et de nouveaux équipements expérimentaux, qui sont actuellement en construction, permettront d'étendre ces études jusqu'à  ${}^{78}\text{Ni}$  dans un avenir prochain.

Nous présentons dans cet article les résultats de divers calculs auto-cohérents de type HFB, utilisant la force de Gogny D1S, qui ont été effectués dans les séries isotoniques  $N = 50$  et  $N = 51$ , afin d'étudier l'évolution de la fermeture de couches  $N = 50$  depuis  $Z = 48$  (Cd) jusqu'à  $Z = 32$  (Ge). Pour tous les résultats présentés ici, nous avons imposé une forme sphérique aux noyaux.

## I - Brisure du cœur de neutrons

Pour évaluer l'énergie nécessaire à la brisure du cœur de neutrons  $N = 50$ , nous avons utilisé la procédure du blocking de deux états situés de part et d'autre du gap, c'est à dire la couche  $vg_{9/2}$  et la couche  $vd_{5/2}$ . Le calcul a été effectué avec le code "Amedee" de M. Girod [4]. Pour chacun des isotones, l'énergie de cet état à 2 quasiparticules (2qp) a été comparée à celle de l'état à 0qp,  $E_{\text{exc}}[v^2] = E_{2\text{qp}} - E_{0\text{qp}}$ . Les résultats obtenus sont reportés dans la table 1. On peut remarquer que l'énergie de brisure du cœur de neutrons varie avec le nombre de protons, elle baisse lentement avec le nombre de protons (ou encore de masse).

Cette énergie d'excitation n'est pas directement comparable aux résultats expérimentaux, puisque la configuration trou-particule  $[(vg_{9/2})^{-1} \otimes (vd_{5/2})^{+1}]$  donne naissance à un multiplet de six états de moment angulaire compris entre  $2^+$  et  $7^+$  et que l'interaction résiduelle qui lève leur dégénérescence en énergie est ignorée.

Les énergies des états  $5^+$ ,  $6^+$  et  $7^+$  du multiplet sont connues dans les isotones  $^{90}\text{Zr}$ ,  $^{88}\text{Sr}$  et  $^{86}\text{Kr}$  et celles des états de  $^{84}\text{Se}$  viennent d'être proposées (cf. fig. 3 de la réf. [1]) : les énergies de ces états sont en nette diminution lorsqu'on s'éloigne de la stabilité, c'est à dire quand  $Z$  diminue de 38 à 34.

On peut donc en conclure que l'accord entre les prédictions théoriques et les résultats expérimentaux est satisfaisant, compte tenu des hypothèses faites pour le calcul (forme sphérique imposée aux noyaux, non prise en compte de l'énergie de vibration des systèmes et des interactions résiduelles entre les deux neutrons).

	$E_{\text{exc}}[\text{v}^2]$
$^{32}\text{Ge}$	5.582
$^{34}\text{Se}$	5.694
$^{36}\text{Kr}$	5.809
$^{38}\text{Sr}$	5.828
$^{40}\text{Zr}$	5.875
$^{42}\text{Mo}$	6.038
$^{44}\text{Ru}$	6.290
$^{46}\text{Pd}$	6.472
$^{48}\text{Cd}$	6.670

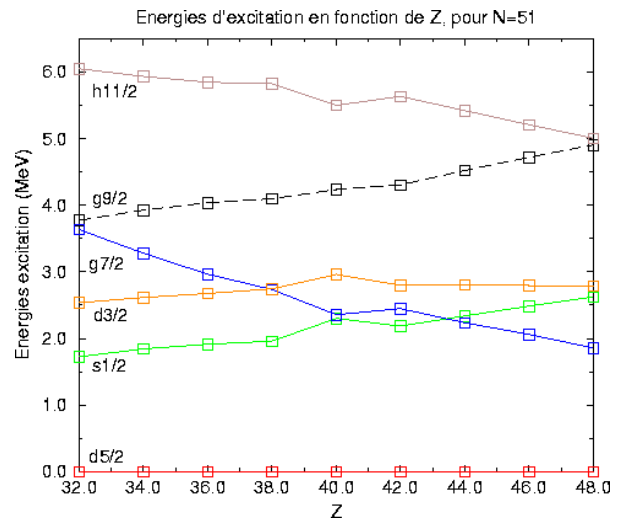
**Table 1** : Energies d'excitation (en MeV) de l'état à 2qp (neutrons) dans les isotones  $N = 50$ , issues d'un calcul HFB avec blocking, utilisant la force de Gogny D1S.

D'après ces prédictions, le gap  $N = 50$  continue de baisser dans  $^{82}\text{Ge}$ . Ce noyau très exotique devrait donc présenter un état  $7^+$  à une énergie d'excitation voisine de 4 MeV (énergie issue de l'extrapolation des énergies expérimentales des isotones plus lourds).

## II - Etats de neutrons dans les isotones $N = 51$

L'étude des états individuels de neutrons des isotones  $N = 51$  a été réalisée grâce au code sphérique de J. Dechargé [5], en utilisant la procédure du blocking d'un seul état. Celui-ci a été pris successivement dans chacune des sous-couches situées au dessus de  $N = 50$ . La sous-couche  $vg_{9/2}$  a également été considérée. Les résultats des calculs des neuf isotones, de  $Z = 32$  à 48, indiquent que

l'état le plus bas en énergie est toujours celui correspondant à l'occupation de la sous-couche  $d_{5/2}$ . La figure 1 donne, en fonction du nombre de protons, les énergies d'excitation des autres états individuels de neutron, par rapport à l'état  $vd_{5/2}$ .



**Figure 1** : Energie d'excitation des états de neutron dans les isotones  $N = 51$ , issus d'un calcul HFB avec blocking, utilisant la force de Gogny D1S. L'état de référence est l'état  $d_{5/2}$ . L'excitation  $g_{9/2}$  correspond à un état de trou.

On y peut remarquer que les énergies des diverses sous-couches évoluent différemment avec le nombre de protons, ce qui conduit par exemple au croisement de la sous-couche  $g_{7/2}$  et de la sous-couche  $s_{1/2}$  pour  $Z \sim 40$ . Les quelques résultats expérimentaux disponibles dans les isotones  $N = 51$  sont en accord avec une telle prédiction : le premier état excité de  $^{97}\text{Pd}$  a un moment angulaire  $7/2^+$ , alors que celui des isotones  $^{91}\text{Zr}$ ,  $^{89}\text{Sr}$  et  $^{87}\text{Kr}$  est  $1/2^+$ .

- [1] A. Prévost et al., contribution à ce rapport d'activité et soumis à EPJA (2004)
- [2] A. Prévost et al, travail en cours
- [3] O. Perru, thèse de l'Université Paris-Sud (2004)
- [4] J. Dechargé, M. Girod et D. Gogny, Phys. Lett. 55B (1975) 361
- [5] J. Dechargé et D. Gogny, Phys. Rev. C21(1980) 1568