

# L'état isomère du $^{43}\text{S}$ est-il sphérique ?

J.-M. DAUGAS - L. GAUDEFROY - R. CHEVRIER / CEA-DAM Île-de-France

L'évolution de la structure des noyaux radioactifs de plus en plus éloignés de la vallée de stabilité au voisinage des couches dites magiques, est un axe de recherche important pour la compréhension de la matière nucléaire. Les études réalisées auprès des installations, sans cesse plus performantes, ont permis d'accéder à des noyaux jusqu'alors inaccessibles. Ainsi, la mise en évidence de la disparition de la couche magique  $N = 28$  dans les noyaux riches en neutrons a été prouvée expérimentalement.

L'étude de la structure nucléaire des noyaux radioactifs très éloignés de la vallée de stabilité, permet de valider ou de mettre à mal les prédictions théoriques et d'apporter une pierre à l'édifice afin de comprendre la matière nucléaire dans des conditions extrêmes. Au voisinage des couches dites magiques (nombre de protons  $Z$  ou de neutrons  $N$  égal à 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126), où le système nucléaire est attendu plus stable que les noyaux voisins, les propriétés de structure nucléaire sont susceptibles d'évoluer fortement lorsque l'on s'éloigne des noyaux stables (figure 1). Cette évolution se manifeste par une modification importante des énergies séparant les couches nucléaires, une déformation des noyaux et l'apparition d'états isomères. L'évolution des propriétés de structure nucléaire est susceptible d'induire aussi des modifications importantes dans les sections efficaces de réactions.

Plusieurs expériences réalisées ces dernières années ont permis de mettre en évidence l'effondrement progressif de la couche magique  $N = 28$  pour les noyaux de plus en plus éloignés de la vallée de la stabilité [1-3].

L'émergence récente de faisceaux radioactifs intenses permet dorénavant d'élargir l'étude expérimentale aux noyaux de plus en plus éloignés de la vallée de stabilité. Ces installations favorisent l'exploration de régions de la carte des noyaux peu étudiées. Le cas particulier de l'état isomère du  $^{43}\text{S}$  ( $Z = 16, N = 27$ ), un noyau radioactif ayant 7 neutrons de plus que le dernier soufre stable, a été étudié au GANIL à Caen (France) [3] et au RIKEN Nishina Center proche de Tokyo (Japon) [4]. Cet isotope possède un premier état excité isomère. La mesure du moment magnétique

dipolaire montre que cet état isomère possède les caractéristiques de ce qui devrait être l'état fondamental, si le nombre magique  $N = 28$  était persistant. Cette observation indique que l'état fondamental du noyau de  $^{43}\text{S}$  est un état intrus provenant d'une orbitale nucléaire naturellement localisée au dessus du nombre magique  $N = 28$  (figure 2).

Les noyaux possédant un nombre magique de nucléons (proton ou neutron) sont attendus comme ayant une forme sphérique. Or, pour le  $^{43}\text{S}$ , l'état fondamental étant un état intrus, il est prédit avec une déformation allongée importante,

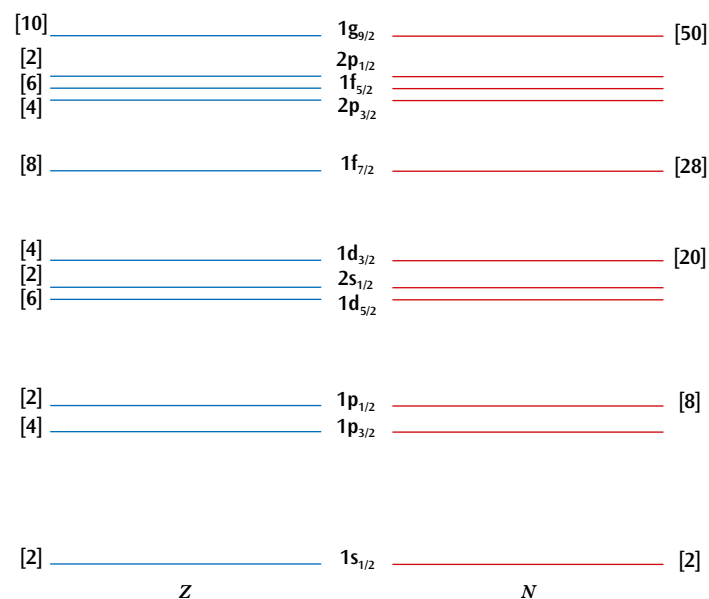


Figure 1. Séquence des orbitales nucléaires. Sont représentés entre parenthèses le nombre de nucléons (proton  $Z$  et neutron  $N$ ) occupant l'orbitale considérée et, entre crochets, les nombres magiques.

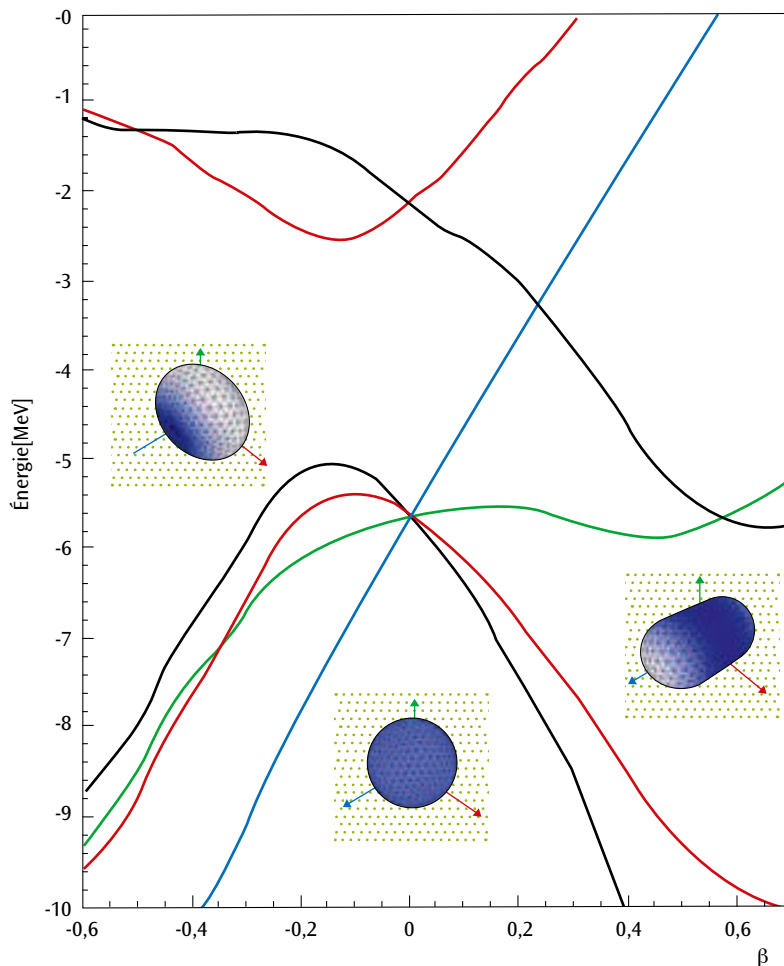


Figure 2. Calcul de type champ moyen décrivant l'évolution des énergies des orbitales individuelles neutrons en fonction du paramètre de déformation axiale  $\beta$ .

et l'état isomère est attendu pour être sphérique. La mesure de sa distribution de charge, moment quadripolaire électrique  $|Q_s| = 23(3) \text{ efm}^2$ , montre que cet état isomère est assez éloigné de la valeur attendue pour un état sphérique  $Q \approx 4 \text{ efm}^2$  pour des noyaux autour de  $N = 28$ . Cette différence s'explique par le fait que la fonction d'onde de l'état isomère n'est pas pure, mais composée d'un mélange de configurations décrivant l'état sphérique et l'état intrus. Ceci implique que cet état isomère s'éloigne légèrement de la forme sphérique. Ces résultats sont bien reproduits par les modèles théoriques [5,6].

L'étude réalisée sur l'état isomère du noyau de  $^{43}\text{S}$  a montré qu'au voisinage de  $N = 28$  la structure nucléaire est très différente de ce qu'elle est pour les noyaux stables. Une coexistence de forme entre l'état fondamental et le premier état excité isomère a été mise en évidence. Ces deux états coexistent à basse énergie d'excitation avec une déformation allongée pour l'état fondamental et un état isomère proche de la sphéricité.

En conclusion, la couche  $N = 28$  n'est plus une couche magique pour les noyaux éloignés de la vallée

de la stabilité. Les résultats obtenus ont permis de valider les prédictions des modèles théoriques pour cette région.

## Références

- [1] B. BASTIN *et al.*, "Collapse of the  $N = 28$  Shell Closure in  $^{42}\text{Si}$ ", *Phys. Rev. Lett.*, **99**, 022503 (1997).
- [2] D. SANTIAGO-GONZALEZ *et al.*, "Triple configuration coexistence in  $^{44}\text{S}$ ", *Phys. Rev. C*, **83**, 061305 (2011).
- [3] L. GAUDEFROY *et al.*, "Shell Erosion and Shape Coexistence in  $^{43}_{16}\text{S}_{27}$ ", *Phys. Rev. Lett.*, **102**, 092501 (2009).
- [4] R. CHEVRIER *et al.*, "Is the  $7/2^-$  Isomer State of  $^{43}\text{S}$  Spherical?", *Phys. Rev. Lett.*, **108**, 162501 (2012).
- [5] S. PÉRU, M. GIROD, J.-F. BERGER, "Evolution of the  $N = 20$  and  $N = 28$  Shell Closures in Neutron-Rich Nuclei", *Eur. Phys. J. A*, **9**, p. 35-47 (2000).
- [6] L. GAUDEFROY, "Shell model study of  $N \approx 28$  neutron-rich nuclei", *Phys. Rev. C*, **81**, 064329 (2010).