

Etude d'isotopes d'antimoine riches en neutrons

High-spin study of odd-A $_{51}\text{Sb}$ isotopes

Porquet Marie-Geneviève, Astier Alain, Bauchet Armand, Deloncle Isabelle, Prévost Aurélien

Collaborations :

- (1) INRNE, BAS, 1784 Sofia, Bulgarie
- (2) CEA/Saclay, DSM/DAPNIA/SPhN, 91191 Gif sur Yvette
- (3) IPNL, 69622 Villeurbanne Cedex
- (4) IReS, 67037 Strasbourg
- (5) CENBG, 33175 Gradignan
- (6) JINR, Dubna, Russie
- (7) University of Birmingham, Birmingham B15 2TT, Royaume Uni
- (8) University of Manchester, Manchester M13 9PL, Royaume Uni
- (9) CEA/ Bruyères-le-Châtel, CEA/DIF/SPN, 91680 Bruyères-le-Châtel
- (10) University of Sofia, Faculty of Physics, 1126 Sofia, Bulgarie

***Abstract:** The $^{121,123,125,127}\text{Sb}$ nuclei have been produced as fission fragments in three reactions induced by heavy ions: $^{12}\text{C} + ^{238}\text{U}$ at 90 MeV bombarding energy, $^{18}\text{O} + ^{208}\text{Pb}$ at 85 MeV, and $^{31}\text{P} + ^{176}\text{Yb}$ at 152 MeV. Their level schemes have been built from gamma rays detected using the Euroball III and IV arrays. High-spin states of $^{123,125,127}\text{Sb}$ have been identified for the first time. Moreover isomeric states lying around 2.3 MeV have been established in $^{123,125,127}\text{Sb}$ from the delayed coincidences between the fission fragment detector SAPHIR and the gamma array. All the observed states can be described by coupling a $d_{5/2}$ or $g_{7/2}$ proton to an excited core.*

Introduction

Par son apport majeur aux modélisations de type "modèle en couches", l'étude du comportement des noyaux au voisinage immédiat d'une fermeture de couches a toujours été considérée comme un domaine privilégié. En utilisant des réactions de fission induite par ions lourds, nous avons entrepris l'étude des états de haut moment angulaire d'isotopes de Z impair au voisinage de $Z = 50$ et riches en neutrons, pour avoir une meilleure connaissance (1) de la localisation des orbitales de proton, (2) de l'influence des diverses orbitales de neutrons, (3) des interactions résiduelles entre les nucléons de valence, dans une région de masse très difficile d'accès. Après l'étude des isotopes $^{113-121}\text{In}$ récemment publiée [1,2], nous poursuivons avec les isotopes d'antimoine, $^{121-127}\text{Sb}$.

I - Techniques expérimentales

Pour la première série de mesures, effectuée à Legnaro, nous avons utilisé la réaction $^{12}\text{C} + ^{238}\text{U}$ à une énergie de bombardement de 90 MeV, les photons étant détectés au moyen d'Euroball3. Pour identifier de nouveaux états isomères dans les fragments de fission, nous avons placé le détecteur d'ions lourds, SAPHIR [3], autour de la cible mince (0.14 mg/cm²) dans la chambre à réaction. Une seconde prise de données a été réalisée avec une cible suffisamment épaisse pour arrêter les fragments (45 mg/cm²).

La seconde série de mesures a été effectuée à Strasbourg avec Euroball4. Deux réactions ont été choisies : $^{31}\text{P} + ^{176}\text{Yb}$ à une énergie de bombardement de 152 MeV et $^{18}\text{O} + ^{208}\text{Pb}$ à 85 MeV. Le traitement et l'analyse qui ont été effectués sur les données enregistrées sont similaires à ceux décrits dans la référence [1].

II - Résultats

Les schémas de niveaux de haut moment angulaire des isotopes d'antimoine de masse comprise entre 113 et 121 sont largement gouvernés par la présence de la bande fortement couplée bâtie sur l'état déformé intrus $\pi 9/2[404]$ (issu de la sous-couche $\pi g_{9/2}$ placée en dessous de $Z = 50$) qui, recueillant la quasi-totalité de la désexcitation, empêche d'identifier facilement d'autres structures. Nous l'avons effectivement observée dans les isotopes $^{119,121}\text{Sb}$, produits dans nos expériences. De plus, dans ^{121}Sb nous avons identifié une nouvelle cascade de transitions que nous avons placée sur l'état à 1427 keV, qui peut être l'état $11/2^-$ connu dans les isotopes plus légers.

Les schémas de niveaux de haut moment angulaire de $^{123,125,127}\text{Sb}$, qui ont été établis pour la première fois, ont été obtenus jusqu'à des valeurs de moment angulaire de $(31/2)$. Ils sont très différents de ceux des isotopes plus légers. En effet, au delà de $^{119,121}\text{Sb}$, situés à la mi-couche en neutron (50-82) l'énergie de l'état intrus déformé $\pi 9/2[404]$ augmente fortement, les états de sa bande de rotation ne sont plus alimentés dans les réactions de fusion-fission car ils ne sont plus yrast.

La structure bâtie directement sur l'état fondamental $7/2^+$ de ces trois isotopes s'étend jusqu'à environ 3 MeV d'énergie d'excitation et un spin de $(23/2^+)$. L'analyse des coïncidences retardées entre SAPHIR et Euroball a montré l'existence d'un état isomérique dans la gamme 100-200 ns dans chacun de ces trois isotopes. Nous avons attribué cette isomérie à la multipolarité E2 de la transition de basse énergie observée dans chacune des trois cascades retardées. L'évolution des énergies des états le long de la chaîne isotopique nous a conduit à proposer un spin $(19/2^-)$ aux états isomériques de $^{123,125,127}\text{Sb}$, qui sont situés à 2237 keV, 2470 keV, et 2325 keV respectivement.

Une cascade de six transitions a été placée au-dessus de chacun de ces états $(19/2^-)$; de plus, quelques transitions de "cross-over" ont été observées, d'énergie voisine de 1 MeV.

III - Discussion

Un travail précédent [4] a montré que les états des isotopes d'antimoine, $^{115-125}\text{Sb}$, pouvaient être interprétés dans le cadre d'un modèle unifié, où le mouvement du proton célibataire est couplé aux degrés de liberté collectifs. Ces résultats théoriques décrivaient bien les résultats expérimentaux qui, à l'époque, s'arrêtaient au spin $11/2$ et à une énergie d'excitation de 3 MeV. Grâce à aux nouveaux résultats à haut spin, nous avons tout d'abord poursuivi cette étude, en considérant les états de vibration collective des cœurs d'étain (vibration quadrupolaire et octupolaire). De plus, nous avons analysé les états de paires brisées de neutrons qui apparaissent au delà de 2 MeV d'énergie d'excitation et d'un spin de $15/2^-$ et $19/2^+$.

La figure suivante illustre un de ces cas, la brisure d'une paire de neutrons dans la couche $vh_{11/2}$ (conduisant à l'état 10^+ des cœurs d'étain). Dans les noyaux d'antimoine légers, $^{115-121}\text{Sb}$, pour lesquels le proton célibataire est dans la sous-couche $\pi d_{5/2}$, la configuration attendue, $\pi d_{5/2}(vh_{11/2})^2$, est de type particule-particule, puisque le niveau de Fermi du neutron reste situé en dessous de la couche $vh_{11/2}$. Dans ces conditions, l'état du multiplet, associé à cette configuration à 3qp, qui a l'énergie la plus basse, est l'état de spin maximum, soit $25/2^+$. Un tel état a bien été observé dans ces isotopes à une énergie d'excitation voisine de celle de l'état 10^+ des étains (voir la figure). La situation change complètement dans les isotopes plus lourds. Tout d'abord le proton célibataire change d'état, puisque dans $^{123-133}\text{Sb}$ il occupe la sous-couche $\pi g_{7/2}$ (la raison de ce changement est discuté dans un autre article de ce rapport, "Croisement des sous-couches $\pi d_{5/2}$ et $\pi g_{7/2}$ dans les isotopes d'antimoine"). Mais le principal changement vient de la localisation du niveau de Fermi neutron dans la couche $vh_{11/2}$. Dans le cas extrême de $^{131}\text{Sb}_{80}$, la configuration est du type particule-trous, $\pi g_{7/2}(vh_{11/2})^{-2}$. L'état le plus bas en énergie du multiplet correspond alors au couplage perpendiculaire du moment angulaire du proton et de celui des deux neutrons, soit $\sim 19/2^+$. En effet, dans les deux isotopes les

plus lourds, $^{131,129}\text{Sb}$, étudiés à l'ILL par fission induite par neutron [5,6], un état $19/2^+$ a été clairement observé. Dans $^{123-127}\text{Sb}$, nous proposons également un tel état (voir la figure).

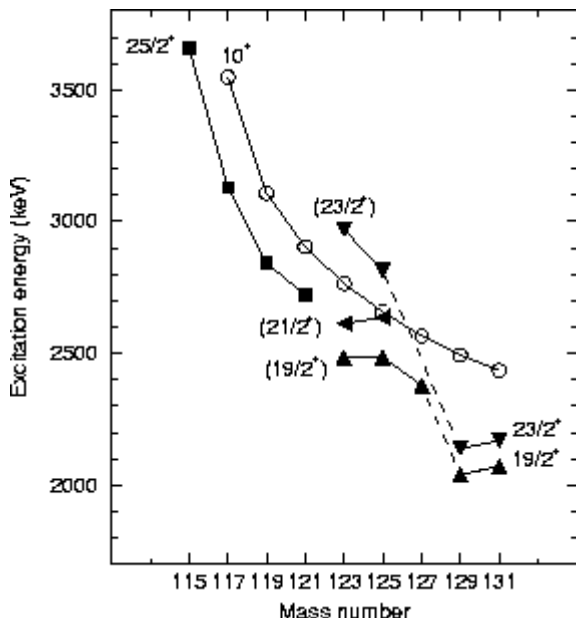


Figure 1 : Evolution des états de haut moment angulaire et de parité positive dans les isotopes de masse impaire $^{115-131}\text{Sb}$, et de l'état 10^+ des cœurs d'étain correspondants.

Une discussion plus large de la majorité des structures nouvellement observées dans ces isotopes d'antimoine riches en neutrons sera donnée dans une publication [7].

- [1] R. Lucas et al., Eur. Phys. J. A15 (2002) 315
- [2] M.-G. Porquet et al., Eur. Phys. J. A20 (2004) 24
- [3] Ch. Theisen et al., Proc. 2nd Int. Workshop on Nuclear Fission and Fission Product Spectroscopy, Seyssins, France, Avril 1998.
- [4] G. Vanden Berghe et K. Heyde, Nucl. Phys. A163 (1971) 478
- [5] J. Genevey et al., Eur. Phys. J. A9 (2000) 191
- [6] J. Genevey et al., Phys. Rev. C67 (2003) 054312
- [7] M.-G. Porquet et al., en préparation