

Études spectroscopiques des états isomériques dans des noyaux de masse autour de $A=80$

C. Chandler (a), P.H. Regan (a), C.J. Pearson (a), B. Blank (b), A.M. Bruce (c), W.N. Catford (a), N. Curtis (a), S. Czajkowski (b), W. Gelletly (a), R. Grzywacz (d,e), Z. Janas (b,d), M. Lewitowicz (e), C. Marchand (b), N.A. Orr (f), R.D. Page (g), A.T. Reed (g), M.G. Saint-Laurent (e), S.M. Vincent (a), R. Wadsworth (h), D.D. Warner(i), J.S. Winfield (e)

(a) School of Physical Sciences, University of Surrey, Guildford, UK

(b) CEN Bordeaux-Gradignan, Le Haut-Vigneau, 33175 Gradignan Cedex, France

(c) School of Engineering, University of Brighton, Brighton, UK

(d) Institute of Experimental Physics, Warsaw University, Warsaw, Poland

(e) GANIL, Caen, France

(f) LPC, IN2P3-CNRS, ISMRA et Université de Caen, France

(g) Oliver Lodge Laboratory, Department of Physics, University of Liverpool, Liverpool, UK

(h) Department of Physics, University of York, Heslington, York, UK

(i) CCLRC Daresbury Laboratory, Warrington, UK

Abstract

Isomeric states have been observed in a number of neutron deficient nuclei around $A\sim 80$ following the projectile fragmentation of a ^{92}Mo beam. Previously unobserved decays have been identified in the $N=Z+2$ nuclei ^{74}Kr , ^{80}Y and ^{84}Nb and the $N=Z$ nucleus ^{86}Tc .

Des études approfondies de la structure nucléaire des noyaux déficitaires en neutrons autour de la masse $A=80$ ont révélé des phénomènes intéressants tels que le changement de la déformation nucléaire en ajoutant ou en enlevant quelques particules [1,2,3]. Ainsi le ^{72}Kr a une déformation prolate, le ^{76}Sr présente une déformation prolate, tandis qu'on trouve des noyaux sphériques autour de $Z=40$. Cette structure nucléaire provient du fait que le potentiel nucléaire est peu profond, c'est à dire que des minima locaux existent pour différentes déformations. Cette situation est souvent caractérisée par une co-existence de forme. Or, la transition d'une forme à une autre entraîne des durées de vie relativement longues et est alors à l'origine des états isomériques.

Dans une expérience menée au spectromètre LISE du GANIL, nous avons cherché des isomères de durée de vie de l'ordre de la microseconde dans la fragmentation d'un faisceau primaire de ^{92}Mo à 60 MeV/nucléon. Après production dans une cible de nickel, les noyaux déficitaires en neutrons sont sélectionnés par LISE et transmis au plan focal du spectromètre. Les noyaux ainsi triés sont ensuite implantés dans un télescope de silicium qui est entouré par une détection γ de haute efficacité (1-2 %). Cette méthode permet d'étudier des isomères ayant des durées de vie entre 50ns et 100 μ s. L'énergie de raies γ est obtenue par les détecteurs Germanium, tandis que la durée de vie des états isomériques est déterminée comme différence de temps entre l'implantation d'un noyau et l'observation de sa désintégration γ .

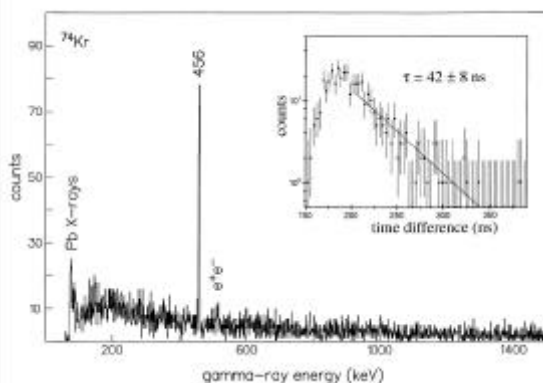


Figure 1: Spectres en énergie et en temps de la désintégration de l'état isomérique dans le ^{74}Kr

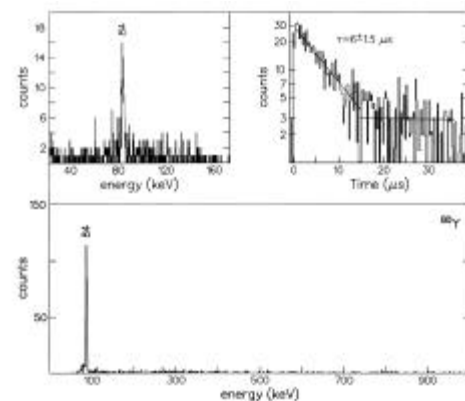


Figure 2 : Spectres en énergie et en temps de la désintégration de l'état isomérique dans le ^{80}Y

La figure 1 montre le spectre en énergie et en temps de la désexcitation du ^{74}Kr . La seule ligne γ clairement visible est celle à 456 keV qui correspond à la transition yrast $2^+ \rightarrow 0^+$. La durée de vie est de (42 ± 8) ns ce qui est nettement plus long que la durée de vie mesurée pour cet état antérieurement (25 ps).

La solution à cette anomalie est que l'état isomérique réel reste inobservé dans notre expérience, mais sa désintégration alimente l'état 2^+ dont nous observons la désexcitation. Cependant même pour un état de durée de vie de 42 ns, le taux de comptage de rayonnement γ de 456 keV est trop élevé ce qui est dû à un temps de vol de 480 ns entre la production dans la cible et son implantation dans le système de détection. Ce fait peut s'expliquer si la désintégration en vol est empêchée. Or, l'explication la plus probable pour ce phénomène est une

transition entre deux états de $I^\pi = 0^+$, un état isomérique et l'état fondamental de ^{74}Kr . Dans un tel cas, l'état isomérique se désexcite uniquement par conversion interne, voie de désintégration impossible pour des noyaux complètement épluchés. Nous proposons alors que l'état isomérique observé ici d'une façon indirecte constitue la tête de la bande de déformation oblate du ^{74}Kr .

Les spectres en énergie et en temps de la désintégration isomérique du ^{80}Y sont montrés sur la figure 2. Avec les estimations de Weisskopf la transition de 84 keV est très probablement une transition de type E2. Cependant, dans une publication récente, Döring et al. [4] supposent qu'une telle transition désexcite un niveau de $I^\pi = 3^-$ à 312 keV d'énergie d'excitation. Dans un tel cas, ce niveau 3^- pourrait alors se désexciter aussi par une transition de multipolarité M1 sur l'état fondamental de $I^\pi = 4^-$. Or, une telle transition n'est pas observée. Nous concluons alors que le niveau à $E^* = 312$ keV a probablement un spin de $I^\pi = 2^+$.

La désintégration de l'état isomérique dans le ^{84}Nb se manifeste par l'émission de 6 rayonnements γ avec une durée de vie de (155 ± 25) ns (figure 3). Les intensités relatives indiquent que la cascade de désintégration commence par l'émission des raies γ de faible énergie ce qui implique que la transition qui désexcite l'état isomérique est de type E1.

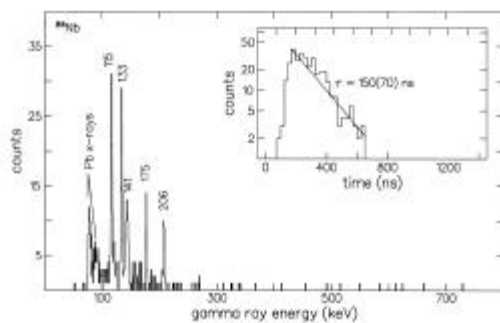


Figure 3: Spectres en énergie et en temps de la désintégration de l'état isomérique dans le ^{84}Nb .

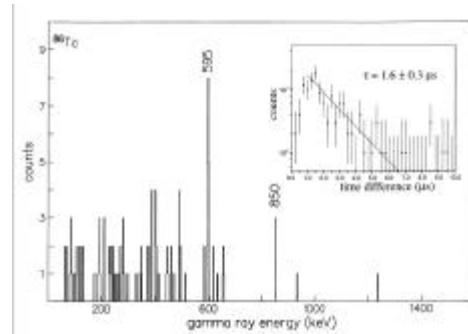


Figure 4: Spectres en énergie et en temps de la désintégration de l'état isomérique dans le ^{86}Tc .

La figure 4 montre le spectre en énergie et en temps de la désintégration d'un état isomérique du ^{86}Tc . Les énergies γ observées sont de 595 keV et de 850 keV avec une durée de vie de (1.6 ± 0.3) μs . Une mesure [5] de sa durée de vie β a montré que l'état fondamental de ce noyau a un spin/parité de $I^\pi = 0^+$. Une comparaison avec son noyau voisin ^{86}Mo étudié récemment par Gross et al. [6] et Rudolph et al. [7] indique que les deux raies γ observées appartiennent probablement à une cascade yrast de parité positive et correspondent à des transitions de 567 keV ($2^+ \rightarrow 0^+$) et de 761 keV ($4^+ \rightarrow 2^+$) qui ont été observées dans la désexcitation de ^{86}Mo . Le noyau ^{86}Tc est l'isotope $N=Z$ le plus lourd pour lequel des informations spectroscopiques, même limitées, existent.

Ces études montrent que la production des états isomériques via la fragmentation de projectile est un outil unique et que l'observation de la désintégration de ces états isomériques donne accès à des informations sur la structure nucléaire de ces noyaux qui sont seulement difficilement accessibles autrement.

Références

- [1] W. Nazarewicz, J. Dudek, R. Bengtsson and I. Ragnarsson, Nucl. Phys. A435, 397 (1985)
- [2] C.J. Lister, P.J. Ennis, A.A. Chishti, B.J. Varley, W. Gelletly, H.G. Price and A.N. James, Phys. Rev. C 42, R1191 (1990)

- [3] W. Gelletly, M.A. Bentley, H.G. Price, J. Simpson, C.J. Gross, J.L. Durell, B.J. Varley, O. Skeppstedt, S. Rastikerdar, Phys. Lett. 253B, 287 (1991)
- [4] J. Doring, H. Schatz, A. Aprahamian, R. C.de Haan, J. Gorres, M. Wiescher, W.B. Walters, J. Rikowska, L.T. Brown, C.N. Davids, C.J. Lister, D. Seweryniak and B. Foy, Phys. Rev. C 57, 1159 (1998)
- [5] C. Longour, J. Garces Narro, B. Blank, M. Lewitowicz, Ch. Miede, P.H. Regan, D. Applebe, L. Axelsson, A.M. Bruce, W.N. Catford, C. Chandler, R.M. Clark, D.M. Cullen, S. Czajkowski, J.M. Daugas, Ph. Dessagne, A. Fleury, L. Frankland, W. Gelletly, J. Giovinazzo, B. Greenhalgh, R. Grzywacz, M. Harder, K.L. Jones, N. Kelsall, T. Kszczot, R.D. Page, C.J. Pearson, A.T. Reed, O. Sorlin and R. Wadsworth, Phys. Rev. Lett. 81, 3337 (1998)
- [6] C.J. Gross, K.P. Lieb, D. Rudolph, M.A. Bentley, W. Gelletly, H.G. Price, J. Simpson, D.J. Blumenthal, P.J. Ennis, C.J. Lister, Ch. Winter, J.L. Durell, B.J. Varley, O. Skeppstedt and S. Rastikerdar, Nucl. Phys. A 535, 203 (1991)
- [7] D. Rudolph, C.J. Gross, K.P. Lieb, W. Gelletly, M.A. Bentley, H.G. Price, J. Simpson, B.J. Varley, J.L. Durell, O. Skeppstedt and S. Rastikerdar, Z. Phys. A 338, 139 (1991)