

# **Observation de la transition de Fermi super-permise dans la décroissance $\beta$ des noyaux lourds impair-impair $N=Z$ : Evidence d'un état fondamental $0^+$ dans $^{78}\text{Y}$ , $^{82}\text{Nb}$ et $^{86}\text{Tc}$ .**

C. Longour (a), J. Garcés Narro (b), B. Blank (c), M. Lewitowicz (d), Ch. Miehé (a), P.H. Regan (b), D. Applebe (e), L. Axelsson (f), A.M. Bruce (g), W.N. Catford (b), C. Chandler (b), R.M. Clark (h), D.M. Cullen (e), S. Czajkowski (c), J.M. Daugas (d), Ph. Dessagne (a), A. Fleury (c), L. Frankland (g), W. Gellethy (b), J. Giovinazzo (c), B. Greenhalgh (i), R. Grzywacz (j), M. Harder (g), K.L. Jones (b), N. Kelsall (i), T. Kszczot (j), R.D. Page (e), C.J. Pearson (b), A.T. Reed (e), O. Sorlin (k), R. Wadsworth (i)

(a) IReS, Strasbourg  
(b) Université de Surrey, Guildford (GB)  
(c) CENBG  
(d) GANIL, Caen  
(e) Université de Liverpool (GB)  
(f) Chalmers University of Technology, Göteborg (Suède)  
(g) Université de Brighton (GB)  
(h) LBNL, Berkeley CA (USA)  
(i) Université de York (GB)  
(j) Université de Varsovie (Pologne)  
(k) IPN, Orsay

## **Abstract**

The  $\beta^+$  decay half-lives of the neutron-deficient, odd-odd,  $N=Z$  nuclei  $^{74}\text{Rb}$ ,  $^{78}\text{Y}$ ,  $^{82}\text{Nb}$  and  $^{86}\text{Tc}$  have been measured at GANIL. The nuclei of interest were produced in fragmentation of a  $^{92}\text{Mo}$  primary beam at 60 MeV/u and analyzed using the LISE3-spectrometer. The half-lives were measured by correlating  $\beta^+$  decays with the implantation of unambiguously identified fragments. The deduced  $\log ft$  values are consistent with  $0^+ \rightarrow 0^+$  Fermi superallowed transitions, which together with the  $\beta^+$  detection efficiencies suggest  $T=1$ ,  $J^\pi=0^+$  ground states for these odd-odd,  $N=Z$  nuclei.

La durée de vie est l'une des propriétés les plus fondamentales d'un noyau radioactif. Sa valeur dépend de l'état initial et final, ainsi que de la nature de la voie de décroissance, et contient donc de l'information sur la structure de ces états, comme le spin et la parité. Cela est particulièrement vrai pour les noyaux lourds dont les protons et les neutrons sont en nombre égal ( $N=Z$ ), et dans ce cas, la proximité de la limite de liaison nucléaire (drip line) rend délicate la détermination de telles informations spectroscopiques.

Par exemple, l'hypothèse de la conservation du courant vectoriel (CVC) du modèle standard a été testée à partir de l'étude de la décroissance  $\beta$  super-permise  $0^+ \rightarrow 0^+$  des isotopes  $^{10}\text{C}$  à  $^{54}\text{Co}$  [1]. En effet, des valeurs extraites de  $\log ft$  corrigées des effets radiatifs et coulombiens, on déduit la valeur  $Ft$  indépendante du noyau considéré. Cette dernière est liée à l'angle de mélange entre quarks  $u$  et  $d$ , qui est l'élément dominant de la matrice unitaire CKM du modèle standard.

Les noyaux impair-impair de  $N=Z$  permettent aussi l'étude du pairing et de la symétrie d'isospin. En effet, le long de la ligne  $N=Z$ , protons et neutrons peuplent les mêmes couches, et à cause de l'indépendance de charge, on s'attend à une compétition entre des appariements de type  $T=0$  et  $T=1$  pour ces noyaux, qui est responsable des propriétés de l'état fondamental des noyaux impair-impair  $N=Z$  [2]. Ainsi, dans les noyaux légers, un spin  $J^\pi$  non nul de l'état fondamental indique un appariement dominant de type  $T=0$ . Le fondamental  $J^\pi=0^+$  des noyaux plus lourds (au-delà de  $A=38$ ) montre que dans ce cas, c'est un appariement de type  $T=1$  qui domine. L'état fondamental de  $^{62}\text{Ga}$ ,  $^{66}\text{As}$ ,  $^{70}\text{Br}$  et  $^{74}\text{Rb}$  a été également déterminé comme étant de type  $T=1$ ,  $J^\pi=0^+$  à partir des valeurs de  $\log ft$  caractéristiques de leur décroissance  $\beta$  [3].

Les isotopes étudiés étaient produits par fragmentation d'un faisceau de  $^{92}\text{Mo}$  à 60 MeV/u sur une cible de nickel de 120  $\mu\text{m}$ . Les fragments étaient analysés par le spectromètre LISE3, combinant une

analyse magnétique et par perte d'énergie dans un dégradeur de béryllium et un filtre de vitesse. Ainsi étaient collectés les isotopes les plus exotiques (d'isospin  $T_z$  inférieur à 3/2).

Au plan focal final, les fragments étaient implantés dans un télescope constitué de trois détecteurs silicium : un premier de 300  $\mu\text{m}$  pour la perte d'énergie et la détermination du numéro atomique  $Z$  des noyaux transmis, un second de 500  $\mu\text{m}$  segmenté en douze pistes où les ions étaient arrêtés et les événements de la décroissance  $\beta$  étaient détectés, et un troisième de 500  $\mu\text{m}$  pour rejeter lors de l'analyse les contaminations d'ions plus légers transmis au plan focal final.

Le temps de vol était mesuré entre le signal d'implantation et la radiofréquence du cyclotron. La perte d'énergie et le temps de vol associés à la rigidité magnétique permettait d'identifier les fragments transmis sans ambiguïté. Un ensemble de quatre détecteurs germanium entourait le télescope pour la mesure des énergies des raies  $\gamma$  de décroissance isomérique des fragments implantés [4].

Pour la mesure des durées de vie de  $^{74}\text{Rb}$ ,  $^{78}\text{Y}$ ,  $^{82}\text{Nb}$  et  $^{86}\text{Tc}$ , le faisceau était arrêté pendant une seconde après chaque implantation d'un fragment sélectionné. Les événements de décroissance  $\beta$  étaient corrélés avec l'implantation préalable d'un ion spécifique dans la même piste du détecteur.

Les spectres en temps de la décroissance de  $^{74}\text{Rb}$ ,  $^{78}\text{Y}$ ,  $^{82}\text{Nb}$  et  $^{86}\text{Tc}$  sont représentés sur la figure 1. La contamination due aux isotopes de plus longues durées de vie donne un niveau de bruit de fond constant. L'ajustement d'une fonction exponentielle décroissante plus une constante aux spectres expérimentaux permet de déterminer les durées de vie des isotopes considérés.

Nous obtenons ainsi pour des durées de vie de  $(60\pm 10)\text{ms}$  pour  $^{74}\text{Rb}$ ,  $(55\pm 12)\text{ms}$  pour  $^{78}\text{Y}$ ,  $(50\pm 4)\text{ms}$  pour  $^{82}\text{Nb}$  et  $(47\pm 12)\text{ms}$  pour  $^{86}\text{Tc}$ . La valeur précédemment mesurée [5] pour  $^{74}\text{Rb}$  de  $(64.9\pm 0.5)\text{ms}$ , en accord avec notre résultat, permet de valider la méthode utilisée ici. De même, les décroissances des isotopes pair-pair  $N=Z$  de cette région présentent des spectres en temps d'allure plate indiquant bien des durées de vie bien supérieure à la durée de la coupure du faisceau (une seconde).

Les durées de vie des isotopes étudiés sont récapitulées dans le tableau 1 contenant également les valeurs de  $\log ft$ . Pour ces dernières, on a considéré un rapport de branchement de 100% pour les transitions observées, et fait l'hypothèse que celles-ci reliaient deux états fondamentaux. Enfin, les valeurs des énergies disponibles ( $Q_{\text{EC}}$ ) ont été calculées à partir des évaluations de masses d'Audi et Wapstra [6], en l'absence de données expérimentales pour ces noyaux.

Les valeurs de  $\log ft$  ainsi calculés sont compatibles avec la valeur  $\log ft = 3.5$  qui est caractéristique des transitions de Fermi super-permises pour ces décroissances. Les noyaux fils ainsi peuplés par la décroissance  $\beta^+$  sont des noyaux pair-pair d'isospin  $T_z=1$ , et ont un fondamental  $J^\pi=0^+$ . Les transitions observées ont donc bien le caractère de transitions de Fermi super-permises  $0^+ \rightarrow 0^+$ . Il reste à établir que la décroissance  $\beta$  observée est bien celle de l'état fondamental. Pour cela, nous avons mesuré les efficacités de détection  $\beta$  pour les isotopes étudiés. Elles sont de  $(41\pm 11)\%$  pour  $^{74}\text{Rb}$ ,  $(50\pm 4)\%$  pour  $^{82}\text{Nb}$ ,  $(47\pm 12)\%$  pour  $^{86}\text{Tc}$  et  $(21\pm 6)\%$  pour  $^{78}\text{Y}$ . Ces efficacités suggèrent que la plupart des noyaux implantés décroissent par une transition  $\beta$  de Fermi super-permise  $0^+ \rightarrow 0^+$  du fondamental. Il est en effet hautement improbable que les fragments, souvent produits dans des états de haut spin et décroissant par cascade  $\gamma$  proche de la bande yrast, alimentent en se désexcitant un état excité  $0^+$  non-yrast. Ils peupleraient au contraire un état excité de plus haut spin à  $T=0$ . La décroissance  $\beta$  de ce dernier serait alors de type Gamow-Teller, caractérisée par une durée de vie beaucoup plus longue. L'efficacité plus faible observée pour  $^{78}\text{Y}$  confirme ce raisonnement, car il a été récemment observé un état excité  $T=0$ ,  $J^\pi=5^+$  de cet isotope avec une durée de vie de  $(5.8\pm 0.6)\text{s}$  [7]. Ainsi, la part manquante dans la décroissance observée correspondrait à la décroissance de l'isomère. Une part importante des noyaux de  $^{78}\text{Y}$  serait donc piégée dans cet état isomérique yrast  $5^+$ .

Nous pouvons ajouter, pour conclure, qu'en dépit d'une précision statistique insuffisante, les durées de vie que nous avons mesurées suggèrent que ces noyaux soient d'excellents candidats pour des tests de l'hypothèse CVC sur une région de masse plus étendue.

## Références :

- [1] J.C. Hardy et al., Nucl. Phys. A509, 429 (1990)
- [2] P. Van Isacker & D.D. Warner, Phys. Rev. Lett. 78, 3266 (1997)
- [3] C. Longour et al., Phys. Rev. Lett. 81, 3337 (1999) et références incluses.

- [4] C. Chandler et al., Phys. Rev. C56, R2310 (1995)  
 et Rapport d'Activité CENBG 1995-1996, p.64 à 69  
 [5] J.M. D'Auria et al., Phys. Lett. B66, 233 (1977)  
 [6] G. Audi & A.H. Wapstra, Nucl. Phys. A595, 409 (1995)  
 [7] J. Uusitalo et al., Phys. Rev. C57, 2259 (1998)

	$T_{1/2}$ (ms)	$Q_{EC}$ (keV)	Log ft
$^{74}\text{Rb}$	$60 \pm 10$	$10440 \pm 722$	$3.5 \pm 0.3$
$^{78}\text{Y}$	$55 \pm 12$	$10540 \pm 400$	$3.4 \pm 0.2$
$^{82}\text{Nb}$	$50 \pm 4$	$11220 \pm 592$	$3.5 \pm 0.3$
$^{86}\text{Tc}$	$47 \pm 12$	$11350 \pm 532$	$3.5 \pm 0.2$

Tableau 1 : Durées de vie, valeurs  $Q_{EC}$  et valeurs log ft des noyaux impair-impair,  $N=Z$   $^{74}\text{Rb}$ ,  $^{78}\text{Y}$ ,  $^{82}\text{Nb}$  et  $^{86}\text{Tc}$ .

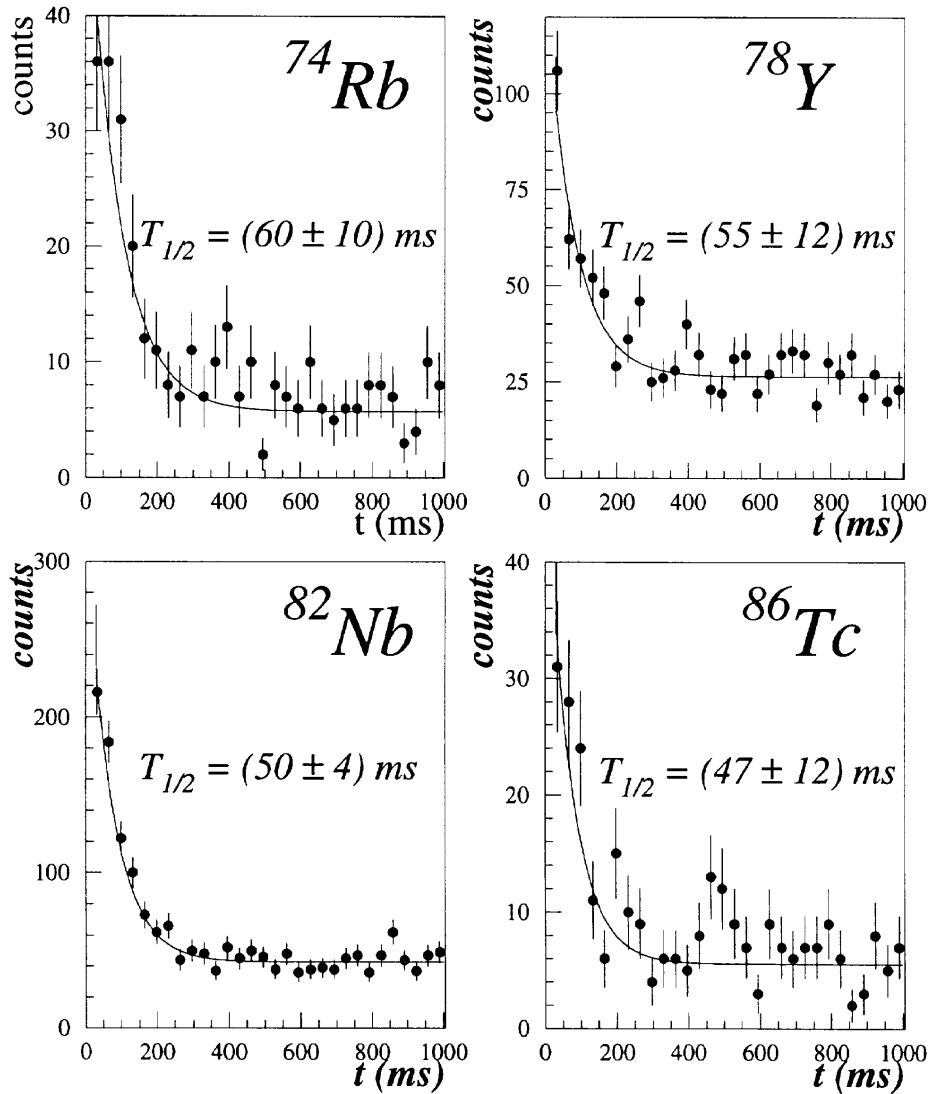


Figure 1 : Durées de vie des noyaux  $^{74}\text{Rb}$ ,  $^{78}\text{Y}$ ,  $^{82}\text{Nb}$  et  $^{86}\text{Tc}$ . Les points sont les données expérimentales, tandis que les lignes représentent un fit avec une courbe exponentielle et une droite.