

Etude spectroscopique des noyaux riches en proton dans la région $22 \leq Z \leq 28$

C. Dossat, B. Blank, G. Canchel, M. Chartier, S. Czajkowski, A. Fleury, J. Giovinozzo, A. S. Lalleman, M. J. Lopez Jiménez, M. Pratikoff, J. C. Thomas

En collaboration avec :

GSI Darmstadt, Planckstrasse 1, D-64291 Darmstadt Germany

Grand Accélérateur National d'Ions Lourds, B.P. 5027, F-14076 Caen Cedex, France

Institute of Atomic Physics, P.O. Box MG6, Bucharest-Margurele, Romania

Institute of Experimental Physics, University of Warsaw, PL-00-681 Warsaw, Poland

Abstract

Decay studies of very proton-rich nuclei ranging from ^{39}Ti to ^{53}Ni have been performed during three projectile fragmentation experiments at the GANIL/LISE3 separator. For all nuclei in this work, $^{41,40,39}\text{Ti}$, ^{43}V , $^{45,44,43,42}\text{Cr}$, $^{47,46}\text{Mn}$, $^{49,48,47,46}\text{Fe}$, $^{51,50}\text{Co}$, $^{53,52,51,50,49}\text{Ni}$, half-lives and total branching ratios for proton emission have been measured.

1. Introduction et motivations scientifiques

Du côté des noyaux riches en protons, la ligne d'émission spontanée a été observée jusqu'à $Z = 28$. Cependant, pour les plus exotiques de ces noyaux, les connaissances se limitent souvent à de rares informations concernant leur durée de vie et leurs modes de décroissances radioactives. En effet, si l'on prend l'exemple des noyaux de ^{51}Ni , de ^{51}Co et de ^{43}V , leur durée de vie n'est pas ou très mal connue tout comme leur schéma de décroissance. L'étude spectroscopique de ces noyaux dans la région $22 \leq Z \leq 28$ et $Tz \leq -3/2$ permet donc de compléter et d'améliorer les données existantes. Au travers de la connaissance de ces noyaux, il sera ainsi possible d'étudier de manière plus précise la décroissance radioactive des noyaux les plus exotiques : ^{45}Fe et ^{48}Ni par exemples dans le cadre de la radioactivité 2 protons directe. Les résultats présentés ici ne concernent que la durée de vie et le rapport d'embranchement total d'émission retardée de particules dans la décroissance ces noyaux. Les énergies et intensités des émissions protons et du rayonnement γ émis étant en cours d'étude, elles seront détaillées ultérieurement dans la thèse de C. Dossat [1]. Des calculs complets de modèle en couche étant maintenant possibles, il sera aussi intéressant de les comparer avec les données expérimentales.

2. Dispositifs de détection

Les données analysées ont été recueillies au cours de trois expériences menées auprès du séparateur LISE3, au GANIL, en 1999, 2000 et 2001. Les noyaux riches en protons sont produits par fragmentation d'un faisceau intense de ^{58}Ni sur une cible de nickel naturel placée dans le dispositif SISSI. Les noyaux sont alors sélectionnés par le spectromètre magnétique Alpha puis par le séparateur LISE3, comportant un dégradeur achromatique au plan focal intermédiaire et un filtre de Wien en fin de ligne de faisceau. Les ions ainsi sélectionnés sont implantés dans un télescope composé de détecteurs en silicium qui permettent une mesure de la perte d'énergie de ces ions, de leur énergie résiduelle et de leur position en bout de la ligne LISE. L'identification des ions se fait d'une part par les mesures de perte d'énergie et d'autre part par des mesures de temps de vol entre la haute fréquence du dernier cyclotron et une galette à micro-canaux placée avant le filtre de Wien ou le télescope. Ce dispositif de détection est de plus entouré par des détecteurs germanium pour la mesure du rayonnement γ . La décroissance de ces noyaux donnant lieu à des émissions retardées de protons, l'énergie de ces transitions est mesurée dans le détecteur silicium où sont implantés les ions en faisant une corrélation 'implantation – radioactivité'.

3. Méthode d'analyse et résultats

Une coupure à 900 keV des distributions en énergie permet de garder la quasi-totalité des événements liés à une ou plusieurs émissions de protons tout en s'affranchissant des décroissances β seules. Cela permet de calculer, au travers de la détermination de la durée de vie, le nombre total de protons retardés émis par un noyau.

Les durées de vie des noyaux sont quant à elles obtenues à partir d'un ajustement des données expérimentales (sans coupure de la distribution en énergie) par des fonctions de type exponentielle tout en tenant compte de la filiation radioactive du noyau étudié (durée de vie et rapports totaux d'embranchement proton).

Cette méthode d'analyse pour la détermination du rapport total d'embranchement proton et de la durée de vie est validée par son application à des noyaux largement étudiés (^{41}Ti et ^{40}Ti) en donnant des résultats comparables à ceux déjà obtenus [2,3,4,5,6].

Les durées de vie mesurées et moyennées sur l'ensemble des trois expériences sont présentées dans le *tableau 1* et comparées aux valeurs déjà existantes. Des exemples de durées de vie caractéristiques des noyaux étudiés sont représentés sur la *figure 1*. Lorsque c'est possible, une durée de vie représentant la moyenne des durées de vie mesurées expérimentalement est donnée. L'ensemble des données concernant le rapport d'embranchement total proton est aussi présenté dans le *tableau 1*.

Isotope	Expériences précédentes		Ce travail		Moyenne	
	Durée de vie (ms)	Rapport d'embranchement total proton (%)	Durée de vie (ms)	Rapport d'embranchement total proton (%)	Durée de vie (ms)	Rapport d'embranchement total proton (%)
⁴¹ Ti	81.3 ± 2 [2] 82 ± 3 [3] 80 ± 2 [4] 80.1 ± 0.9 [5]	95.3 (23) 104 (5) - -	82.2 ± 1.2	94 (13)	80.86 ± 0.63	96.0 (10)
⁴⁰ Ti	53.6 ± 0.6 [2] 54 ± 2 [3] 51.7 ± 0.6 [5] 56 ± ¹⁸ / ₁₂ [6]	99.0 (16) 101 (5) - -	53.8 ± 1.3	90 (5)	53.0 ± 0.4	98.8 (13)
³⁹ Ti	26 ± ⁸ / ₇ [6] 31 ± ⁶ / ₄ [7]	- -	28.9 ± 3.3	-	29.0 ± 2.7 (a)	-
⁴³ V	> 800 [8]	-	81.3 ± 5.1	< 9.0 (11)	81.3 ± 5.1	< 9.0 (11)
⁴⁵ Cr	50 ± 6 [9]	~ 27	59.72 ± 0.67	33.9 (11)	59.73 ± 0.55	33.9 (11)
⁴⁴ Cr	53 ± ⁴ / ₃ [8]	> 7 (3)	45.2 ± 2.3	12.7 (19)	47.1 ± 2.0	12.7 (19)
⁴³ Cr	21 ± ⁴ / ₃ [8] 21.6 ± 0.7 [7]	- -	20.67 ± 0.65	79.0 (27)	20.8 ± 0.3 (a)	79.0 (27)
⁴² Cr	13.4 ± ^{3.6} / _{2.4} [7]	-	12.5 ± 1.8	-	12.5 ± 1.8 (a)	-
⁴⁷ Mn	100 ± 50 [10]	> 3.4 (9)	89.5 ± 2.4	< 4.4 (7)	89.5 ± 2.4	< 4.4 (7)
⁴⁶ Mn	41 ± ⁷ / ₆ [8] 34 ± ^{4.5} / _{3.5} [7]	- 58 (9)	34.33 ± 0.75	57.7 (27)	34.40 ± 0.73 (a)	57.7 (27) (a)
⁴⁹ Fe	70 ± 3 [10] 69 ± 4 [11] 75 ± 10 [12]	- - ~ 60	65.15 ± 0.37	58.2 (4)	65.27 ± 0.37	58.2 (4)
⁴⁸ Fe	44 ± 7 [10]	> 3.6 (11)	43.2 ± 2.5	14.2 (9)	43.2 ± 1.4	14.2 (9)
⁴⁷ Fe	27 ± ³² / ₁₀ [8] 21.8 ± 0.7 [7]	- 87 (7)	21.56 ± 0.34	90.0 (25)	21.65 ± 0.30 (a)	90.0 (25) (a)
⁴⁶ Fe	9.7 ± ^{3.5} / _{4.3} [7]	36 (20)	10.3 ± 1.5	69 (7)	10.3 ± 1.5 (a)	69 (7) (a)
⁵¹ Co	-	-	69.4 ± 2.7	< 3.2 (6)	69.4 ± 2.7	< 3.2 (6)
⁵⁰ Co	44 ± 4 [10]	> 42	38.46 ± 0.93	73.6 (9)	38.60 ± 0.58	73.6 (9)
⁵³ Ni	45 ± 15 [13]	-	55.4 ± 0.7	22.6 (5)	55.37 ± 0.70	22.6 (5)
⁵² Ni	38 ± 5 [14]	-	40.13 ± 0.67	32.2 (8)	40.09 ± 0.66	32.2 (8)
⁵¹ Ni	-	-	24.1 ± 0.8	92.5 (26)	24.1 ± 0.8	92.5 (26)
⁵⁰ Ni	11.6 ± ^{3.0} / _{2.0} [15]	70 (30)	15.7 ± 3.9	74 (10)	13.1 ± 2.4	73 (9)
⁴⁹ Ni	12 ± ⁵ / ₃ [7]	< 20	8.1 ± 1.4	84 (18)	8.1 ± 1.4 (a)	84 (18) (a)

(a) : Moyenne de la durée de vie et du rapport total d'embranchement proton réalisée sans tenir compte des valeurs données par J. Giovino dans la référence [7]. En effet les résultats obtenus sont issus d'une analyse précédente d'une expérience prise en compte dans les résultats donnés dans ce travail.

Tableau 1 : Durées de vie et rapports totaux d'embranchement proton des isotopes étudiés ici, comparés à divers résultats expérimentaux.

4. Conclusion

Au cours de ces expériences de fragmentation d'un faisceau intense de ⁵⁸Ni, nous avons pu obtenir une première mesure de la durée de vie des noyaux ⁵¹Ni et ⁵¹Co ainsi qu'une première valeur du rapport d'embranchement total proton pour les noyaux de ⁴³V, ⁴³Cr, ⁵¹Co, ⁵³Ni, ⁵²Ni et ⁵¹Ni. Pour la plupart des autres noyaux, la durée de vie et le rapport d'embranchement total proton ont été mesurés avec une plus grande précision.

L'analyse des spectres en énergie proton et du rayonnement γ permettra de mieux connaître les énergies et les intensités des protons et des γ émis afin d'établir des schémas partiels de décroissance de ces noyaux.

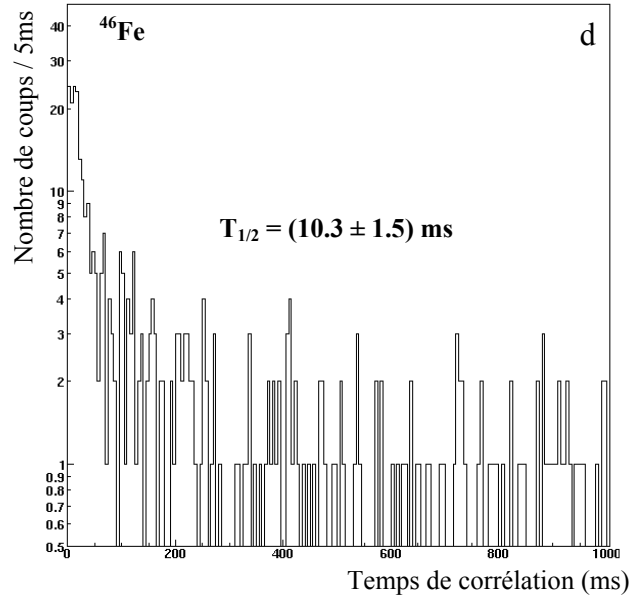
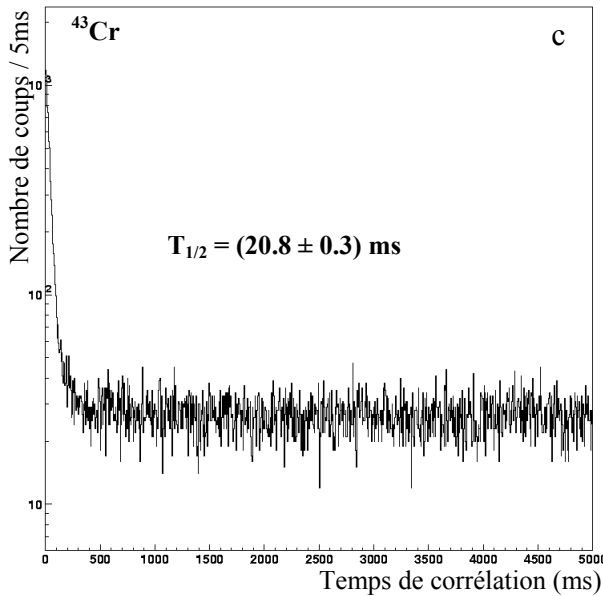
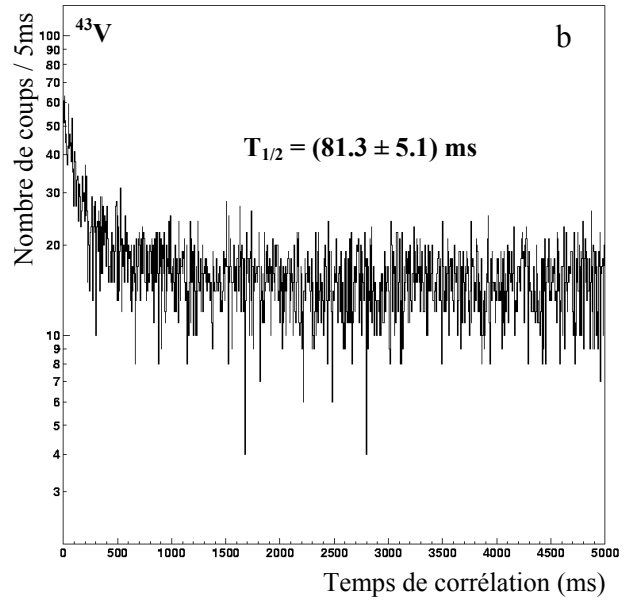
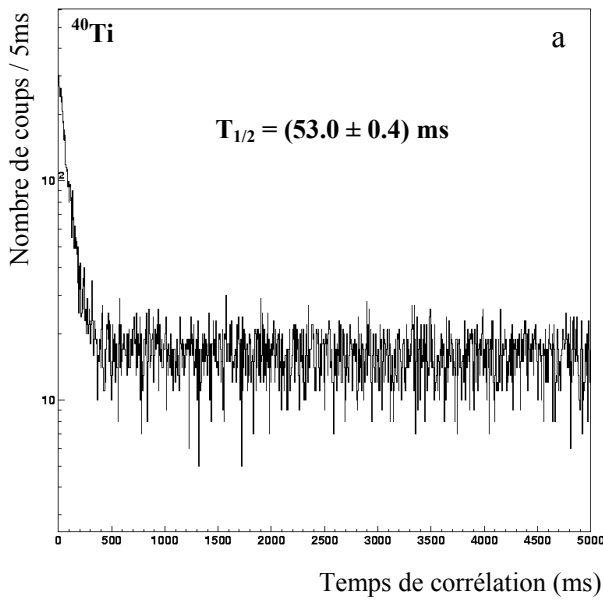


Figure 1 : Durées de vie caractéristiques des noyaux étudiés dans la région $22 \leq Z \leq 28$. Sont représentées sur les différents schémas les durées de vie du ⁴⁰Ti (a), du ⁴³V (b), du ⁴³Cr (c) et du ⁴⁶Fe (d).

Références :

- [1] C. Dossat, Thèse « Etude spectroscopique des noyaux riches en protons dans la région $22 \leq Z \leq 28$. »
- [2] W. Bhattacharya *et al.*, Phys. Rev. C **58**, 3677 (1998)
- [3] W. Liu *et al.*, Phys. Rev. C **58**, 2677 (1998)
- [4] R. G. Sextro *et al.*, Nucl. Phys. A **234**, 130 (1974)
- [5] W. Trinder *et al.*, Phys. Lett. B **415**, 211 (1997)
- [6] C. Détraz *et al.*, Nucl. Phys. A **519**, 529 (1990)
- [7] J. Giovinazzo *et al.*, Eur. Phys. J. A **11**, 73 (2001)
- [8] V. Borrel *et al.*, Z. Phys. A **344**, 135 (1992)
- [9] K. P. Jackson *et al.*, Phys. Lett. B **49**, 341 (1974)
- [10] L. Faux *et al.*, Nucl. Phys. A **602**, 167 (1996)
- [11] Z. Janas, communication privée
- [12] J. Cerny *et al.*, Phys. Rev. Lett. **24**, 1128 (1970)
- [13] D. J. Vieira *et al.*, Phys. Lett. B **60**, 261 (1976)
- [14] L. Faux *et al.*, Phys. Rev. C **49**, 2440 (1994)
- [15] C. Mazzocchi *et al.*, Eur. Phys. J., (2003)