

Emission retardée de un et deux proton(s) du ^{26}P et ^{27}S

G. Canchel¹, J. C. Thomas¹, L. Achouri², J. Äystö³, R. Béraud⁴, B. Blank¹, E. Chabanaud⁴, S. Czajkowski¹, P. Dendooven³, A. Emsallem⁴, J. Giovannazzo¹, J. Honkanen³, A. Jokinen³, A. Laird, M. Lewitowicz², C. Longour², F. de Oliveira Santos², K. Peräjärvi³, and M. Stanoiu²

1/ CEN Bordeaux-Gradignan, Le Haut-Vigneau, F-33175 Gradignan Cedex, France

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

3/ Dept. of Physics, University of Jyväskylä, P.O. Box Box 35, Fin-40351 Jyväskylä, Finlande

4/ IPN Lyon, rue Enrico Fermi, F-69622 Villeurbanne Cedex, France

5/ IReS Strasbourg, BP 23, F-67037 Strasbourg Cedex 2, France

Abstract

In an experiment performed at the GANIL LISE3 facility, radioactive ^{26}P and ^{27}S isotopes have been produced by projectile fragmentation of a 95 A MeV ^{36}Ar primary beam. After selection by means of the LISE3 separator, the isotopes of interest were implanted in a silicon detector telescope where their half-lives ($T_{1/2} = 46.3(22)$ ms for ^{26}P and $T_{1/2} = 15.5(15)$ ms for ^{27}S) and their main decay branches were measured. A decay scheme is proposed for both isotopes, including β -delayed p & 2p and γ -ray spectroscopy.

1) Introduction

La radioactivité deux protons, c'est-à-dire l'émission d'une paire de protons à partir d'un état nucléaire, bénéficie, du point de vue énergétique, de l'énergie d'appariement. Cette émission est prédite depuis longtemps pour les noyaux très éloignés de la vallée de stabilité β [1,2]. La compréhension du mécanisme de l'émission 2p pourrait apporter des informations capitales sur la structure nucléaire des noyaux très riches en protons et faiblement liés. Dans les noyaux légers, les données spectroscopiques expérimentales, et notamment l'émission de particules chargées, constituent un test fort pour les prédictions du modèle en couches, loin de la vallée de stabilité.

L'objectif principal de l'expérience menée au GANIL sur la ligne LISE3, concernait l'étude de l'émission retardée de deux protons dans les noyaux légers : ^{22}Al , ^{26}P et ^{27}S . Ces noyaux ont été produits par fragmentation d'un faisceau de $^{36}\text{Ar}^{18+}$ à 95 A MeV sur une cible de carbone (357 mg/cm^2) placée à l'entrée de l'ensemble SISSI-spectromètre Alpha. Les fragments transmis étaient ensuite stoppés dans un télescope de détecteurs silicium associé à un détecteur clover germanium comme le montre schématiquement la figure 1. Ce dispositif nous a permis de mesurer les raies γ en coïncidence avec les particules β et/ou protons.

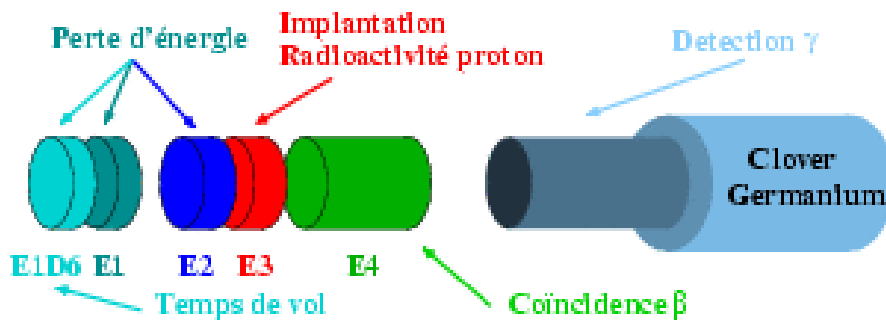


Figure 1 : Vue schématique du télescope et du détecteur clover germanium. Les épaisseurs respectives des détecteurs silicium sont : 500 μm , 500 μm , 500 μm , et 6 mm (de gauche à droite).

2) Le ^{26}P

Au cours de cette expérience, les données recueillies sur le ^{26}P nous ont permis de mesurer sa période ($T_{1/2} = 46.3(22)$ ms) avec une précision bien meilleure à la précédente valeur expérimentale [3]. La figure 2 illustre l'ajustement obtenu sur les points expérimentaux.

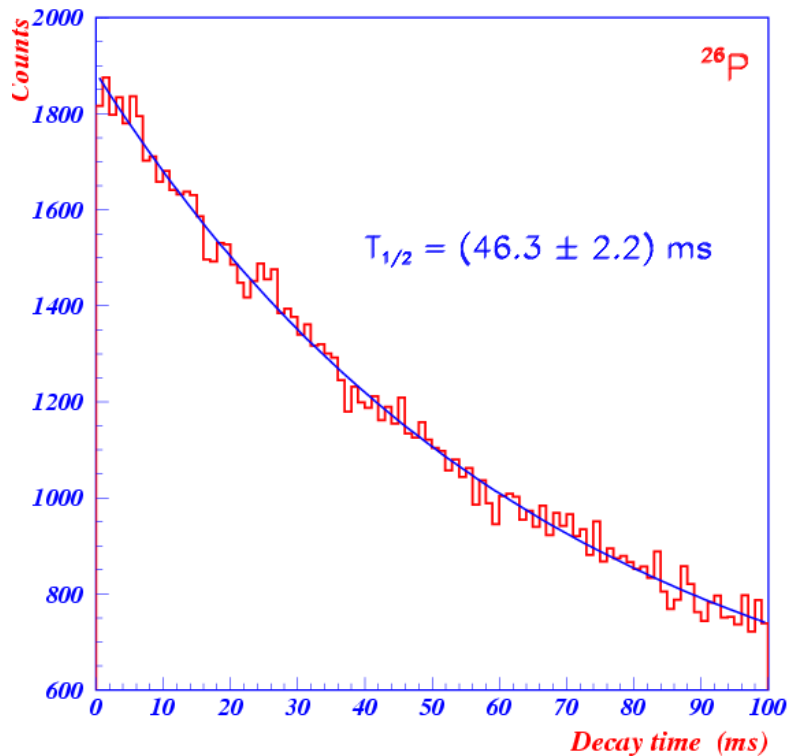


Figure 2 : Distribution en temps des événements de décroissance ^{26}P . La courbe superposée correspond à l'ajustement obtenu.

Par ailleurs, l'analyse du spectre en énergie des protons de ^{26}P a permis, pour la première fois, de réaliser une spectroscopie β -p et β -2p très complète pour ce noyau. Ainsi deux pics correspondant à l'émission 2p à partir de l'état isobarique analogue (IAS) de ^{26}Si vers l'état fondamental et le premier état excité de ^{24}Mg ont été mis en évidence. Nous en déduisons un rapport d'embranchement : $\text{BR}(\beta$ -2p) = 2,6(2) %.

En outre, cinq raies ont pu être attribuées à l'émission 1p, toujours à partir de l'IAS. Elles alimentent l'état fondamental de ^{25}Al ainsi que ses quatre premiers états excités. En combinant le rapport d'embranchement précédent avec celui correspondant à l'émission 1p ($\text{BR}(\beta$ -p) = 3,1 (2) %), nous en déduisons un rapport d'embranchement total pour l'IAS de 5.7(3) %, ce qui conduit à un $\log ft$ de 3,04(22) ; valeur en très bon accord avec les prédictions théoriques ($\log ft = 3,18$) [4] pour cette transition de Fermi.

D'autre part, nous avons également mis en évidence, l'émission 1p à partir de 25 états excités différents du ^{26}Si , alimentés par désintégration β de type Gamow-Teller, vers le noyau ^{25}Al . L'alimentation proton des différents états excités de ^{25}Al et ^{24}Mg a été confirmée par l'analyse des coïncidences β -p- γ et β -2p- γ . Néanmoins, les rapports d'embranchements β - γ à basse

énergie dans le ^{26}Si demeurent encore mal connus. Les larges incertitudes qui en découlent proviennent de plusieurs facteurs :

- le manque de connaissances des états liés du ^{26}Si vis à vis de l'émission proton,
- la contribution γ des états excités du ^{25}Al peuplés par désintégration β -p,
- et enfin, les contaminants qui génèrent une composante importante du fond γ .

La figure 3 présente le schéma de décroissance proposé pour le noyau ^{26}P et récapitule l'ensemble des résultats obtenus.

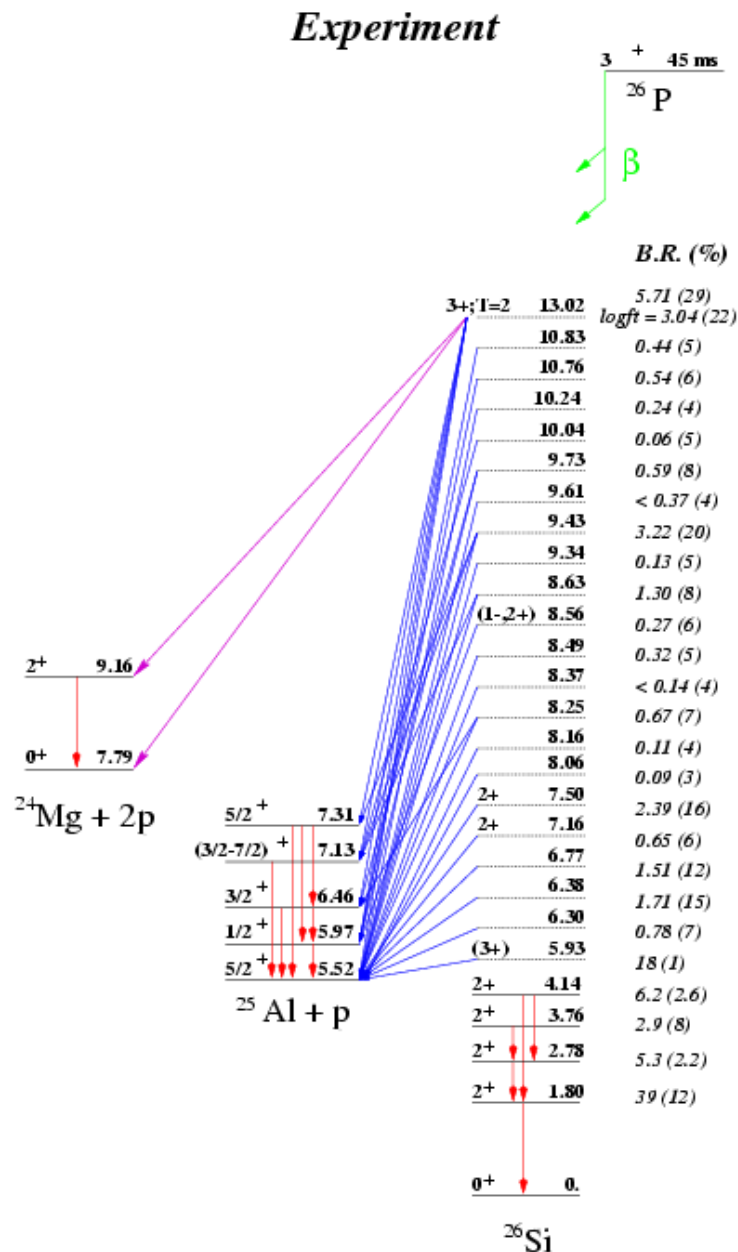


Figure 3 : schéma de décroissance proposé pour le noyau ^{26}P .

Une prochaine expérience (E398 au GANIL) sur cette région de noyaux légers très riches en protons, utilisant un système de détection β et proton beaucoup plus efficace, devrait

permettre de lever, au moins en partie, le voile sur les questions encore en suspens et par conséquent, de réduire les incertitudes sur la distribution de la force de transition β .

3) Le ^{27}S

Tout comme le noyau précédent, nous avons pu remesurer avec une précision accrue, la période de ^{27}S ; elle vaut $T_{1/2} = 15.5(15)$ ms [5,6]. Outre l'émission $2p$ (déjà connue [7]) entre l'IAS et l'état fondamental du noyau ^{25}Al , nous avons pu mettre en évidence une seconde transition entre l'IAS et le premier niveau excité $3/2^+$ du noyau ^{25}Al . Par ailleurs, pour la première fois, nous avons observé l'émission $1p$ à partir de l'IAS vers un état excité du noyau ^{26}Si .

Ceci nous a permis de déterminer les énergies d'excitation de l'IAS et de l'état fondamental du ^{27}S et les rapports d'embranchement des différentes raies observées et ainsi établir un schéma de désintégration partiel pour le noyau ^{27}S (figure 4).

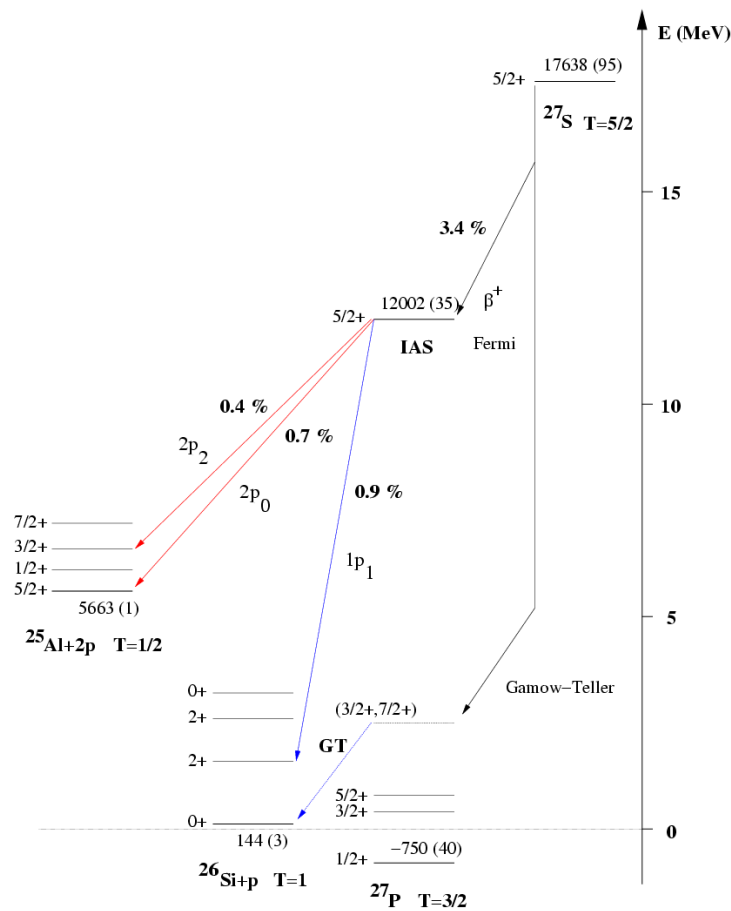


Figure 4 : Schéma de désintégration partiel proposé pour le noyau ^{27}S [5,6]. E correspond à l'excès de masse.

4) Conclusion

Le dépouillement des données relatives aux noyaux ^{22}Al [8], ^{26}P et ^{27}S a permis d'amener quantité d'informations nouvelles quant à la désintégration de ces isotopes. Leurs périodes, leurs excès de masse ainsi que leurs modes de décroissances ont pu être mesurés avec une grande précision. Ces résultats vont pouvoir servir de contraintes aux calculs de type modèle en couches loin de la vallée de stabilité β . Enfin, les prochaines expériences prévues au GANIL devraient nous permettre d'améliorer encore notre connaissance sur ces noyaux et de mieux comprendre le mécanisme de l'émission de deux protons.

Références :

- [1] V. I. Gol'danskii, Nucl. Phys. 19 (1960) 482.
- [2] V. I. Gol'danskii, Sov. Phys. JETP lett. 32 (1980) 554.
- [3] M. D. Cable et al., Phys. Rev. C 30 (1984) 1276.
- [4] B. A. Brown, Communication privée
- [5] G. Cachel et al., Eur. Phys. J. A 12 (2001) 377.
- [6] G. Cachel, Thèse de doctorat, Université Claude Bernard - Lyon I (2000) - Lycen 2000-155.
- [7] V. Borrel et al., Nucl. Phys. A 531 (1991) 353.
- [8] N. L. Achouri, Thèse de doctorat, Université de Caen (2001).