RECHERCHE D'UNE DOUBLE DESEXCITATION γ DANS LES TRANSITIONS MONOPOLAIRES DE ^{16}O , ^{40}Ca ET ^{90}Zr

Par MM. S. GORODETZKY, G. SUTTER, R. ARMBRUSTER, P. CHEVALLIER
P. MENNRATH, F. SCHEIBLING et J. YOCOZ,

Résumé. — Une recherche expérimentale du phénomène de double désexcitation gamma est décrite pour le cas des transitions monopolaires de ^{16}O , ^{40}Ca et ^{90}Zr . Des limites supérieures sont données : $\frac{P_{\gamma\gamma}}{P_{\pi}} < 6.10^{-3}$ et 7.10^{-3} respectivement pour ^{16}O et ^{40}Ca et $\frac{P_{\gamma\gamma}}{P_{\pi} + P_{e^{-}}} < 1.4.10^{-3}$ pour ^{90}Zr .

Abstract. — A search is made for two-photon de-excitation in monopole transitions in ^{16}O , ^{40}Ca and ^{90}Zr . Upper limits of the phenomena are given as preliminary results : $\frac{P_{\gamma\gamma}}{P_{\pi}} < 6.10^{-3}$ and 7×10^{-3} respectively for ^{16}O and ^{40}Ca and $\frac{P_{\gamma\gamma}}{P_{\pi} + P_{e^{-}}} < 1.4 \times 10^{-3}$ for ^{90}Zr .

L'intérêt théorique du phénomène de double désexcitation gamma pour l'interprétation des niveaux monopolaires est considérable. Il est exposé par ailleurs par J. Yoccoz.

La recherche expérimentale est rendue difficile par la faible probabilité du phénomène. Nous décrivons ci-contre les expériences préliminaires que nous avons effectuées dans le cas des transitions monopolaires du ^{90}Zr , ^{16}O et ^{40}Ca .

Transition 1,75 MeV de ^{90}Zr [1]. — Le niveau 0^+ , 1,75 MeV de ^{90}Zr était alimenté par radioactivité β^- à partir d'une source de ^{90}Sr . Le rapport d'embranchement relatif à ce niveau est de 2.10^{-4} [2].

Les gamma étaient détectés dans deux cristaux NaI $4'' \times 4''$ placés à 180° et montés en coïncidences lentes-rapides ($2\tau = 3.10^{-8}$ sec.). Les deux impulsions étaient ensuite sommées et dirigées sur un multicanal.

Une première mesure effectuée avec une discrimination de 300 keV faisait apparaître un pic à 1,02 MeV correspondant aux gamma d'annihilation des paires internes émises par la source. Avec une discrimination de 540 keV on voyait plusieurs pics que nous supposons être dus à des impuretés de la source (de l'ordre de quelques 10^{-7}). Une troisième mesure faite avec une discrimination de 720 keV ne montrait plus de pic statistiquement valable.

Nous ne pouvons donc donner qu'une limite supérieure du phénomène recherché. En tenant compte des conditions expérimentales, du spectre en $E^3(E_0 - E)^3$, et de la corrélation en

$$1 + 1,6 \cos \theta + \cos^2 \theta$$

due à l'interférence entre les processus $2 E(1)$ et $2 M(1)$ pour le cas du ^{90}Zr , on arrive à :

$$\frac{P_{\gamma\gamma}}{P_{\pi} + P_{e^{-}}} < 1,4.10^{-3} \text{ avec } \frac{P_{e^{-}}}{P_{\pi}} = 3 \text{ [3].}$$

Depuis notre travail H. Ryde et coll. [4] ont publié une expérience identique. Ils obtiennent qualitativement les mêmes résultats que nous. Après une recherche d'impuretés restée négative, ces auteurs pensent pouvoir donner la valeur

$$\frac{P_{\gamma\gamma}}{P_{\pi} + P_{e^{-}}} = 1,2.10^{-3}.$$

Nous reprendrons cette expérience avec une source purifiée.

Transition 6,06 MeV de ^{16}O . — Le cas de ^{16}O a été traité théoriquement par plusieurs auteurs [5], [6], [7].

Le niveau monopolaire était obtenu par la réaction $^{19}\text{F}(p, \alpha) ^{16}\text{O}$. Étant donné le domaine [d'énergie des gamma attendus (spectre en $E^3(E_0 - E)^3$, maximum pour 3 MeV) la méthode de sommation employée pour le cas du ^{90}Zr ne pouvait s'appliquer aussi facilement. La méthode utilisée consistait à faire des coïncidences α - γ - γ , qui déclenchaient le spectre α . Ainsi le phénomène recherché devait donner un pic d'alpha correspondant au niveau 6,06 de ^{16}O .

Le circuit comprenait deux cristaux NaI $4'' \times 4''$ à 180° montés en coïncidences lentes-rapides avec un détecteur α constitué par une jonction Radio-technique de 4 mm de diamètre. Pour réduire les coïncidences fortuites possibles et pour éliminer les rétrodiffusions, sur chaque canal gamma était disposée une fenêtre acceptant les gamma de 1,8 à 4,2 MeV.

Notre détecteur α ne pouvait séparer les α_π des α_1 conduisant au niveau voisin de 6,13 MeV. *A priori*, ceci ne semblait pas important. En fait, dès les premiers essais sont apparus des coïncidences vraies dues aux transitions gamma de 6,13, 6,92 et 7,12 MeV de ^{16}O . La disposition expérimentale excluait les coïncidences Compton directes. Nous pensons que le phénomène de double effet Compton [8] pourrait expliquer en partie les coïncidences observées.

Nous avons alors recherché les conditions expérimentales nous permettant d'avoir un rapport α_1/α_π aussi petit que possible. C'est ainsi que la résonance 1,880 MeV a été choisie. Celle-ci a été déterminée par une courbe d'excitation faite en α_π et en α_1 respectivement sélectionnée par coïncidences avec des gamma de 511 keV et de 6 MeV. D'autre part, à cette énergie, une distribution angulaire des α_0 , α_π et α_1 a montré qu'un angle de 150° était le plus favorable, compte tenu des conditions expérimentales.

Afin de pouvoir comparer notre résultat de double gamma aux paires monopolaires émises simultanément il a été fait une mesure du rapport α_0/α_π , les α_0 étant faciles à mesurer au cours de l'expérience. Nous avons trouvé $\alpha_0/\alpha_\pi = 2,8$. Ce résultat est en accord avec W. A. Ranken, T. W. Bonner et J. H. McCrary [9] qui trouvent pour ce rapport la valeur 3.

Ne pouvant donc distinguer les coïncidences provenant des niveaux 6,06 MeV et 6,13 MeV il nous a fallu procéder par soustraction. Une série de mesures a ainsi été faite à 1,880 MeV devant donner $\alpha_\pi + \alpha_1$ et une autre à la résonance 1,375 MeV qui est à forte prédominance α_1 .

La différence normalisée n'est pas significative ;

elle nous conduit à une limite supérieure du phénomène recherché :

$$P_{\gamma\gamma}/P_\pi < 6 \cdot 10^{-3}.$$

Transition 3,35 MeV de ^{40}Ca . — La réaction $^{40}\text{Ca}(pp')^{40}\text{Ca}$ était utilisée à une énergie de bombardement de 5,4 MeV. Cette énergie avait été choisie à la suite d'une courbe d'excitation faite en coïncidences $\gamma\text{-}\gamma$ (0,511 MeV — 0,511 MeV) entre 5,0 et 5,5 MeV.

Comme dans le cas de ^{16}O nous avons opéré avec des coïncidences triples p- γ - γ . Les protons étaient détectés par une jonction R. C. A. (20 mm²). Des fenêtres de 1,2 à 2,15 MeV étaient placés sur les canaux gamma.

Dans le cas du ^{40}Ca le niveau monopolaire est séparé des niveaux voisins dans le spectre protons. L'évaluation du pic correspondant nous permet de normaliser les doubles gamma aux paires.

Dans le spectre proton déclenché par les coïncidences triples p- γ - γ , un pic apparaît à une énergie de protons correspondant au niveau de 3,35 MeV. Ce pic peut être dû au phénomène recherché. Mais la cible de calcium naturel contient, entre autres, 2,06 % de ^{44}Ca qui présente plusieurs niveaux au voisinage de 3,35 MeV dont la désexcitation en cascade pourrait conduire au même résultat. Ceci nous amène à donner une limite supérieure :

$$P_{\gamma\gamma}/P_\pi < 7 \cdot 10^{-3}.$$

En conclusion, les limites supérieures obtenues dans le cas de ^{16}O et ^{40}Ca étant voisins des valeurs théoriques, ceci nous incite à considérer nos résultats comme préliminaires. Nous reprendrons, ainsi, ces deux expériences et, en particulier, nous utiliserons dans le cas de ^{40}Ca une cible de calcium enrichie en ^{40}Ca .

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GORODETZKY (S.), SUTTER (G.), ARMBRUSTER (R.), CHEVALLIER (P.), MENNRATH (P.), SCHEIBLING (F.) et YOCOZ (J.), *C. R. Acad. Sc.*, 1961, **252**, 1132.
- [2] YUASA (T.), LABERRIGUE-FROLOW (J.) et FEUVRAIS (L.), *J. Physique Rad.*, 1955, **17**, 4.
- [3] DEUTSCH (M.), *Nucl. Physics*, 1957, **3**, 83.
- [4] RYDE (H.), THIEBERGER (P.) et ALVAGER (T.), *Phys. Rev., Letters*, 1961, **6**, 475.
- [5] OPPENHEIMER (J. R.) et SCHWINGER (J. S.), *Phys. Rev.*, 1939, **56**, 1066.
- [6] CAMERON (A. G. W.), *Bull. Amer. Phys. Soc.* II, 1958, **3**, 269.
- [7] DALITZ (R. M.), *Proc. Roy. Soc.*, 1951, **206**, 536.
- [8] MANDL (F.) et SKYRME (T. M. R.), *Proc. Roy. Soc.*, 1952, **215 A**, 497.
- [9] RANKEN (W. A.), BONNER (T. W.) et MCCRARY (J. H.), *Phys. Rev.*, 1958, **107**, 1646.