



Désintégration de ^{95}Y ($t_{1/2} = 10,3$ mn)

P. Cavallini, E. Monnard, A. Moussa

► To cite this version:

P. Cavallini, E. Monnard, A. Moussa. Désintégration de ^{95}Y ($t_{1/2} = 10,3$ mn). Journal de Physique, 1973, 34 (8-9), pp.675-681. 10.1051/jphys:01973003408-9067500 . jpa-00207428

HAL Id: jpa-00207428

<https://hal.science/jpa-00207428>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LE JOURNAL DE PHYSIQUE

Classification
Physics Abstracts
12.17 — 12.20

DÉSINTÉGRATION DE ^{95}Y ($T_{1/2} = 10,3$ mn)

P. CAVALLINI, E. MONNAND et A. MOUSSA

Département de Recherche Fondamentale,
Laboratoire de Chimie Nucléaire, Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble, France

(Reçu le 9 mars 1973)

Résumé. — La désintégration β et γ de ^{95}Y a été réétudiée. Sa période est $T_{1/2} = 10,3 \pm 0,2$ mn. L'intensité de la branche β alimentant l'état fondamental de ^{95}Zr est (70 ± 4) % de la désintégration β totale. Les spectres γ simples et en coïncidence ont été étudiés avec des détecteurs Ge(Li). 43 raies γ sur 44 observées ont été placées dans le schéma de niveaux excités de ^{95}Zr .

Abstract. — The decay of ^{95}Y has been reinvestigated ; its half-life has been shown to be $T_{1/2} = 10.3 \pm 0.2$ mn. The intensity of the β decay branch to the ground state of ^{95}Zr was found to be (70 ± 4) % of the total β decay. The γ -rays of ^{95}Y have been studied with Ge(Li) detectors, both in singles and in coincidence. 43 out of the 44 γ -rays observed have been placed in a decay scheme involving 17 excited levels in ^{95}Zr .

1. Introduction. — Les niveaux excités de ^{95}Zr ont été étudiés par de nombreux auteurs [1]-[7] à l'aide de réactions nucléaires telles que $^{94}\text{Zr}(d, p)$, $^{96}\text{Zr}(p, d)$ et $^{96}\text{Zr}(d, t)$. Par contre, la désintégration β^- de ^{95}Y et les niveaux excités de ^{95}Zr obtenus lors de cette désintégration ont été peu étudiés [8]-[11] et les résultats sont très discordants. Nous avons repris cette étude en utilisant des sources d'yttrium séparées chimiquement des produits de fission. Nous comparerons plus loin nos résultats à ceux des auteurs précédents et proposerons des explications pour les discordances.

2. Méthodes expérimentales. — **2.1 PRÉPARATION DES SOURCES.** — On irradie pendant 30 s dans le réacteur SILOE du Centre d'Etudes Nucléaires une solution nitrique contenant 0,2 mg de ^{235}U . Le flux est d'environ 5×10^{13} n.cm $^{-2}$.s $^{-1}$. La méthode de séparation est identique à celle décrite dans un précédent article [12] pour l'étude de ^{94}Y . La durée totale de la séparation est d'environ 5 mn, elle débute moins de 30 s après la fin de l'irradiation. Dans ces conditions, les seuls isotopes décelables dans la source séparée sont ^{94}Y et ^{95}Y . Le spectre du premier n'est pas gênant et la discrimination par les périodes est facile.

2.2 TECHNIQUES DE MESURES. — Les spectres γ ont été mesurés à l'aide de plusieurs détecteurs coaxiaux Ge(Li). L'étalonnage en intensité a été fait au moyen des sources : ^{133}Ba , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{152}Eu , ^{56}Co . Pour les mesures de coïncidences γ - γ nous avons

utilisé en outre un cristal NaI(Tl) de 7,6 cm $\times$ 7,6 cm. Le circuit de coïncidences est du type rapide-lent classique permettant une résolution de 100 ns ; le stockage des informations utilise un appareillage Intertechnique (CA 13, AP 22, BM 96) permettant d'obtenir les spectres γ en coïncidence avec 8 ou 16 fenêtres en énergie.

3. Résultats expérimentaux. — **3.1 SPECTRES GAMMA.** — La figure 1 montre le spectre γ de basse énergie de ^{95}Y (300-1 000 keV) obtenu avec un détecteur Ge(Li) de 20 cm 3 (résolution 3 keV). Le spectre est le résultat de l'accumulation de 5 sources mesurées chacune pendant 10 mn. La figure 2 montre

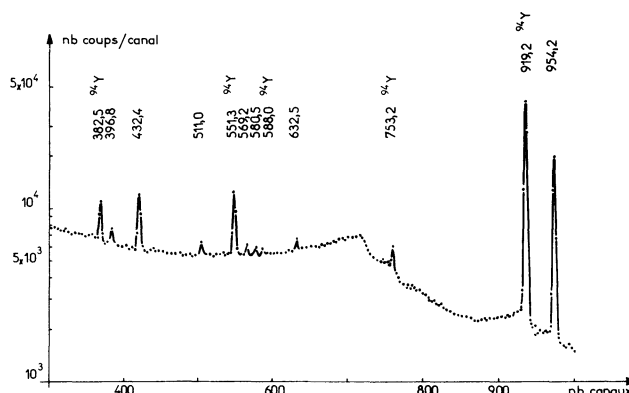


FIG. 1. — Spectre γ de ^{95}Y à basse énergie (0-960 keV) ; enregistrement entre $t = 5$ mn et $t = 15$ mn après la fin de l'irradiation.

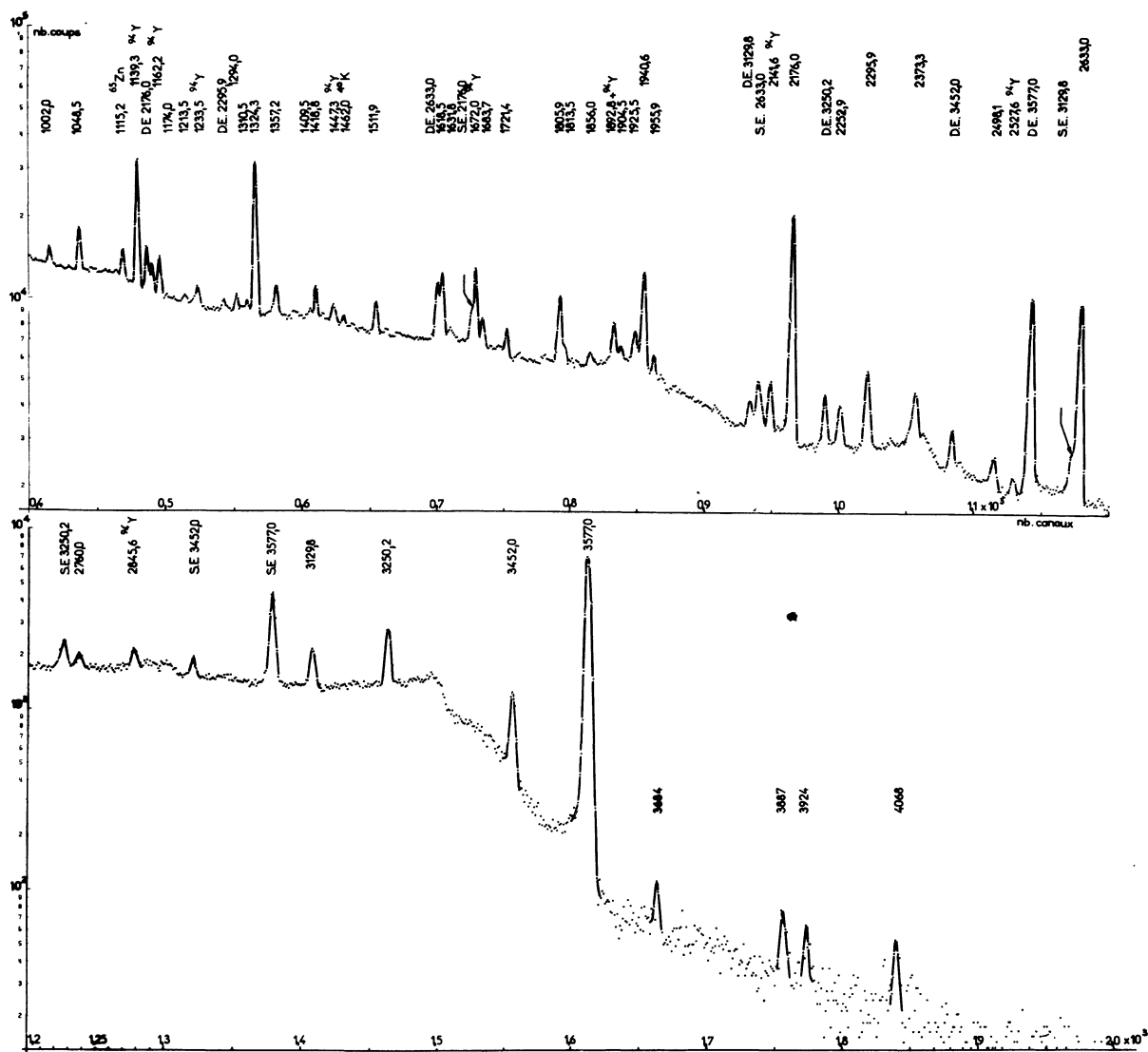


FIG. 2. — Spectre γ de ^{95}Y , de 960 à 4 200 keV ; enregistrement entre $t = 5$ mn et $t = 25$ mn après la fin de l'irradiation.

le spectre γ de ^{95}Y de 1 à 4,2 MeV, obtenu avec un détecteur Ge(Li) de 46 cm³ (résolution 4 keV), avec interposition de 1 cm de Pb entre la source et le détecteur. Le spectre est le résultat de l'accumulation de 9 sources mesurées chacune pendant 20 mn. Les énergies et les intensités relatives des raies γ sont données dans le tableau I et comparées aux valeurs de Van Klinken *et al.* [11]. L'incertitude sur l'énergie indiquée par ces auteurs est de 1 à 3 keV suivant l'intensité des raies, l'accord est donc très satisfaisant. Pour les intensités, l'accord est satisfaisant jusque vers 2 300 keV puis on constate un écart croissant. Nous avons donc repris ces mesures avec divers détecteurs Ge(Li) de volumes et géométries variés et obtenu des résultats concordants dont la moyenne est portée sur le tableau I. Il est possible que la divergence provienne de l'extrapolation de l'étalonnage, Van Klinken *et al.* ayant utilisé ^{152}Eu et ^{228}Th ont dû extrapoler à partir de 2 600 keV alors que notre étalonnage en intensité utilisant ^{56}Co n'a nécessité

qu'une faible extrapolation. On peut aussi comparer les intensités à celles mesurées par Larson et Gordon [10], utilisant un détecteur NaI. Compte tenu du pouvoir de résolution de celui-ci, on constate un accord satisfaisant jusque vers 2 MeV, puis, au-dessus, un écart dans la direction opposée à celle de Van Klinken *et al.* C'est ainsi que l'intensité relative de la raie de 3 577 keV est estimée à 55 % par Larson et Gordon, mais ces auteurs n'indiquent ni la méthode d'étalonnage en intensité, ni la précision estimée.

D'autre part, nous ne pouvons confirmer l'attribution à ^{95}Y des raies de 1 785, 1 798, 2 729, 2 846, 2 996 keV, observées par Van Klinken *et al.* et qui doivent être dues à des impuretés. Ces auteurs obtiennent en effet les sources par la réaction $^{96}\text{Zr}(\gamma, p)^{95}\text{Y}$ sans séparation chimique.

3.2 COÏNCIDENCES γ - γ . — Dans ces mesures, les fenêtres sont placées sur le spectre γ du détecteur NaI(Tl) et les spectres γ en coïncidence sont observés

TABLEAU I
Energie et intensité des rayonnements γ de ^{95}Y

Présent travail		Van Klinken <i>et al.</i> [11]		Observations
E_γ (keV)	I_γ	E_γ (keV)	I_γ	
		73	~ 1	non observé
396,8 $\pm$ 0,3	1,9			
432,4 $\pm$ 0,2	10,5	432	~ 8	
569,2 $\pm$ 0,4	0,9			
580,5 $\pm$ 0,4	0,8			
632,5 $\pm$ 0,3	1,7	632	~ 3	
954,2 $\pm$ 0,2	100	953	100	
1 002,0 $\pm$ 0,4	2,0	1 001	2	
1 048,5 $\pm$ 0,4	5,4	1 047	5	
1 174,0 $\pm$ 0,4	3,7	1 173	4	
1 213,5 $\pm$ 0,5	$\sim 0,5$			
		1 274	3	non observé
1 294,0 $\pm$ 0,5	1,1			
1 310,5 $\pm$ 0,5	$\sim 0,3$			
1 324,3 $\pm$ 0,3	27,7	1 323	26	
1 357,2 $\pm$ 0,5	3,8	1 356	4	
1 409,5 $\pm$ 0,8	$\sim 0,4$			
1 418,8 $\pm$ 0,5	2,7	1 419	4	
		1 445	1	^{94}Y
1 511,9 $\pm$ 0,5	3,6			
1 618,5 $\pm$ 0,8	9,1	1 619	7	
1 631,8 $\pm$ 0,5	$\sim 0,6$			
1 683,7 $\pm$ 0,5	2,7	1 684	1,5	
1 721,4 $\pm$ 0,6	1,9			
		1 785	1	non observé
		1 798	1	non observé
1 805,9 $\pm$ 0,5	7,8	1 806	8	
1 813,5 $\pm$ 0,8	1,1	1 814	~ 2	non placé
1 856,0 $\pm$ 0,8	1,1			
1 892,8 $\pm$ 0,5	$\sim 3,5$ ^(a)	1 893	3	$^{94}\text{Y} + ^{95}\text{Y}$
1 904,5 $\pm$ 0,8	1,0	1 905	~ 2	
1 925,5 $\pm$ 0,8	3,4	1 926	5	
1 940,6 $\pm$ 0,5	14,5	1 940	14	
1 955,9 $\pm$ 0,8	2,0			
2 176,0 $\pm$ 0,5	43,1	2 175	41	
2 252,9 $\pm$ 0,8	2,4	2 252	3	
2 295,9 $\pm$ 0,6	7,6	2 295	6	
2 373,3 $\pm$ 0,8	4,3	2 372	5	
2 498,1 $\pm$ 1,0	3,0	2 496	3	
2 633,0 $\pm$ 0,8	26,7	2 631	22	
		2 729	~ 1	non observé
2 760,0 $\pm$ 1,0	1,5	2 761	~ 1	non placé
		2 846	~ 1	^{94}Y
		2 996	1	non observé
3 129,8 $\pm$ 1,0	3,6	3 129	3	
3 250,2 $\pm$ 1,0	6,7	3 249	4	
3 452,0 $\pm$ 1,2	3,8	3 450	2	
3 577,0 $\pm$ 1,0	40,1	3 576	22	
3 684,0 $\pm$ 1,5	2,0	3 684	0,1	
3 887 $\pm$ 2	1,5	3 887	0,1	
3 924 $\pm$ 2	~ 1	3 922	0,1	
4 068 $\pm$ 3	~ 1	4 068	0,15	

(^a) La raie γ de 1 892,8 keV étant complexe, son intensité n'est qu'approximative.

avec le détecteur Ge(Li) de 46 cm³ (Fig. 3). Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau II.

3.3 PÉRIODE DE ⁹⁵Y. — Elle a été mesurée en suivant la décroissance de la raie de 954,2 keV pendant 45 mn. Le résultat obtenu est : $T_{1/2} = 10,3 \pm 0,2$ mn.

Cette valeur est identique à celle donnée par Larson et Gordon [10] ; par contre, elle est nettement plus faible que celle donnée par Fritze *et al.* [8] $T_{1/2} = 10,9 \pm 0,2$ mn et par Van Klinken *et al.* [11] $T_{1/2} = 10,7 \pm 0,2$ mn.

3.4 INTENSITÉ DE LA COMPOSANTE DU SPECTRE β^- QUI ALIMENTE L'ÉTAT FONDAMENTAL DE ⁹⁵Zr. — Cette intensité s'obtient à partir de l'intensité I_{954} de la raie de 954 keV, exprimée en photons par désintégration. Cette dernière peut se déduire de mesures relatives d'intensités gamma en comparant la raie de 954 keV à celles de 724 et 757 keV du descendant ⁹⁵Zr. On suit l'évolution dans le temps de ces raies pour une source préparée par la technique décrite ci-dessus, paragraphe 2.1, et soigneusement purifiée. Les intensités I_{724} et I_{757} pour ⁹⁵Zr sont données par Foin *et al.* [13], on obtient ainsi $I_{954} = 0,132 \pm 0,010$.

Van Klinken *et al.* [11] ont obtenu I_{954} en comparant les intensités bêta et gamma. La première est mesu-

rée au moyen d'un détecteur 4 π à scintillation, il est nécessaire de décomposer la courbe de décroissance à cause de la présence de ⁹⁴Y et ⁹²Y, la seconde est obtenue au moyen d'un détecteur NaI étalonné en efficacité absolue, mais on compte en même temps les raies de 919 keV (⁹⁴Y) et 908 keV (⁸⁹Zr) d'où une correction. La précision ainsi obtenue est donc médiocre $I_{954} = 0,09 \pm 0,02$. Nous estimons obtenir une meilleure précision malgré la grande différence des périodes, donc des activités, de ⁹⁵Y et ⁹⁵Zr. A partir de I_{954} on obtient, d'après les intensités du tableau I, en négligeant la conversion interne et en admettant le schéma de désintégration (Fig. 4), la somme des intensités gamma aboutissant au fondamental. On en tire $(I_\beta)_0 = (70 \pm 4)\%$. Van Klinken *et al.* obtiennent $(I_\beta)_0 = (82 \pm 5)\%$, une partie de la différence vient de la divergence entre les intensités gamma pour $E_\gamma > 3\,000$ keV. Larson et Gordon [10] trouvaient $(I_\beta)_0 \simeq 40\%$ par décomposition du diagramme de Kurie. La présence d'autres isotopes radioactifs rend cette décomposition peu précise.

4. Schéma de désintégration de ⁹⁵Y. Discussion.

Le spin du niveau fondamental de ⁹⁵Zr est 5/2⁺ (trou de neutron dans l'orbite 2 d 5/2). Si l'on admet

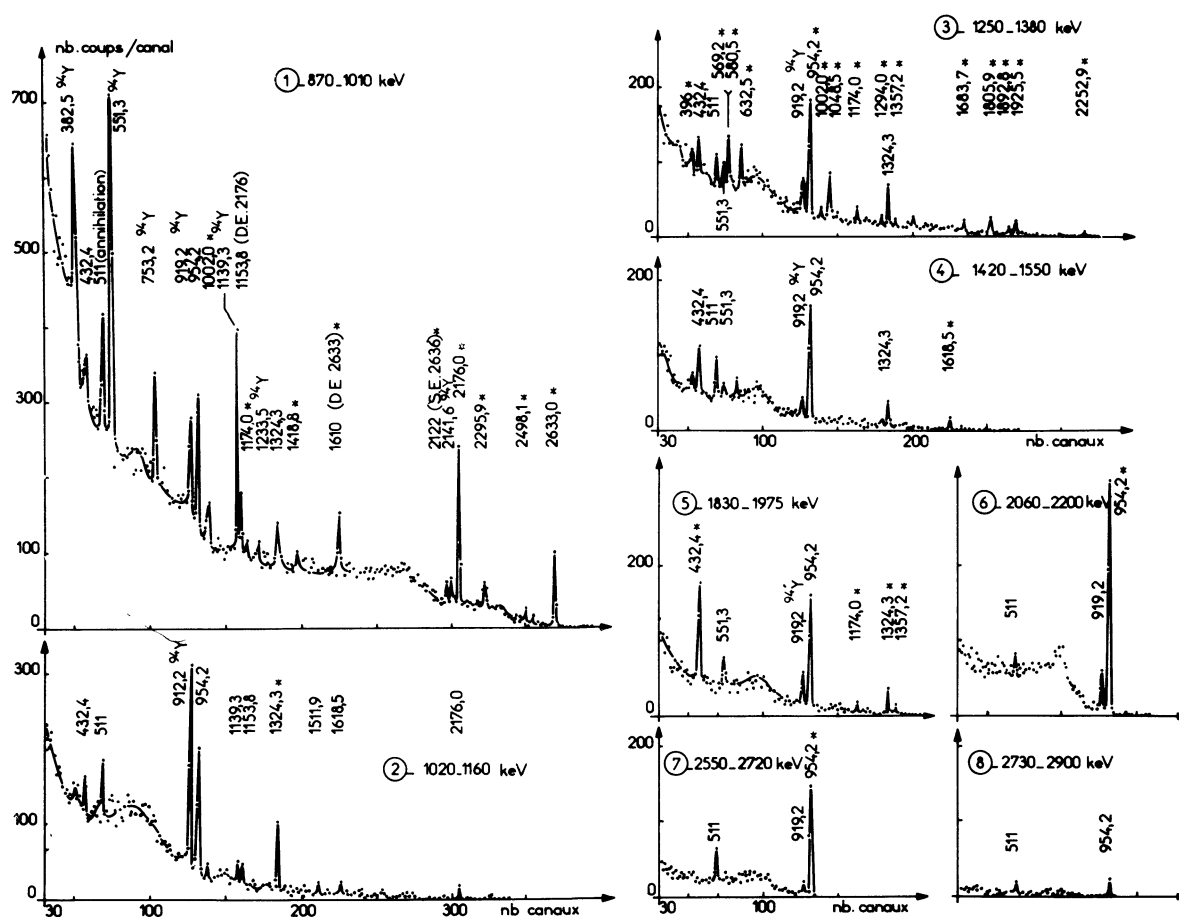
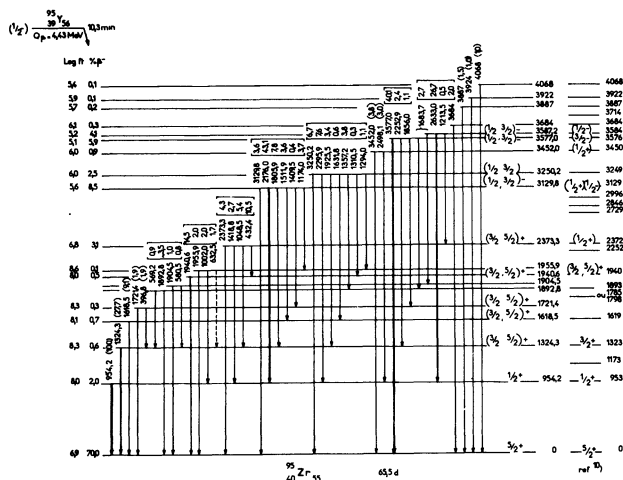


FIG. 3. — Spectres γ de ⁹⁵Y en coincidence avec différentes fenêtres sélectionnées sur la voie NaI(Tl). Les astérisques indiquent les coïncidences vraies.

TABLEAU II

Résultats des mesures de coïncidences $\gamma\gamma$

Fenêtre	Principales raies γ prises dans la fenêtre	Raies γ en coïncidence
(1) 870-1 010 keV	954,2	1 002,0-1 174,0- 1 418,8-2 176,0- 2 295,9-2 498,1- 2 633,0
(2) 1 020-1 160 keV	1 048,5 1 324,3	1 324,3 396,8-(569,2 + 580,5)-632,5-
(3) 1 250-1 380 keV		1 048,5-1 174,0- 1 294,0-1 805,9- 1 925,5-1 357,2- 1 683,7 954,2-1 002,0
(4) 1 420-1 550 keV	1 511,9	1 618,5
(5) 1 830-1 975 keV	1 892,8 1 925,5 1 940,6 1 955,9	1 357,2 1 324,3 432,4 1 174,0
(6) 2 060-2 200 keV	2 121,6 (SE 2 633,0) 2 176,0 2 633,0	954,2 954,2
(7) 2 550-2 720	néant	néant
(8) 2 730-2 900	néant	néant

FIG. 4. — Schéma de désintégration de ^{95}Y . A gauche, les valeurs des $\log ft$ et l'intensité (en %) des branches β^- , à droite, les niveaux obtenus par Van Klinken *et al.* [11].

pour ^{95}Y un spin $1/2^-$ (orbite $2p\ 1/2$) comme pour les isotopes $^{87-93}\text{Y}$, on obtient pour la transition bêta au niveau fondamental une valeur anormalement basse du produit ft : $\log ft \approx 6,9$. On doit corriger cette quantité de la valeur moyenne du facteur de forme (réf. [14]) on obtient $\log f_1 t \approx 7,5$ qui est

encore faible devant la moyenne $\log f_1 t \approx 8,5$. Cette constatation a conduit Van Klinken *et al.* [11] à proposer pour ^{95}Y le spin $5/2^-$ (trou de neutron $1f\ 5/2$). Cette hypothèse, qui ne serait pas en désaccord avec les intensités des branches bêta, est exclue par les mesures de Preedom *et al.* [15], qui observent dans la réaction $^{96}\text{Zr}(d, ^3\text{He})^{95}\text{Y}$ un transfert de proton $l = 1$ pour le niveau fondamental, le spin $1/2^-$ ou $3/2^-$ ne pouvant être précisé. Le spin $3/2^-$ est difficile à admettre dans le modèle des couches, il est donc préférable d'attribuer à ^{95}Y le spin $1/2^-$. Vervier [16] a calculé les fonctions d'onde des noyaux de cette région dans le modèle des couches avec interactions effectives pour les orbites $\pi\ 2p\ 1/2$, $\pi\ 1g\ 9/2$, $\nu\ 2d\ 5/2$, il en a tiré les valeurs théoriques des produits $f_1 t$ pour les transitions bêta interdites uniques, en adoptant une valeur effective de l'élément de matrice $\langle B_{ij} \rangle^2$ ajustée sur la valeur expérimentale pour la transition $^{90}\text{Y} \rightarrow ^{90}\text{Zr}$. Le tableau III rassemble les résultats pour les isotopes de l'yttrium, la colonne 2 reproduit les valeurs calculées par Vervier [16], la colonne 3 donne les mêmes valeurs avec un léger changement de normalisation pour retrouver la nouvelle valeur expérimentale pour ^{90}Y . La colonne 4 donne les valeurs expérimentales obtenues à partir des données (énergies, durées de vie, rapports de branchements) tirées des références indiquées. Les valeurs des produits ft ont été calculées au moyen du graphe classique [17] et le facteur correctif (f_1/f_0) a été tiré du tableau de Zyrianova [18]. La comparaison des colonnes 3 et 4 montre que le désaccord n'est pas très important et on peut remarquer, comme Vervier l'a déjà signalé, que les transitions interdites uniques de cette région sont plus rapides que la majorité de celles bien connues.

Le schéma de désintégration de ^{95}Y donné sur la figure 4 s'appuie sur nos mesures de coïncidences $\gamma\gamma$ et sur le principe de combinaison. Les pourcentages d'alimentation β^- sont basés d'une part, sur la valeur $(I_\beta)_0$ trouvée ci-dessus et d'autre part, sur la balance de l'intensité des transitions γ pour chaque niveau. Nous en avons déduit les valeurs des $\log ft$ (sans correction de forme). Nous avons adopté comme valeur de Q_β celle donnée par Van Klinken *et al.* [11] : $Q_\beta = 4,43$ MeV.

Les niveaux à 954,2, 1 324,3, 1 618,5, 2 373,3 et 3 250,2 keV ont déjà été observés aussi bien dans la désintégration de ^{95}Y [11], que par réaction $^{94}\text{Zr}(d, p)$. Les niveaux à 1 892,8, 1 940,6, 3 129,8, 3 452,0, 3 577,0, 3 587,2, 3 684, 3 887, 3 924 et 4 068 keV sont en accord avec ceux indiqués dans la référence [11] et ne semblent pas correspondre à des niveaux observés en réaction (d, p) . Ils sont confirmés par de nouvelles raies ou coïncidences non observées dans la référence [11]. Le schéma permet ainsi de placer 43 transitions gamma sur les 44 attribuées à ^{95}Y , la concordance des sommes d'énergie étant meilleure que 0,6 keV (à trois exceptions près concernant des raies très faibles).

TABLEAU III

Valeurs théoriques et expérimentales des périodes comparatives ($\log_{10} f_1 t$)
pour les transitions bêta interdites uniques

Transition bêta	Valeurs calculées	Valeurs expérimentales
(1)	Référence [16]	Références
(1)	(2)	(4)
$^{91}\text{Y } 1/2^- \rightarrow 5/2^+$	8,40	8,48 ^(a)
$^{93}\text{Y } 1/2^- \rightarrow 5/2^+$	8,17	8,06 ^(a)
$^{95}\text{Y } 1/2^- \rightarrow 5/2^+$	8,03	7,51 présent travail
$^{90}\text{Y } 2^- \rightarrow 0^+$	8,28	8,16 ^(a)
$^{92}\text{Y } 2^- \rightarrow 0^+$	8,55	8,30 ^(a)
$^{94}\text{Y } 2^- \rightarrow 0^+$	8,90	8,52 ^(b)

^(a) Référence [21].

^(b) Référence [12].

Les modifications apportées au schéma proposé dans la référence [11] sont les suivantes :

a) Suppression du niveau à 1 173 keV, la raie de 1 174 keV étant observée en coïncidence avec les raies de 954,2, 1 324,3 et 1 955,9 keV.

b) Suppression des niveaux à 1 785 (ou 1 798), 2 252, 2 729, 2 846, 2 996, 3 714 keV. Ils sont, ou bien basés sur des raies non observées par nous et probablement dues à des impuretés, ou proposés comme douteux. Nous ajoutons, par contre, les niveaux suivants : 1 721,4 keV (coïncidence 1 324-397) ; 1 904,5 keV (coïncidence 1 324-580) ; 1 955,9 keV (coïncidences 1 324-632 et 1 002-954), ce dernier niveau peut d'ailleurs être un doublet. Le niveau à 1 721,4 keV est probablement celui observé par réaction (d, p) à 1 730 keV.

Enfin, les quatre niveaux de plus haute énergie sont placés simplement d'après l'existence des transitions gamma, qui ne peuvent aboutir qu'au niveau fondamental à cause de la valeur admise pour Q_β .

Au cours de la rédaction de ce travail, nous avons eu connaissance de l'étude récente de Hontzeas et Marsden [19], portant sur la désintégration de ^{94}Y , ^{95}Y , ^{96}Y . Compte tenu de notre travail sur ^{94}Y (réf. [12]) nous pouvons faire les observations suivantes :

a) Ces auteurs bornent leur étude aux énergies inférieures à 2,9 MeV et n'observent donc pas un bon nombre de transitions intenses dues à ^{95}Y . D'autre part, d'importants écarts en énergie existent entre leurs mesures et les nôtres ou celles de Van Klinken *et al.* Certaines raies très intenses (par exemple 1 940 keV de ^{95}Y) ne sont pas observées par eux.

b) Ces auteurs signalent de nombreuses raies complexes appartenant à deux ou même trois isotopes, ce que nous ne pouvons confirmer avec des détecteurs de meilleure résolution. Parmi les divergences les plus

marquantes, nous citerons seulement la raie de 1 672 keV qui appartient sûrement à ^{94}Y et qui ne peut être confondue avec la raie de 1 683,7 keV de ^{95}Y . Hontzeas et Marsden attribuent une raie de 1 668,57 keV à ^{94}Y et une de 1 673,60 keV à ^{95}Y . Nos mesures sur ces raies sont en excellent accord avec celles de Fiedler et Kennett et de Van Klinken *et al.*

c) Ces auteurs attribuent quatre raies à ^{96}Y , dont la période serait 2,3 mn d'après Vallis et Perkin [20]. L'étude de la décroissance de ces raies montre que celle de 550,10 keV est due à ^{94}Y , celles de 1 000,08, 1 723,30, 1 805,0 keV sont dues à ^{95}Y . D'autre part, il est très douteux que l'activité observée par Vallis et Perkin soit due à ^{96}Y . Ces auteurs utilisaient la réaction $^{96}\text{Zr}(n, p)^{96}\text{Y}$, mais une partie au moins de l'activité gamma doit être due à $^{89\text{m}}\text{Zr}$ obtenu par $^{90}\text{Zr}(n, 2n)$, quant à l'activité bêta, elle peut être due à ^{28}Al , obtenu par $^{28}\text{Si}(n, p)$, le silicium pouvant être présent comme impureté dans la cible. La période de ^{96}Y doit être beaucoup plus courte, car nous avons recherché ce noyau depuis assez longtemps par diverses méthodes : réaction $^{96}\text{Zr}(n, p)$, temps de transfert $\simeq 2$ s ; fission, temps de séparation chimique $\simeq 2$ mn. Dans le premier cas, nous n'avons jamais observé la présence de la raie de 1 730 keV environ qui devrait désexciter le premier niveau 2^+ de ^{96}Zr . Dans le second cas, la présence de la raie de 1 721,4 keV de ^{95}Y rend problématique la mise en évidence d'une éventuelle composante de période plus courte. Il se peut que ^{96}Y soit émetteur bêta pur, en tout cas il est très peu probable que ses quatre raies gamma coïncident avec celles des isotopes voisins.

Remerciements. — Nous exprimons nos remerciements à la Direction du CEN/Grenoble pour les moyens mis à notre disposition et au Service des Piles pour les facilités d'irradiation.

Bibliographie

- [1] COHEN, B. L. et CHUBINSKY, O. V., *Phys. Rev.* **131** (1963) 2184.
- [2] LEGG, J. C., CROSBY, M. A. et ROY, G., *Phys. Lett.* **20** (1966) 399.
- [3] STAUTBERG, M. M., JOHNSON, R. R., KRAUSHAAR, J. J. et RIDLEY, B. W., *Nucl. Phys. A* **104** (1967) 67.
- [4] WIENHARD, K., CLAUSNITZER, G., GRAW, G. et FLEISCHMANN, R., *Z. Phys.* **228** (1969) 129.
- [5] BOOTH, W., DALGLIESH, S. M., MC LEAN, K. C., GLOVER, R. N. et HUDSON, F. R., *Phys. Lett.* **30B** (1969) 335.
- [6] LIEB, K. P., KENT, J. J., HAUSMANN, T. et WATSON, C. E., *Phys. Lett.* **32B** (1970) 273 et *Phys. Rev.* **2C** (1970) 1822.
- [7] FANN, H. et STROHBUSCH, U., *Phys. Rev. C* **6** (1972) 2299.
- [8] FRITZE, K., KENNETT, T. J. et PRESTWITCH, W. V., *Can. J. Chem.* **39** (1961) 675.
- [9] FIEDLER, H. J. et KENNETT, T. J., *J. Inorg. Nucl. Chem.* **28** (1966) 1129.
- [10] LARSON, R. E. et GORDON, C. M., *Nucl. Phys.* **88** (1966) 481.
- [11] VAN KLINKEN, J., TAFF, L. M., BAKINS, G. W., BUREAU, A. J. et HATCH, E. N., *Phys. Rev.* **154** (1967) 1116.
- [12] CAVALLINI, P., ANDRE, S., MONNAND, E. et SCHUSSLER, F., *Nucl. Phys. A* **175** (1971) 363.
- [13] FOIN, C., OMS, J., BLACHOT, J. et CRANCON, J., *Nucl. Phys. A* **123** (1969) 513.
- [14] DAVIDSON, J. P., JR, *Phys. Rev.* **82** (1951) 48.
- [15] FREEDOM, B. M., NEWMAN, E. et HIEBERT, J. C., *Phys. Rev.* **166** (1968) 1156.
- [16] VERVIER, J., *Nucl. Phys.* **75** (1966) 17.
- [17] WAPSTRA, A. H., NIJGH, G. J., VAN LIESHOUT, R., *Nuclear spectroscopy tables* (North-Holland Publishing company, Amsterdam), 1959.
- [18] ZYRYANOVA, L. N., International series of monographs on Nuclear Energy, Division II. *Nuclear Physics*, Vol. 7 (Pergamon Press), 1963.
- [19] HONTZEAS, S. et MARSDEN, D. A., *Nucl. Phys. A* **179** (1972) 193.
- [20] VALLIS, D. G. et PERKIN, J. L., *J. Inorg. Nucl. Chem.* **22** (1961) 1.
- [21] LEDERER, C. M., HOLLANDER, J. M., PERLMAN I., *Table of isotopes*, sixth edition (Wiley, New York), 1967.
-