Désintégration de $^{15362}\text{Sm}$

Nicolas C.M. Marty

► To cite this version:

Nicolas C.M. Marty. Désintégration de $^{15362}\text{Sm}$. J. Phys. Radium, 1955, 16 (6), pp.458-461.
10.1051/jphysrad:01955001606045800 . jpa-00235192

HAL Id: jpa-00235192

<https://hal.science/jpa-00235192>

Submitted on 1 Jan 1955

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.

DÉSINTÉGRATION DE $^{153}_{62}\text{Sm}$ Par M^{me} N. MARTY,

Laboratoire de Physique et Chimie nucléaires du Collège de France.

Sommaire. — Le spectre β de ^{153}Sm est décomposé en trois spectres d'énergies maxima : 820 ± 10 keV (20 pour 100), 720 ± 15 keV (40 pour 100), 650 ± 15 keV (40 pour 100). On mesure les coefficients de conversion du γ de 103 keV ($\alpha_K = 1,2 \pm 0,1$, $\frac{K}{L} = 6,2 \pm 0,3$; $\frac{L}{M} = 4,5$). On confirme l'existence de γ de 545 et 172 keV d'intensité inférieure à 1 pour 100 et l'on met en évidence par ses raies de conversion un γ faible de 84 keV. Un schéma de désintégration cohérent est donné.

Introduction. — ^{153}Sm de période 47 h se désintègre par émission β pour donner ^{153}Eu . Le spin, le moment magnétique et le moment quadrupolaire de l'état fondamental de ce noyau ont été mesurés [1] ($I = \frac{5}{2}$; $\mu = +1,5$; $Q = +2,5$); ces valeurs du spin et du moment magnétique constituent l'une des premières exceptions notées au modèle à particules individuelles de Jensen-Mayer [2].

Un très grand nombre de travaux ont porté sur la désintégration de ^{153}Sm [3] indiquant l'existence d'un spectre β de 800 keV, sans doute complexe, de rayonnements γ de 69 et 103 keV émis en cascade ainsi que d'un photon de faible intensité de 520 keV; d'autres photons (580 et 610 keV) faibles avaient aussi été signalés. Des valeurs très différentes ont été données pour les coefficients de conversion des γ de 69 et 103 keV montrant que ces photons étaient sans doute soit des transitions $M1$, soit des mélanges $M1, E2$. La période du γ de 69 keV était mesurée et trouvée égale à 310^{-9} s [4].

de conversion des photons de 69 keV ($3,8 \pm 0,2$) et 103 keV ($1,14 \pm 0,2$).

Lee et Katz [6], lors d'une étude par spectrométrie β signalaient, en plus, l'existence de raies de conversions K et L correspondant à une transition de 548 keV et aboutissaient au schéma de la figure 1. Enfin, Graham et Walker [7], par coïncidences entre spectres β et raies de conversion à l'aide d'un double spectromètre β donnaient les résultats suivants : trois spectres de 810 ± 10 keV (environ 20 pour 100), 710 ± 15 keV (50 pour 100), 640 ± 15 keV (30 pour 100); ils mesuraient par une méthode analogue à celle de Mc Gowan les coefficients de conversion du γ de 69 keV ($\alpha_K = 5,7 + 1$) et les périodes des photons de 103 et 69 keV, ils signalaient aussi des photons faibles de 520 et 170 keV.

Tout dernièrement, par excitation coulombienne, on a mis en évidence, dans ^{153}Eu , l'existence de niveaux à 84 et 194 keV [8], [9].

Les derniers travaux cités ont paru pendant que cette étude était en cours; il nous a de plus semblé utile de préciser certains points relatifs au schéma de niveaux de ^{153}Eu qui ne sont pas encore bien établis. Une partie de ces résultats a déjà été publiée [10].

Préparation des sources. — Les sources ont été préparées par irradiation en neutrons lents d'oxyde de samarium Sm_2O_3 à la pile de Châtillon; les sources à très grande activité spécifique ont été irradiées à la pile P_2 de Saclay. L'oxyde était émulsionné dans du LC 600 avec lequel on formait une feuille mince (environ $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) par dépôt d'une goutte sur l'eau. Une vérification au microscope a montré que les grains d'environ 15μ de diamètre ne formaient pas d'amas dans les feuilles minces. La source découpée à la dimension voulue (2 à 5 mm de diamètre) était alors incorporée à une feuille fraîche de LC 600.

Étude des rayonnements γ . — Les mesures ont été faites à l'aide d'un spectromètre à scintillation. La figure 2 représente le spectre ainsi obtenu, la source étant à 3 mm du cristal : on y distingue

Fig. 1. — Schéma de désintégration de ^{153}Sm (énergies en keV).

Plus récemment, Mc Gowan [5], par des mesures en coïncidence entre le rayonnement γ d'une des transitions et les rayons γ et X correspondant à l'autre transition, a pu mesurer les coefficients

la raie X de ^{153}Eu de 40 keV, accompagnant la conversion interne des différents γ , les photons γ_1 de 70 keV et γ_2 de 103 keV, ainsi qu'un γ faible d'environ 540 keV, son intensité par rapport à celle du γ de 103 keV, compte tenu de l'efficacité relative du cristal scintillateur pour les énergies de 540 et 103 keV, de l'absorption du γ de 103 keV dans l'aluminium et le plexiglass servant à absorber les rayons β , ainsi que du pic de fuite du γ de 103 keV peut être évaluée à

$$7 \text{ pour } 1000 \leq \frac{I_{\gamma 545}}{I_{\gamma 103}} \leq 1 \text{ pour } 100.$$

Fig. 2. — Spectre γ de ^{153}Sm .

Des mesures plus précises de l'énergie du photon par comparaison avec les photons d'annihilation, faites avec des sources très intenses en absorbant les γ de 103 keV par des écrans de Pb ont donné la valeur de 545 ± 5 keV.

On a vérifié, pendant la durée de quatre périodes, que le rapport des intensités des γ de 103 et 545 keV restait constant.

On note aussi une raie faible de 170 keV due à l'addition des γ de 103 et 69 keV. Des mesures faites avec une distance source-cristal de 1 cm, où aucune raie n'apparaît, fixent la limite du rapport des intensités des photons de 170 et 103 keV comme inférieure à 2 pour 100. Nous avons pu confirmer l'existence du photon faible de 172 keV signalé par Graham et Walker [7] : les mesures ont été faites après absorption des γ de 103 keV à l'aide

de 3 mm de Cd avec des distances source-cristal de 5, 15 et 25 mm de façon à éliminer l'addition des γ de 103 et 70 keV. La figure 3 représente les courbes ainsi obtenues ramenées à une même intensité pour la raie de 103 keV.

Fig. 3. — Raie γ de 172 keV mise en évidence après interposition d'un absorbant de 3 mm de Cd.

Le recherche des rayonnements en coïncidence avec les photons de 545 keV montre que celui-ci est en coïncidence seulement avec le γ de 103 keV.

Étude du spectre β . — L'étude a été faite à l'aide d'un spectromètre β Slätis Siegbahn à image intermédiaire, avec un pouvoir de résolution de 2 pour 100; le spectre ainsi obtenu est représenté figure 4. Une décomposition par la méthode des droites de Fermi donne trois spectres d'énergie maxima 820 ± 10 keV (22 pour 100), 720 ± 15 keV (35 pour 100), 650 ± 15 keV (43 pour 100). Une telle décomposition dans le cas de spectres d'énergies maxima très voisines est imprécise en raison du peu de points à partir desquels doivent être tracées les droites de Fermi. Pour vérifier le schéma donné pour les premiers niveaux de ^{153}Eu et tenter une décomposition plus précise des spectres 2 et 3, des mesures de la forme du spectre β en coïncidence avec le photon de 103 keV ont été faites à l'aide d'un spectromètre à scintillation dont le cristal était monté à l'arrière de la source mise en place dans le spectromètre β [11]. Plusieurs séries de mesures faites avec des pouvoirs de résolution de 3 et 5 pour 100 ont confirmé, en coïncidences avec le photon de 103 keV deux spectres d'énergie 715 ± 15 keV (50 ± 10 pour 100) et 640 ± 15 keV (50 ± 10 pour 100). Les valeurs de $\log ft$ que l'on peut déduire des énergies maxima et des intensités

partielles sont comprises entre 7,4 et 6,5 et correspondent toutes à des transitions interdites du premier ordre $\Delta J = 0, 1$ oui.

Fig. 4. — Spectre γ et diagramme de Fermi de ^{153}Sm .

Étude des raies de conversion. — Avec un pouvoir de résolution de 2 pour 100 et une précision de 1 pour 100 pour chaque point mesuré, nous n'avons pu mettre en évidence de raies de conversion correspondant aux photons de 545 et 172 keV. Si, comme on le verra lors de la discussion du schéma de niveau de ^{153}Eu , on considère le rayonnement de 172 keV comme un quadrupôle électrique, la limite de l'intensité de la transition directe donnée par l'absence de raies de conversion est en accord avec celle donnée par la mesure au spectromètre à scintillations.

Pour le photon de 545 keV, étant donnée l'intensité trouvée par spectrométrie γ , on ne devrait observer de raies de conversion comparable à celle donnée par Lee et Katz que dans le cas du rayonnement d'ordre de polarité élevée ($M3$, $M4$, $E5$).

La figure 5 représente agrandie la région des raies de conversion, corrigée dans le domaine des basses énergies pour l'absorption dans la fenêtre du compteur ($120 \mu\text{g}/\text{cm}^2$); γ_1 , γ_2 , γ_3 correspondent respectivement aux raies de 69, 103 et 84 keV, les indices K , L , M indiquant dans quelles couches les raies sont converties. A_1 , A_2 sont les raies Auger d'énergies $E_K - 2E_L$ et $E_K - E_L - E_M$. Enfin, nous avons indiqué la position des raies de conversion des photons γ_4 (110 keV) et γ_5 (88 keV) dont on pourrait supposer l'existence d'après le schéma de niveau (voir fig. 6). L'élargissement de la raie γ_{1K} montre l'importance de l'absorption dans la source pour des électrons de 20 kV; on peut uniquement indiquer que pour

ce photon le rapport $\frac{K}{L}$ est supérieur à 4,4, en accord avec la valeur de $\frac{K}{L} > 4,6$ de Graham et Walker; $\frac{L}{M} = 3 \pm 1$.

Fig. 5. — Raies de conversion des γ de ^{153}Sm .

Fig. 6. — Schéma de désintégration de ^{153}Sm (énergies en keV).

Dans le tableau sont groupées certaines valeurs expérimentales et les valeurs théoriques relatives aux coefficients de conversion du photon de 103 keV.

Les valeurs théoriques α_2 et β_1 ont été calculées pour les quadrupôles électriques par la méthode citée par Mc Gowan [13], pour les diôples magnétiques d'après la formule donnée par Drell [14] reliant les valeurs de β_1 à celles de α_2 .

Les valeurs de $\frac{K}{L}$ pour $M1$ ont été évaluées par interpolation pour $\frac{K}{L} = 63$ des valeurs de $\frac{K}{L}$ cal-

TABLEAU.
Valeurs expérimentales

Références.	Valeurs expérimentales			Valeurs théoriques.		
	α_K	$\frac{K}{L}$	$\frac{I}{U}$	Nature du rayonnement	α_K	$\frac{K}{L}$
Siegbahn [12].....	0,65	6	-	E_1	1,1	~ 8
Sunyar [5].....	1,2	-	-	M_1	1,5	< 2
Lee Katz [6].....	0,6	$6,2 \pm 1,5$	-	-	-	-
Mac Gowan [5].....	$1,14 \pm 0,2$	-	-	-	-	-
Graham [7].....	-	$> 6,1$	-	-	-	-
Marty.....	$1,2 \pm 0,1$	$6,2 \pm 0,3$	$4,5 \pm 0,5$	-	-	-

culables d'après les suppléments aux tables de Rose pour $Z = 85, 55$ et 25 et dépendant très peu de l'énergie du photon. Dans le cas des quadrupôles électriques, une limite supérieure peut être estimée pour ce rapport d'après les mêmes tables.

La valeur expérimentale du rapport $\frac{K}{L}$ permet de conclure que le rayonnement de 103 keV est un mélange $E_2 + M_1$.

En supposant des coefficients de conversion du même ordre pour les photons de 103 et 84 keV , on aboutit à un rapport d'intensité $\frac{I_{84}}{I_{103}}$ de l'ordre de quelques pour-cent.

Discussion des résultats : schéma de niveau de ^{153}Eu . — Les résultats obtenus conduisent au schéma représenté figure 6. Le spin de l'état fondamental de ^{153}Eu ayant été mesuré comme égal à $\frac{5}{2}$, on est conduit à attribuer aux niveaux de rotation de 84 et 194 keV les spins $\frac{7}{2}$ et $\frac{9}{2}$ [15]. Les transitions β à l'état fondamental et aux états excités de 103 et 172 keV sont beaucoup plus probables que celles aux niveaux de rotation, ceci se justifie si le spin de ^{153}Sm est $\frac{3}{2}$; il diffère alors de zéro ou une unité du spin de l'état fondamental et des états excités de 103 et 172 keV de ^{153}Eu conformément à la valeur de $\log ft$ des spectres β aboutissant à ces niveaux,

les états excités ayant les spins $\frac{3}{2}$ et $\frac{1}{2}$; ceci est en accord avec la nature (E_2, M_1) des photons de 103 et 69 keV et justifie la faible intensité de la transition directe de 172 keV .

L'intensité de quelques pour-cent du photon de 84 keV s'expliquerait par un embranchement β correspondant à une valeur $\log ft$ de l'ordre de 9; cette valeur est bien dans le domaine de celles indiquées par Mayer, Moszkowski et Nordheim [16] pour des transitions $\Delta J = 2$, oui et $Z = 60$, si aucune interdiction supplémentaire ne s'ajoute en raison du passage d'un niveau de particules à un niveau de rotation [17]. Une autre solution possible serait la transition du niveau à 103 keV au niveau à 84 keV ; ceci est difficile à mettre en évidence par détection des rayons γ au spectromètre à scintillations en raison de l'énergie voisine du pic de fuite du rayonnement X de 40 keV ; la raie de conversion L au spectromètre β serait masquée par la queue de la raie γ_{1K} .

Enfin, le photon de 545 keV aboutirait au niveau de 103 keV .

Je tiens à remercier M. le Professeur Joliot pour l'intérêt avec lequel il a suivi ce travail. M. David-Boyer m'a aidé dans le montage du spectromètre. Cette étude a été rendue possible grâce à une allocation du Centre National de la Recherche scientifique et à une subvention accordée au laboratoire par le Commissariat à l'Énergie Atomique.

Manuscrit reçu le 7 décembre 1954.

BIBLIOGRAPHIE.

- [1] MACK J. E. — *Rev. Mod. Physics*, 1950, **22**, 64.
- [2] MAYER M. — *Phys. Rev.*, 1950, **78**, 16.
- [3] HOLLANDER J. M., PERLMAN I. et SEABORG G. I. — *Rev. Mod. Physics*, 1953, **25**, 469.
- [4] MCGOWAN F. K. — *Phys. Rev.*, 1950, **80**, 482.
- [5] MCGOWAN F. K. — *Phys. Rev.*, 1954, **93**, 163.
- [6] LEE M. R. et KATZ R. — *Phys. Rev.*, 1954, **53**, 155.
- [7] GRAHAM R. L. et WALKER J. — *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 1954, **29**, n° 1, p. 57 et Communication privée.
- [8] TEMMER G. M. et HEYDENBURG N. P. — *Phys. Rev.*, 1954, **94**, 1399.
- [9] HUUS. — Communiqué par A. Bohr.
- [10] MARTY N. — *C. R. Acad. Sc.*, 1954, **238**, 2516.
- [11] MARTY N. — Communication à la Société française de Physique, 14 mai 1954.
- [12] SIEGBAHN K. — Volume commémoratif Manne Siegbahn, 1951, p. 199.
- [13] MCGOWAN F. K. — *Phys. Rev.*, 1952, **85**, 1951.
- [14] DRELL S. D. — *Phys. Rev.*, 1949, **75**, 132.
- [15] BOHR A. et MOTTELSON B. R. — *Kgl Danske Vid. Selsk.*, 1952, **27**, n° 16.
- [16] MAYER M. G., MOSZKOWSKI S. A. et NORDHEIM L. W. — *Rev. Mod. Physics*, 1951, **23**, 315.
- [17] ALAGA, ALDER, BOHR et MOTTELSON. — Intensity rules for nuclear β and γ transitions to rotational states, Communication avant publication.