Détermination expérimentale du rapport isomérique du ^{136}I dans la fission thermique et par neutrons de 3 MeV de ^{235}U

Ch. Hamelin, J. Crançon, J. Blachot, G. Lhospice, J.P. Bocquet, A. Moussa

► To cite this version:

Ch. Hamelin, J. Crançon, J. Blachot, G. Lhospice, J.P. Bocquet, et al.. Détermination expérimentale du rapport isomérique du ^{136}I dans la fission thermique et par neutrons de 3 MeV de ^{235}U . Journal de Physique Lettres, 1980, 41 (9), pp.223-225. 10.1051/jphyslet:01980004109022300 . jpa-00231765

HAL Id: jpa-00231765

<https://hal.science/jpa-00231765>

Submitted on 1 Jan 1980

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.

Classification
Physics Abstracts
25.85

Détermination expérimentale du rapport isomérique du ^{136}I dans la fission thermique et par neutrons de 3 MeV de ^{235}U

Ch. Hamelin (*), J. Crançon, J. Blachot, G. Lhospice, J. P. Bocquet (*) et A. Moussa (*)

Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble, Département de Recherche Fondamentale,
Laboratoire de Chimie Physique Nucléaire, 85X, 38041 Grenoble Cedex, France

(Reçu le 17 décembre 1979, révisé le 14 février, accepté le 18 mars 1980)

Résumé. — Les rendements de fission des 2 isomères de ^{136}I ont été mesurés dans la fission de ^{235}U (n. therm. f) et ^{235}U (n. 3 MeV, f). Ces résultats ont été obtenus par spectrométrie γ (Ge-Li) sans séparation chimique. Le rapport isomérique :

$$Y_{I_{136\text{I}}(45\text{s})}/Y_{I_{136\text{I}}(45\text{s})} + Y_{I_{136\text{I}}(83\text{s})}$$

est respectivement de : $0,55 \pm 0,05$ (n. therm.) et $0,66 \pm 0,07$ (n. 3 MeV). On en déduit des valeurs du moment angulaire moyen (J_{RMS}) respectivement égales à $5,9 \pm 0,4 \hbar$ et $7,0 \pm 1,0 \hbar$.

Abstract. — Fission yields of two ^{136}I isomers have been measured in the fission of ^{235}U (n. therm. f) and ^{235}U (n. 3 MeV, f). The results were obtained from γ spectrometry (Ge-Li) gross spectra. The isomeric ratio :

$$Y_{I_{136\text{I}}(45\text{s})}/Y_{I_{136\text{I}}(45\text{s})} + Y_{I_{136\text{I}}(83\text{s})}$$

is respectively : 0.55 ± 0.05 (n. therm.) and 0.66 ± 0.07 (n. 3 MeV). J_{RMS} values of : $5.9 \pm 0.4 \hbar$ and $7.0 \pm 1.0 \hbar$ are deduced.

1. Introduction. — La détermination expérimentale du rapport de production individuelle de deux isomères (rapport isomérique) dans les produits de fission permet de calculer le moment angulaire moyen des fragments formés. Ce moment angulaire fournit des informations sur l'évolution du noyau fissionnant du point selle à la configuration de scission [1, 2]. La variation de ce rapport en fonction de l'énergie d'excitation du noyau fissionnant peut donner des renseignements sur l'augmentation du moment angulaire moyen, or il n'existe que très peu de données expérimentales à ce sujet.

Nous montrons ici, par une méthode radiochimique appropriée, comment il est possible de déterminer le rapport isomérique de ^{136}I pour la fission thermique de ^{235}U et comment varie ce rapport lorsqu'on augmente de 3 MeV l'énergie d'excitation du noyau fissile.

2. Technique expérimentale. — On dispose à l'heure actuelle de renseignements très complets sur les

schémas de désintégrations de la plupart des produits de fission de période radioactive supérieure à 1 s [3]. Dans de nombreux cas, la spectrométrie γ directe permet de mesurer aisément les rendements individuels (Y_i) ou cumulatifs (Y_c) de production de ces isotopes sans séparation chimique préalable [4].

Nous avons utilisé une installation de pneumatique rapide reliée soit à un canal du réacteur MELUSINE fournissant un faisceau externe de neutrons thermiques, soit à un générateur de neutrons de 3 MeV produits par réaction (d, D) à l'aide d'un accélérateur électrostatique SAMES. L'ensemble est décrit en détail par ailleurs [5]. Il permet, par séquences programmables, d'effectuer automatiquement des acquisitions de spectres γ à intervalles de temps successifs. Il est ainsi possible de suivre l'évolution temporelle de l'activité des produits de fission de période radioactive aussi courte que 1-2 s. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un détecteur Ge/Li de bonnes performances (24 % d'efficacité, 2,1 keV de FWHM pour la raie de 1 332 keV du ^{60}Co) relié à un analyseur multicanaux (Multi 20 INTERTECHNIQUE) travaillant en mode multispectre. Les corrections de

(*) Université Scientifique et Médicale de Grenoble.

temps mort sont minutieusement faites en utilisant un pulseur stabilisé en amplitude.

Les surfaces des raies γ sont déterminées à l'aide du programme SPECFIT [6].

3. Principe de la méthode. — On mesure l'activité d'une raie γ suffisamment abondante dans le spectre dont l'énergie se trouve être bien différenciée vis-à-vis des autres produits de fission et qui est favorisée par le choix de la séquence fixant le temps d'irradiation et le temps de refroidissement de l'échantillon.

Dans le cas présent, nous nous sommes intéressés à la raie γ de $^{136m}\text{I}^{(6-)}$ d'énergie 381,3 keV dont l'intensité absolue représente 99,8 % des désintégrations et la raie γ d'énergie 1 321 keV spécifique de $^{136f}\text{I}^{(2-)}$ et dont l'intensité absolue est 25,10 % [7].

Ces activités sont comparées à celle d'une raie γ d'un isotope situé en bout de chaîne dont le rendement cumulé est très voisin du rendement de la chaîne. L'évolution radioactive de la masse 136 peut être schématisée comme suit :

la transition isomérique n'ayant jamais été observée dans l'iode, on peut considérer que la mesure du rendement ^{136m}I est une mesure directe de sa formation individuelle dans la fission [7]. De plus, suivant les séquences choisies en temps, on a pu :

a) Accéder à la détermination du rendement cumulé (Y_c) de ^{136f}I en attendant que la filiation $\text{Te} \rightarrow \text{I}$ soit complète ; on a la relation :

$$Y_{c\text{Te}} + Y_{i\text{If}} = Y_{c\text{If}}. \quad (3.1)$$

Les rendements cumulatifs de ^{144}La (raie γ de 397 keV) et ^{145}Ce (raie γ de 723,6 keV) ont servi à normaliser les rendements.

b) Suivre l'évolution temporelle de la raie γ de 1 321,1 keV, dont l'activité peut s'écrire comme suit [4] :

$$\frac{A(1\,321\,\text{keV})}{f_{\text{Te}}} = Y_{c\text{Te}} + Y_{i\text{If}} \frac{f_{\text{If}}}{f_{\text{Te}}} \quad (3.2)$$

(f_{Te} , f_{If} étant des fonctions algébriques des temps choisis dans la séquence et des constantes radioactives de Te et If). La normalisation n'est alors pas nécessaire.

En jumelant les relations (3.1) et (3.2) on en déduit $Y_{i\text{If}}$ (voir Fig. 2), donc la valeur du rapport isomérique.

4. Résultats. — **4.1 FISSION THERMIQUE DE ^{235}U .** — La figure 1 montre la bonne sélectivité des raies γ

Fig. 1. — Décroissance radioactive des isomères de ^{136}I .

[Radioactive decays of ^{136}I isomers.]

choisies de 381,3 et 1 321,1 keV dont la décroissance radioactive vérifie les périodes bien établies de 45 ± 1 s et 83 ± 1 s respectivement [7]. Le tableau I résume la valeur des rendements obtenus qui sont en accord avec Meek et Rider [8].

Fig. 2. — Détermination du rapport $Y_{c\text{Te}}/Y_{i\text{If}}$ par la méthode des moindres carrés.

[Determination of the ratio of $Y_{c\text{Te}}/Y_{i\text{If}}$ by the least-squares method.]

Tableau I.

	Ce travail	Référence [8]
$Y_{i_{lm}}$	$(1,89 \pm 0,05) \%$	$(1,51 \pm 0,24) \%$
$Y_{c_{lf}}$	$(3,02 \pm 0,16) \%$	$(3,81 \pm 0,87) \%$
$\frac{Y_{c_{Te}}}{Y_{i_{lf}}}$	$0,92 \pm 0,03$	$0,69 \pm 0,36$

On en déduit une valeur du rapport isomérique :

$$R = \frac{Y_{i_{lm}}}{Y_{i_{lm}} + Y_{i_{lf}}} = 0,55 \pm 0,05 .$$

4.2 FISSION PAR NEUTRONS DE 3 MeV DE ²³⁵U. — En opérant de la même manière que ci-dessus, mais en utilisant des échantillons de 100 mg d'oxyde d'uranium (enrichi à 97,68 % en ²³⁵U) compte tenu du plus faible flux, on obtient les résultats rassemblés ci-dessous :

$$\begin{aligned} Y_{i_{lm}} &= (2,58 \pm 0,09) \% \\ Y_{c_{lf}} &= (2,20 \pm 0,17) \% \\ \frac{Y_{c_{Te}}}{Y_{i_{lf}}} &= 0,66 \pm 0,03 \end{aligned}$$

on en déduit le rapport isomérique :

$$R = 0,66 \pm 0,07 .$$

5. **Discussion.** — A l'aide du formalisme développé par Vandenbosch et Huizenga [1] et des équations explicitées par Madland et England [9], les rapports isomériques donnés ci-dessus sont convertis en moment angulaire moyen J_{RMS} . Ce formalisme s'applique quand la différence d'énergie entre les deux niveaux isomériques est faible (ici 150 keV [7]) et celle des spins grande (6^- et 2^- , [7]).

Dans ces conditions, on obtient :

$$\text{fission thermique : } J_{RMS} = 5,9 \pm 0,4 \hbar$$

$$\text{fission à 3 MeV : } J_{RMS} = 7,0 \pm 1,0 \hbar .$$

Notre valeur de J_{RMS} pour la fission par neutrons thermiques est en bon accord avec celle obtenue par Sarantites *et al.* [10] à partir des rapports isomériques du ¹³¹Te et ¹³³Te et se situe dans les limites données par Madland et England ($5 < J_{RMS} < 8$) [9].

Malgré les incertitudes expérimentales, J_{RMS} semble augmenter avec l'énergie d'excitation du noyau fissionnant. Ce résultat devra être confirmé par la mesure d'autres rapports isomériques sur ²³⁵U et sur d'autres systèmes fissionnants (²³⁸U et ²³²Th).

Bibliographie

[1] VANDENBOSCH, R., HUIZENGA, J. R., *Nuclear Fission* (Academic Press, New York and London) 1973.

[2] DENSCHLAG, H. O. *et al.*, *Symposium International sur la physique et la chimie de la fission*. Jülich 10/14 mai 1979, IAEA-SM/241 Fg.

[3] BLACHOT, J. et FICHE, C., *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, Volume 20, n° 3, septembre 1977.

[4] THIENS, H. *et al.*, *Nucl. Instrum. Methods* 134 (1976) 299.

[5] CRANÇON, J. *et al.*, à paraître.

[6] BLOK, H. P. *et al.*, *Nucl. Instrum. Methods* 128 (1975) 545.

[7] PEKER, L. K., *Nucl. Data Sheets* 26 (1979) 473.

[8] MEEK, M. E., RIDER, B. F., NEDO 12154 (1977).

[9] MADLAND, D. G. et ENGLAND, T. R., Rapport LA-6595-MS (Los Alamos, Université California).

[10] SARANTITES, D. G. *et al.*, *Phys. Rev. B* 138 (1965) 353.