



**HAL**  
open science

**Propriétés statistiques de l'interaction des neutrons de résonance avec les noyaux moyens et lourds. - II. Etude des largeurs de diffusion pour les noyaux cibles de spin  $1/2$**

G. Bianchi, J. Colmin, C. Corge, V.-D. Huynh, J. Julien, J. Morgenstern, F. Netter, M. Vastel

► **To cite this version:**

G. Bianchi, J. Colmin, C. Corge, V.-D. Huynh, J. Julien, et al.. Propriétés statistiques de l'interaction des neutrons de résonance avec les noyaux moyens et lourds. - II. Etude des largeurs de diffusion pour les noyaux cibles de spin  $1/2$ . Journal de Physique, 1963, 24 (11), pp.994-996. 10.1051/jphys:019630024011099400 . jpa-00205703

**HAL Id: jpa-00205703**

**<https://hal.science/jpa-00205703>**

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.

## PROPRIÉTÉS STATISTIQUES DE L'INTERACTION DES NEUTRONS DE RÉSONANCE AVEC LES NOYAUX MOYENS ET LOURDS.

### II. ÉTUDE DES LARGEURS DE DIFFUSION POUR LES NOYAUX CIBLES DE SPIN 1/2.

Par G. BIANCHI, J. COLMIN, C. CORGE, V.-D. HUYNH, J. JULIEN, J. MORGENSTERN, F. NETTER et M. VASTEL,

Centre d'Études Nucléaires de Saclay, Seine-et-Oise.

**Résumé.** — L'étude à haute résolution (0,5 nanoseconde/mètre) des résonances de l'yttrium jusqu'aux énergies de neutrons de 30 keV a permis de démontrer que la résonance à 2 597 eV est un doublet et probablement aussi la résonance à 11 570 eV. La dépendance éventuelle de la fonction densité avec le spin  $J$  des résonances est discutée. Le nombre de résonances étudiées ne permet pas de conclure pour Y. Les résultats concernant Pt et Tm sont en accord avec la dépendance classique en  $(2J + 1)$ .

**Abstract.** — A high resolution (0,5 nanosecond/metre) study 30 keV neutron energy of Y resonances give evidence for the resonance at 2 597 keV being a doublet and probably also the resonance at 11 570 eV. The possibility of a correlation between the strength function and the spin  $J$  of the resonances is discussed. The number of resonances studied does not allow any conclusion for Y. Results relative to Pt and Tm are in agreement with the classical dependence in  $(2J + 1)$ .

**Étude de la transmission de  $^{89}\text{Y}$ .** — Un accroissement sensible de la résolution (0,5 nanoseconde/mètre) a permis dans le domaine des énergies de neutrons de 500 eV à 70 keV de mettre en évidence de nouvelles résonances et de procéder à l'analyse des plus notables pour des énergies inférieures à 20 keV. L'anomalie des fortes valeurs de  $\Gamma_n^0$  [1] pour l'état de spin  $J = 0$  pouvait être due au petit nombre de résonances étudiées et il importait de le vérifier.

Tout d'abord la résonance de 2 597 keV s'avéra être un doublet (*fig. 1*) dont les composantes distantes de 10 eV semblent être de spins différents.

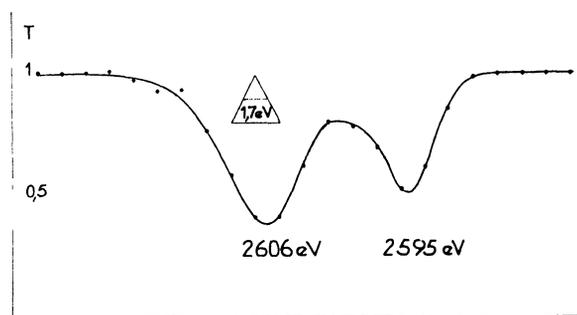


FIG. 1. — Transmission de Y.

Notons que pour la plupart de ces résonances, la largeur de diffusion  $\Gamma_n$  est pratiquement égale à la largeur totale  $\Gamma$ , ce qui entraîne la connaissance de la valeur  $\sigma_0$  si celle de  $J$  est connue. L'allure des résonances correspondant aux valeurs de  $J = 0$  ou  $J = 1$  est très différente. La figure 2 représente la courbe théorique (effets Doppler et

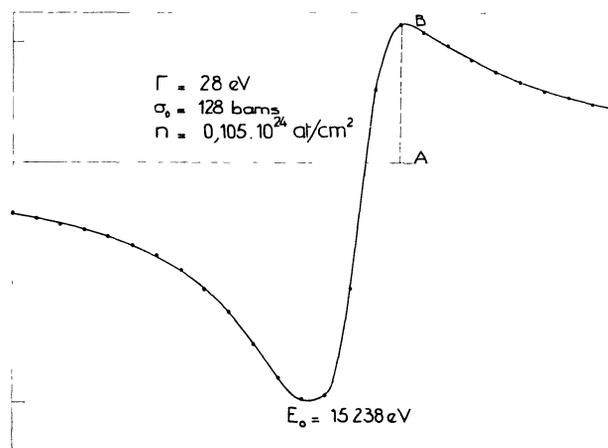


FIG. 2.

de résolution inclus) adaptant à partir des valeurs expérimentales la courbe de transmission de la résonance de 15 240 eV. La position et la grandeur du segment AB sont, si l'effet de résolution ne prédomine pas, caractéristiques des paramètres  $2kR$  et  $n\sigma_0$  de la formule classique donnant la section efficace.

La valeur du spin  $J = 0$  a été confirmée pour la résonance de 7 500 eV. Pour la résonance située à 11 570 eV, la valeur du minimum de transmission déduite à partir de plusieurs écrans minces, ne permettrait pas d'attribuer la valeur  $J = 0$ . Cependant les courbes expérimentales obtenues avec deux écrans épais ( $10^{-24} N = 0,05$  et  $0,1$  atome) sont bien adaptées avec la largeur  $\Gamma = 80$  eV et le spin  $J = 0$ . On conçoit donc qu'avec une moins

bonne résolution, on ait pu attribuer le spin  $J = 0$  à une seule résonance située à cette énergie. Une explication possible serait la proximité d'une résonance  $J = 1$  distante d'environ 10 eV de la résonance à 11 570 eV et présentant une valeur  $\Gamma \sim 7$  eV. Cette hypothèse expliquerait les valeurs expérimentales du minimum de transmission (une résonance voisine  $J = 0$  ne pourrait les justifier) et le voisinage de cette faible résonance ne perturberait pas l'allure de la résonance pour les écrans épais, allure incompatible si la valeur  $J = 1$  et celle pour  $\Gamma$  déduite de la méthode des aires étaient

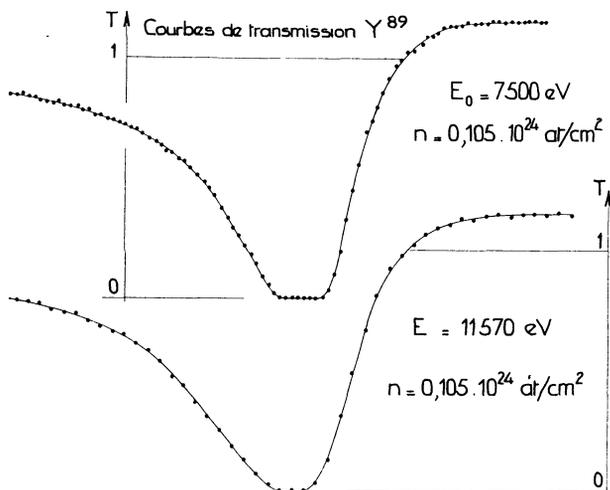


FIG. 3.

retenues. La figure 3 montre la similitude des résonances à 11 570 et 7 500 eV ( $J = 0$ ). Une analyse plus complète de cette résonance sera publiée ultérieurement avec les paramètres du doublet (2 597 eV) et d'autres résonances.

La liste ci-dessous énumère les énergies des résonances mises en évidence :

- 680, 2 597, 2 606, 3 383, 5 716, 7 500, 9 420, 9 750, 10 730, 11 570, 13 000, 13 820, 14 230, 15 240, 20 300, 23 050, 24 180, 24 600, 26 450, 28 200, 29 300, 29 600, 30 010, 42 100, 53 000, 53 700, 55 100, 56 100, 62 400, 65 300, 68 400, 70 300, 76 800 eV.

La figure 4 représente la courbe classique en escalier et qui englobe les deux familles de spin. La résonance de l'aluminium à 35,5 keV perturbe l'étude au voisinage de cette énergie. Le fait que  $\sigma_0$  varie en  $1/E_0$  exige surtout pour les résonances de spin  $J = 0$  des épaisseurs d'écran considérables, et l'effet de résolution ne fait qu'accroître cet inconvénient. Le nombre de résonances omises jusqu'à 30 keV paraît faible.

Le tableau 1 résume nos anciennes valeurs et celles trouvées récemment. L'allure des courbes de transmission tendrait à attribuer la valeur  $J = 1$  aux résonances situées à 9 750, 13 820, 26 450 eV.

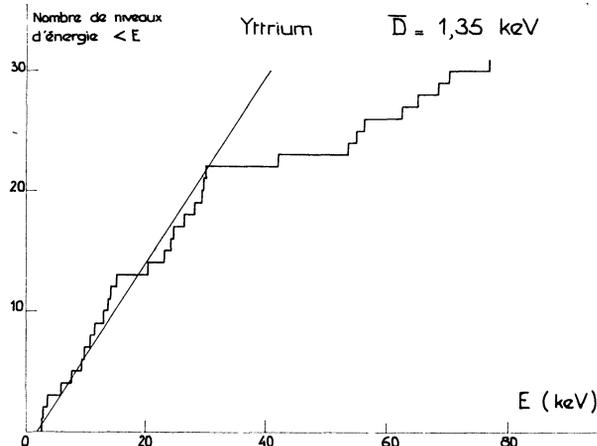


FIG. 4.

TABLEAU I

$Y^{89} + n$

$E_0$ eV	$J$	$\Gamma_n$ (eV)	$\Gamma_n^0$ (eV)
2 597	—	Doublet	—
3 380	0	$1,37 \pm 0,2$	0,024
7 500	0	$57 \pm 5$	0,63
11 570	—	Doublet probable	—
15 240	1	$28 \pm 5$	0,23

Pour beaucoup de résonances citées, la valeur de  $\Gamma$  est très inférieure à celle de la résolution et il est difficile de déduire une valeur de  $\Gamma_n$  correcte. La proximité à 24 keV et 29 keV de plusieurs résonances entraîne une analyse tenant compte d'effets d'interférence. Le fait que la fonction densité « p »  $\langle \Gamma_n^1 \rangle / D$  passe par un maximum vers  $A = 90$  laisse subsister un doute sur la nature des faibles résonances, car notre résolution présente ne permet pas de conclure sur la symétrie ou non symétrie des courbes à l'instar des expériences effectuées pour le zirconium [2].

**Dépendance de la fonction densité selon la valeur du spin.** — La présence de faibles résonances jusqu'à l'énergie de 20 keV ne modifie guère la valeur de la somme des largeurs réduites  $\Sigma \Gamma_n^0$  pour les deux états de spin. Si l'on attribue une valeur  $\Gamma = 80$  eV à la composante  $J = 0$  du doublet supposé à 11 570 eV, on obtient :

$$\begin{aligned} \Sigma \Gamma_n^0 &\sim 1,5 \text{ eV pour } J = 0 \\ &\sim 0,3 \text{ eV pour } J = 1. \end{aligned}$$

Vu le faible nombre de résonances étudiées, on ne peut rien conclure au sujet de la valeur du rapport de ces deux quantités. Le fait que la plupart des résonances connues jusqu'à 30 keV sembleraient être de spin  $J = 1$  pourrait entraîner une variation de ce rapport vers la valeur 3 du rapport des facteurs statistiques, ainsi qu'il a été montré dans le Pt [1].

Le nombre de résonances étudiées ne permet pas de tracer pour un état de spin la courbe de distribution classique des valeurs de  $\Gamma_n^0$  mais il apparaît qu'il faudra un nombre important de faibles et moyennes résonances pour compenser l'effet des deux fortes résonances à 7 500 et 11 570 eV.

L'hypothèse précédemment avancée [1] pour expliquer la valeur anormale de la quantité  $\Sigma\Gamma_n^0$  pour  $J = 0$ , comparée à celle pour  $J = 1$ , ne paraît pas, à la vue des résultats actuels, se justifier dans le cas de l'yttrium. L'analyse de toutes les résonances entre 680 eV et 15 240 eV (16 résonances) indiquerait si dans cet intervalle d'énergie les résonances de spin  $J = 0$  sont favorisées.

La position du niveau  $3s_{1/2}$  pour l'yttrium et de nombreux noyaux [3] est connue. Un calcul théorique [4] donne 30 keV comme distance approximative entre les composantes 0 et 1 de ce niveau. Cet ordre de grandeur peut suggérer que le domaine d'énergie où s'exerce l'influence de la composante 0 d'un autre niveau  $s_{1/2}$  est restreint et pourrait être une explication de la présence de deux intenses résonances  $J = 0$ . Dans ce cas, des résonances intenses avec  $J = 1$  devraient prédominer dans un autre intervalle d'énergie. Un accident statistique peut aussi expliquer un tel comportement. Les résultats expérimentaux ne permettent donc pas d'établir encore la dépendance ou la non dépendance de  $\langle g\Gamma_n^0 \rangle$  en fonction du spin.

L'anomalie constatée dans le Se [1] paraîtrait seule subsister. La valeur  $\Sigma\Gamma_n^0$  pour les résonances avec  $J = 0$  est très supérieure à celle des résonances ayant  $J = 1$ . La valeur moyenne de  $\Gamma_n^0$  est évidemment fonction du nombre de résonances étudiées et cette valeur peut varier en fonction de ce nombre. Une étude avec une résolution accrue et surtout

l'emploi d'isotopes séparés pourrait peut-être révéler l'existence de nouvelles résonances de spin  $J = 1$  et aussi modifier la quantité  $\Sigma\Gamma_n^0$ .

Les noyaux ayant une valeur de spin  $I = 1/2$ , soit  $J = 1$  ou 0 sont ceux permettant le plus aisément de trouver une variation possible de  $\langle g\Gamma_n^0 \rangle$  grâce à la valeur 3 du rapport des facteurs statistiques.

Nous avons donc étudié Tm ( $I = 1/2$ ) dans un domaine d'énergie de 10 eV à 500 eV, en associant aux expériences de transmission des expériences de capture radiative de neutrons pour l'attribution de la valeur du spin. P. P. Singh vient de publier [5] une liste de 20 résonances (de 3 eV à 164 eV) de Tm et l'attribution de la valeur de spin pour la plupart d'entre elles. Il conclut que la fonction densité est indépendante de la valeur du spin, donc que

$$\langle g\Gamma_n^0 \rangle_{J=0} \sim 3 \langle g\Gamma_n^0 \rangle_{J=1}$$

comme nous l'avons déjà montré pour le Pt [1].

La liste ci-dessous énumère les énergies des résonances trouvées (on a volontairement, pour les énergies inférieures à 164 eV, choisi les valeurs de P. P. Singh pour éviter la confusion, excepté pour les quelques nouvelles résonances).

14,5 ; 18 ; 28,8 ; 34,8 ; 38 ; 45 ; 51 ; 59 ; 63 ; 66 ; 83 ; 94 ; 95,5 ; 102 ; 116 ; 125 ; 132 ; 136 ; 154 ; 162 ; 164 ; 189 ; 215 ; 219 ; 230 ; 234 ; 245 ; 252 ; 259 ; 270 ; 282 ; 292 ; 299 ; 309 ; 335 ; 341 ; 365 ; 375 ; 385 ; 390 ; 405 eV.

Il est probable que le plus épais des écrans utilisés ne permettait pas de déceler les résonances au-dessus de 200 eV ayant des faibles valeurs de  $\Gamma_n^0$ . L'espacement moyen  $\langle D \rangle$  des niveaux serait voisin de 9 eV.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] JULIEN (J.), CORGE (C.), HUYNH (V.-D.), MORGENSTERN (J.) et NETTER (F.), *Physics Letters*, 1962, **3**, 67.  
 [2] JULIEN (J.), A paraître.  
 [3] COHEN (B. L.) et PRICE (R. E.), *Nuclear Physics*, 1960, **17**, 129.  
 [4] BARKER (F. C.), *Nuclear Physics*, 1960, **19**, 110.  
 [5] SINGH (P. P.), *B. A. P. S.*, 1963, II-8, n° 4, 358.