

CEA-N-2196

- Note CEA-N-2196 -

FR. 81 00 818

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

**MESURE DE $\bar{\nu}_p$ POUR LA FISSION DE ^{237}Np INDUITE PAR
DES NEUTRONS D'ENERGIE INFERIEURE A 15 MeV**

par

Joël FREHAUT, Robert BOIS, André BERTIN

- Mars 1981 -

CEA-N-2196 - Joël FREHAUT, Robert BOIS, André BERTIN

MESURE DE $\bar{\nu}_p$ POUR LA FISSION DE ^{237}Np INDUITE PAR DES NEUTRONS D'ÉNERGIE E_p INFÉRIEURE À 15 MeV

Sommaire. - Une mesure précise de $\bar{\nu}_p$ pour la fission de ^{237}Np induite par des neutrons d'énergie comprise E_p entre 1,5 et 15 MeV a été réalisée en utilisant la méthode de la chambre à fissions associée à un gros scintillateur liquide chargé au gadolinium. Le signal prompt délivré par le scintillateur liquide a été utilisé pour déterminer en valeur relative la variation de l'énergie moyenne \bar{E}_γ du rayonnement gamma prompt de fission en fonction de l'énergie des neutrons incidents. La corrélation qui a été observée entre les variations de $\bar{\nu}_p$ et de \bar{E}_γ a été interprétée comme une compétition entre l'émission de neutrons et de rayons gamma, directement reliée à une augmentation du moment angulaire moyen des fragments de fission avec l'énergie d'excitation.

1981

11 p.

Commissariat à l'Énergie Atomique - France

CEA-N-2196 - Joël FREHAUT, Robert BOIS, André BERTIN

MEASUREMENT OF $\bar{\nu}_p$ FOR ^{237}Np FISSION INDUCED BY NEUTRONS UP TO 15 MeV INCIDENT ENERGY

Summary - A precise measurement of $\bar{\nu}_p$ for the fission of ^{237}Np induced by neutrons in the energy range from 1.5 up to 15 MeV has been performed by using a fission chamber associated with a large Gd-loaded liquid scintillator. The prompt signal from the liquid scintillator was used to determine the dependency of the prompt fission γ -ray average energy \bar{E}_γ upon the incident neutron energy. A correlation observed between \bar{E}_γ and $\bar{\nu}_p$ is interpreted in terms of a competition between neutron and γ -ray emission connected with an increase of the average angular momentum of fission fragments with excitation energy.

1981

11 p.

Commissariat à l'Énergie Atomique - France

- Note CEA-N-2196 -

DESCRIPTION-MATIÈRE (mots clefs extraits du thesaurus SIDON/INIS)

en français

en anglais

CIBLE NEPTUNIUM 237

NEPTUNIUM 237 TARGET

REACTIONS PAR NEUTRONS

NEUTRON REACTIONS

FISSION

FISSION

NEUTRONS INSTANTANES

PROMPT NEUTRONS

RAYONNEMENT GAMMA INSTANTANE

PROMPT GAMMA RADIATION

DOMAINE 01 - 10 MEV

MEV RANGE 01 - 10

DONNÉES EXPERIMENTALES

EXPERIMENTAL DATA

- Note CEA-N-2196 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

MESURE DE $\bar{\nu}_p$ POUR LA FISSION DE ^{237}Np INDUITE PAR
DES NEUTRONS D'ENERGIE INFERIEURE A 15 MeV

par

Joël FREHAUT, Robert BOIS, André BERTIN

Les mesures de $\bar{\nu}_p$, nombre moyen des neutrons prompts de fission, réalisées au Service P2N sur les principaux isotopes de U et Pu [1,2] ont servi de base à une évaluation semi-empirique de $\bar{\nu}_p$ pour la fission induite par des neutrons d'énergie inférieure à 15 MeV [3]. Cependant la validité de cette évaluation pour les noyaux ayant un nombre de charge Z impair demandait une vérification expérimentale vu l'inexistence de données pour ces noyaux.

Les mesures ont été réalisées sur ^{237}Np en utilisant la technique de la chambre à fission associée à un gros scintillateur liquide chargé au gadolinium [1,2]. La chambre contenait 100 mg de ^{237}Np . L'épaisseur des dépôts était inférieure à 1 mg/cm^2 . Un dépôt de ^{252}Cf placé dans la même chambre a permis de déterminer l'efficacité du scintillateur liquide au cours de la mesure (nous avons adopté la valeur de $\bar{\nu}_p = 3,732$ pour la fission spontanée du ^{252}Cf). Les neutrons incidents ont été produits par les réactions $\pi(p,n)^3\text{He}$ et $D(d,n)^3\text{He}$ à l'aide d'une cible gazeuse et du faisceau du tandem Van de Graaff pulsé à la fréquence de 2,5 MHz. La technique du temps de vol a été utilisée pour éliminer les fissions produites par les neutrons issus de réactions secondaires dans la cible.

D'autre part l'amplitude du signal délivré par le scintillateur liquide et correspondant à la détection du rayonnement gamma prompt de fission a été mesurée et a permis de réaliser une mesure relative de l'énergie moyenne \bar{E}_γ de ce rayonnement gamma prompt en fonction de l'énergie des neutrons incidents.

Les résultats obtenus pour $\bar{\nu}_p$ sont donnés dans le tableau I et sont portés sur la figure 1 en fonction de l'énergie E_n des neutrons incidents. La précision statistique est de l'ordre de 0,6%.

Nous avons également porté sur la même figure les résultats publiés récemment par L. VEESER [4] et qui sont systématiquement plus élevés que les nôtres d'environ 2%. Nous pensons que cette différence est due à une sous-estimation de la contribution du bruit de fond dans la mesure de L. VEESER.

Une excellente représentation de nos résultats expérimentaux est obtenue par 4 segments de droite, à savoir :

$$\begin{array}{ll} E_n \leq 3,5 \text{ MeV} & : \quad \bar{\nu}_p = 0,1415 E_n + 2,5284 \\ 3,5 \text{ MeV} \leq E_n \leq 6,1 \text{ MeV} & : \quad \bar{\nu}_p = 0,1714 E_n + 2,4222 \\ 6,1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 12,2 \text{ MeV} & : \quad \bar{\nu}_p = 0,1544 E_n + 2,5264 \\ E_n \geq 12,2 \text{ MeV} & : \quad \bar{\nu}_p = 0,1200 E_n + 2,9449 \end{array}$$

Les changements de pente à 6,1 MeV et à 12,2 MeV correspondent respectivement à l'apparition des réactions (n,n'f) et (n,2nf). Le changement de pente à 3,5 MeV, observé également sur d'autres noyaux [1], n'a pas reçu jusqu'à présent d'interprétation satisfaisante.

Une représentation plus globale de nos résultats peut être obtenue avec une précision de $\pm 1\%$ par une seule droite d'équation :

$$\bar{\nu}_p = 2,509 + 0,1545 E_n$$

D'autre part, les résultats expérimentaux confirment à $\pm 2\%$ la validité de l'évaluation semi-empirique [3] qui prévoit pour ^{237}Np une droite d'équation :

$$\bar{\nu}_p = 2,549 + 0,1465 E_n$$

Sur la figure 2, nous avons porté la variation de la valeur moyenne de l'énergie totale \bar{E}_γ emportée par les rayons gamma prompts de fission en fonction de l'énergie E_n des neutrons incidents, ainsi que la section efficace de fission. En dessous du seuil de la réaction (n,n'f), on remarque que \bar{E}_γ varie linéairement avec E_n . Au voisinage du seuil de la réaction (n,n'f), entre 5,5 et 8 MeV, les résultats font apparaître un plateau.

Entre 8 et 14 MeV, \bar{E}_γ croit de nouveau linéairement avec E_n , puis un second plateau s'esquisse au-delà de 14 MeV, quand apparaît la réaction (n,2nf).

Ces résultats peuvent s'interpréter à partir de la compétition entre l'émission de neutrons et de rayons gamma au cours de la désexcitation

des fragments de fission. La combinaison des résultats obtenus pour $\bar{\nu}_p$ et \bar{E}_γ en dessous du seuil de la réaction (n,n'f) permet de déduire que $\bar{E}_\gamma = 0,90 \bar{\nu}_p + 4,40$ (MeV). La quantité 4,40 MeV correspond à l'énergie gamma prévue par les théories statistiques. Cependant les neutrons de fission sont évaporés avec une énergie relativement faible (~ 2 MeV) et de ce fait ils ne réduisent pas de façon importante le spin des fragments. En fin de désexcitation les fragments se retrouvent avec un moment angulaire relativement élevé et la probabilité d'émission de rayons gamma devient importante, même si l'émission d'un neutron est encore énergétiquement possible. La relation linéaire qui existe entre \bar{E}_γ et $\bar{\nu}_p$ traduit une augmentation de la valeur moyenne du spin des fragments avec l'énergie d'excitation.

Au cours d'une réaction (n,n'f), une partie de l'énergie d'excitation du noyau composé est emmenée par le neutron évaporé avant la fission. Les fragments de fission émettent donc moins de neutrons et d'énergie gamma. Cela explique le plateau observé pour \bar{E}_γ dans la région comprise entre 5,5 et 8 MeV où la réaction (n,n'f) intervient (figure 2). Le phénomène est nettement moins perceptible pour $\bar{\nu}_p$ car le neutron émis avant fission ne peut pas être distingué expérimentalement des neutrons de fission et il contribue donc à la valeur observée de $\bar{\nu}_p$. Un processus similaire se reproduit vers 14 MeV lorsque la voie (n,2nf) s'ouvre.

REFERENCES

- [1] - M. SOLEILHAC, J. FREHAUT, J. GAURIAU, *J. Nucl. Energy* 33 (1969) 257.
- [2] - J. FREHAUT, G. MOSINSKI, R. BOIS, M. SOLEILHAC, *Rapport CEA-R-4626* (1974).
- [3] - R. BOIS, J. FREHAUT, *Rapport CEA-R-4791* (1976).
- [4] - L. VEESER, *Phys. Rev. C17* (1978) 385.

Manuscrit reçu le 15 janvier 1981

TABLEAU I

Valeurs de $\bar{\nu}_p$ pour la fission de ^{237}Np induite
par des neutrons d'énergie inférieure à 15 MeV

E_n (MeV)	$\pm \Delta E_n$ (MeV)	$\bar{\nu}_p$	$\Delta \bar{\nu}_p$
1,143	0,240	2,7058	0,0206
1,734	0,194	2,7594	0,0196
2,299	0,163	2,8424	0,0224
2,846	0,143	2,9320	0,0220
3,382	0,128	3,0152	0,0245
3,912	0,115	3,0843	0,0242
4,435	0,106	3,1932	0,0251
4,952	0,102	3,2724	0,0253
5,472	0,093	3,3682	0,0254
5,990	0,085	3,4371	0,0253
6,502	0,080	3,5360	0,0284
6,030	0,335	3,4512	0,0230
6,612	0,285	3,5597	0,0217
7,167	0,250	3,6210	0,0212
7,706	0,225	3,7084	0,0217
8,233	0,205	3,7849	0,0233
8,750	0,185	3,8818	0,0252
9,259	0,170	3,9882	0,0249
9,766	0,160	4,0290	0,0316
10,265	0,150	4,1208	0,0285
10,762	0,140	4,1794	0,0275
11,257	0,135	4,2869	0,0321
11,748	0,125	4,3637	0,0387
12,237	0,120	4,4184	0,0321
12,724	0,115	4,4694	0,0335
13,208	0,110	4,5239	0,0306
13,692	0,105	4,5856	0,0329
14,175	0,100	4,6548	0,0367
14,656	0,095	4,7018	0,0469

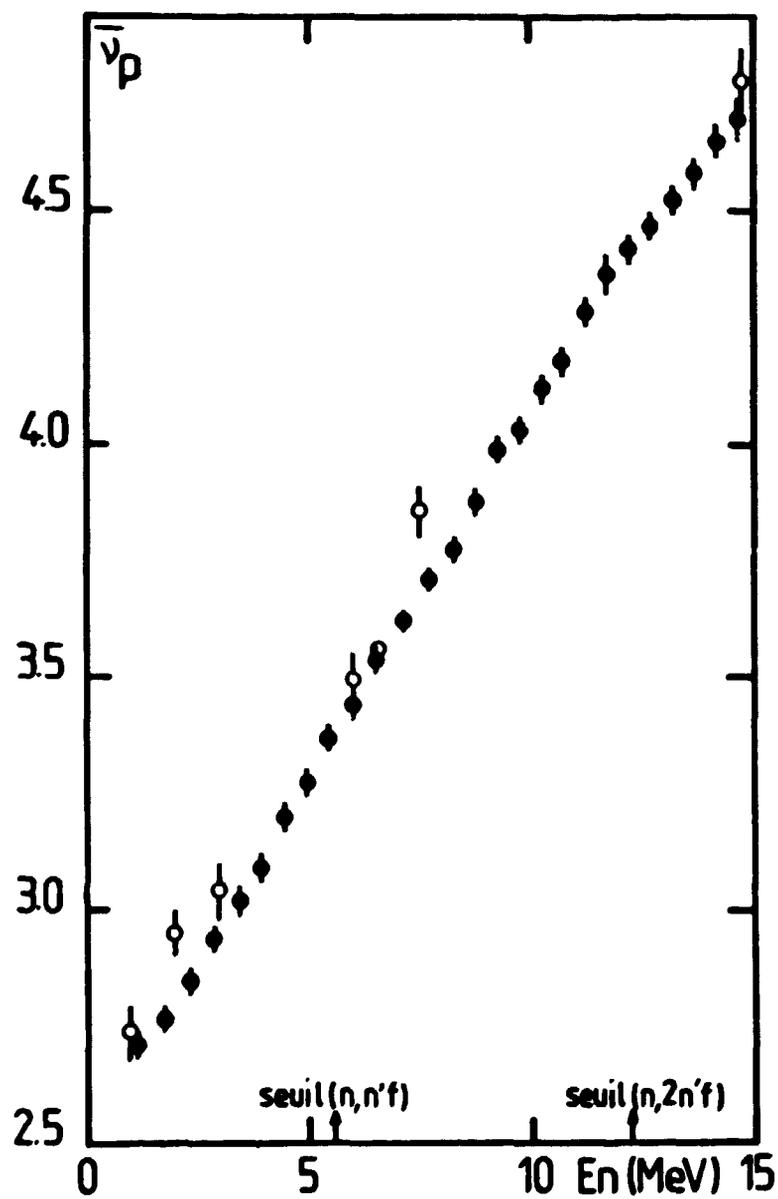


FIGURE 1

Variation du nombre moyen $\bar{\nu}_p$ de neutrons prompts pour la fission de ^{237}Np induite par des neutrons d'énergie inférieure à 15 MeV.

● notre mesure, ○ Réf. [4].

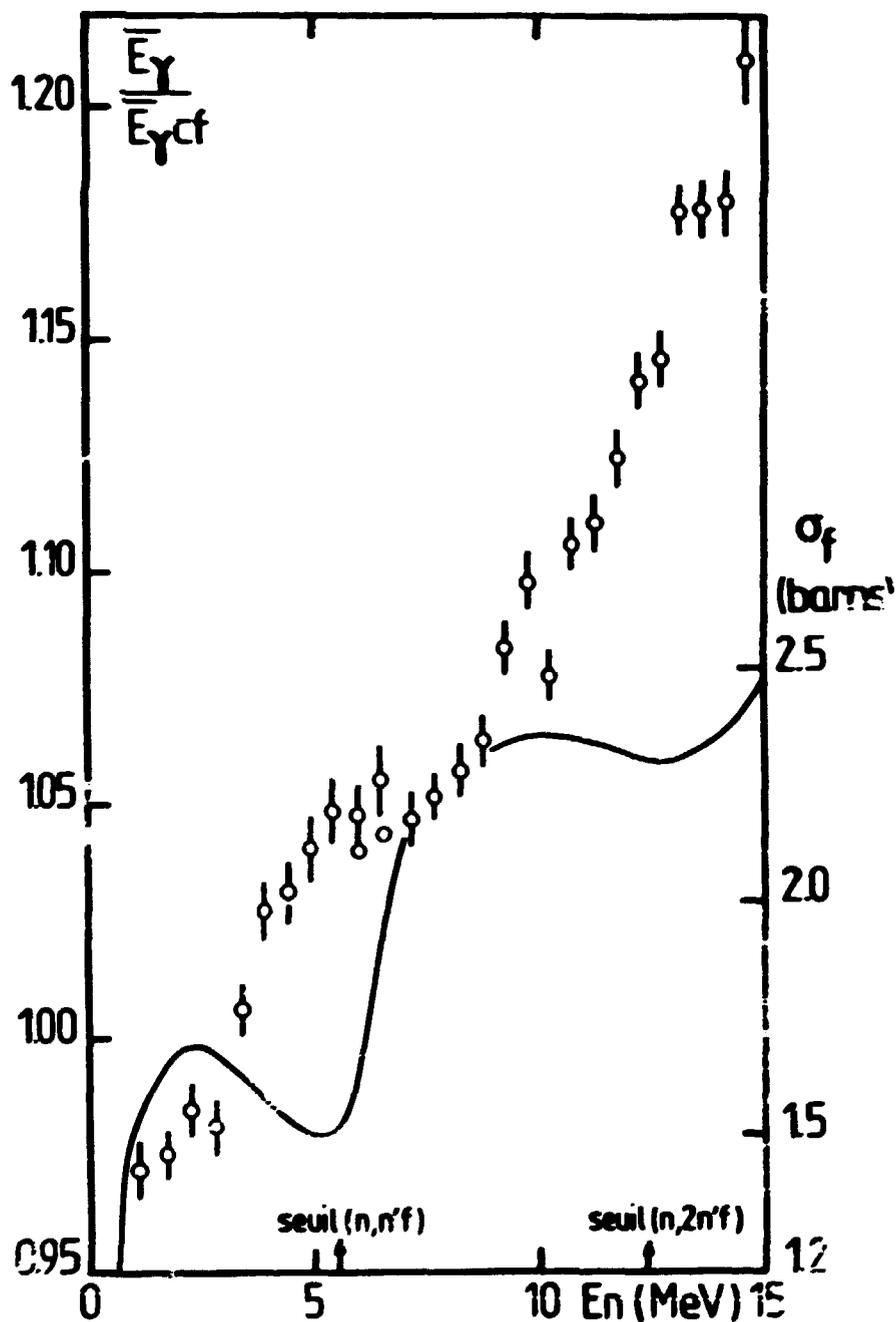


FIGURE 2

Variation de l'énergie gamma prompte de fission \bar{E}_γ et de la section efficace pour la fission de ^{237}Np induite par des neutrons d'énergie inférieure à 15 MeV. Les valeurs de \bar{E}_γ sont données par rapport à l'énergie gamma prompte $\bar{E}_{\gamma cf}$ pour la fission spontanée du ^{252}Cf .

Edité par
le Service de Documentation
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
91191 GIF-sur-YVETTE Cédex (France)