

CEA-N-1998

FR 7800166

- Note CEA-N-1998 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

**MESURE DE LA SECTION EFFICACE ($n, 2n$) DES ISOTOPES ^{203}TI ET ^{205}TI
DU SEUIL A 15 MeV**

par

Joël FREHAUT, Elizabeta HOLUB, Michael CATES, Gilbert MOSINSKI

- Novembre 1977 -

Note CEA-N-1998

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

en français

SECTIONS EFFICACES
REACTIONS PAR NEUTRONS
DOMAINE 01 - 10 MeV
DOMAINE 10 - 100 MeV
FLUX DE NEUTRONS
NEUTRONS
CIBLE THALLIUM 203
CIBLE THALLIUM 205
METHODES DE MESURE
DETECTION DES NEUTRONS

en anglais

CROSS SECTIONS
NEUTRON REACTIONS
MeV RANGE 01 - 10
MeV RANGE 10 - 100
NEUTRON FLUX
NEUTRONS
THALLIUM 203 TARGET
THALLIUM 205 TARGET
MEASURING METHODS
NEUTRON DETECTION

- Note CEA-N-1998 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

MESURE DE LA SECTION EFFICACE (n, 2 n) DES ISOTOPES ^{203}Ti ET ^{205}Ti
DU SEUIL A 15 MeV

par

Joël FREHAUT, Elizabeth HOLUB, Michael CATES, Gilbert MOSINSKI

CEA-N-1998 - FREHAUT Joël, HOLUB Elizabeta, CATES Michael,
MOSINSKI Gilbert.

MESURE DE LA SECTION EFFICACE (n,2 n) DES ISOTOPES ^{203}Tl ET ^{205}Tl DU SEUIL
A 15 MeV.

Sommaire.- Les sections efficaces (n,2 n) des isotopes ^{203}Tl et ^{205}Tl ont été mesurées du seuil à 15 MeV par la méthode du gros scintillateur liquide en utilisant l'accélérateur tandem Van de Graaff de 14 MeV de Bruyères-le-Châtel comme source pulsée de neutrons. Ces sections efficaces ont été normalisées sur la section efficace de fission de ^{238}U ; leur précision relative est de 5 à 10 %.

1977

13 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France.

CEA-N-1998 - FREHAUT Joël, HOLUB Elizabeta, CATES Michael,
MOSINSKI Gilbert.

(n,2 n) CROSS SECTIONS OF ^{203}Tl AND ^{205}Tl ISOTOPES FROM THRESHOLD
TO 15 MEV.

Summary.- The (n,2 n) cross-sections for ^{203}Tl and ^{205}Tl have been measured from the threshold up to 15 MeV incident neutron energy, using the large Gd-loaded liquid scintillator method and the 14 MeV tandem Van de Graaff accelerator of Bruyères-le-Châtel as a pulsed neutron source. The (n,2 n) cross-sections have been normalized to the fission cross-section of ^{238}U ; they are obtained with a relative accuracy of 5 to 10%.

1977

13 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France.

I - INTRODUCTION

La méthode du gros scintillateur liquide chargé au gadolinium est utilisée depuis plusieurs années au Service de Physique Nucléaire du Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel pour la mesure des sections efficaces $(n, 2n)$ et $(n, 3n)$ [1,2]. Elle repose sur la détection des neutrons émis pour identifier une réaction $(n, 2n)$ ou $(n, 3n)$. Elle peut dès lors être utilisée pour tout isotope séparé disponible en quantité suffisante (10 à 15 g). De ce fait, elle est très utile pour l'étude des sections efficaces $(n, 2n)$ de séries d'isotopes. De telles mesures sont en effet généralement impossibles par la méthode classique de l'activation, car la plupart des noyaux résiduels sont stables ou ont des périodes trop longues pour qu'une mesure d'activité soit envisageable. D'autre part, la méthode du gros scintillateur liquide, contrairement à la méthode par activation, ne demande pas la connaissance du schéma de désintégration du noyau résiduel. Elle évite donc toutes les incertitudes liées à la précision de ces schémas et permet d'obtenir de très bonnes mesures relatives.

Le but de cette note est de présenter les résultats expérimentaux que nous avons obtenus pour la section efficace $(n, 2n)$ des isotopes ^{203}Tl et ^{205}Tl du seuil de réaction à 15 MeV. Dans une publication ultérieure, ces résultats seront associés à ceux obtenus au laboratoire de Los Alamos [3] à plus haute énergie (15 à 23 MeV) en utilisant la même technique de mesure, et une étude complète des sections efficaces $(n, 2n)$ et $(n, 3n)$ de ces deux isotopes sera présentée.

II - METHODE DE MESURE

Le principe de la mesure, le dispositif expérimental et les différentes corrections ont déjà été décrits en détail [1,2]. Nous n'en donnerons ici qu'un bref résumé.

L'expérience repose sur deux propriétés du détecteur de neutrons, un gros scintillateur liquide chargé au gadolinium :

- 1 - une efficacité élevée pour la détection des neutrons ($\sim 75\%$)
- 2 - un temps de vie relativement long pour les neutrons dans le scintillateur avant la détection du rayonnement gamma qui accompagne leur capture par un noyau de gadolinium.

Une réaction $(n, 2n)$ peut alors être identifiée par la présence de deux impulsions distinctes à la sortie du scintillateur dans les 30 μ s qui suivent la réaction.

II.1 - Détection des réactions $(n, 2n)$

Un échantillon d'environ 15 g est placé au centre du scintillateur et irradié par un faisceau de neutrons collimaté (fig. 1 a).

Les neutrons incidents sont produits par la réaction $D(d,n)^3\text{He}$ en utilisant une cible gazeuse et le faisceau de deutérons du Tandem Van de Graaff de 14 MeV pulsé à la fréquence de 2,5 MHz (largeur de bouffée ~ 2 ns). Un déflecteur électrostatique permet de ne conserver que trois pulsations toutes les 60 μ s. Après chaque groupe de trois bouffées de neutrons, on compte les impulsions en provenance du scintillateur liquide pendant un temps de 30 μ s (Fig. 1 b). Les données expérimentales sont constituées par la distribution du nombre d'événements où n impulsions ont été comptées ($0 \leq n \leq 15$). Elles subissent plusieurs corrections :

- une correction de bruit de fond, pour éliminer le bruit de fond propre du scintillateur liquide. Celui-ci est mesuré lorsque l'accélérateur est arrêté, en ouvrant de façon récurrente la porte de comptage de 30 μ s.
- une correction pour le temps mort de la chaîne de détection des neutrons (170 ns)
- une correction d'efficacité. L'efficacité de détection des neutrons ($\sim 75\%$) est déterminée par rapport au nombre moyen $\bar{v}_p$ de neutrons prompts pour la fission spontanée du ^{252}Cf . La valeur ainsi obtenue est ensuite corrigée pour tenir compte de la différence entre le spectre en énergie des neutrons de fission et celui des neutrons de réaction $(n, 2n)$ [2].

Cette correction de la valeur de l'efficacité a une incidence sur la valeur des sections efficaces $(n, 2n)$ qui varie de - 12,5 % au voisinage du seuil de la réaction $(n, 2n)$ à - 6 % à 15 MeV pour les isotopes du Thallium.

- une correction pour tenir compte de la possibilité que 2 réactions de diffusion élastique ou inélastique se produisent à la même bouffée de neutrons incidents. Les deux neutrons diffusés sont alors détectés de la même façon que dans le cas d'une réaction $(n, 2n)$.

Après ces différentes corrections, on obtient la distribution du nombre d'événements où 0, 1 ou 2 neutrons ont été émis (pas de réaction, diffusion élastique ou inélastique, réaction $(n, 2n)$). Pour les isotopes du Thallium, on n'observe pas d'événement où plus de 2 neutrons sont émis pour des énergies de neutrons incidents inférieures ou égales à 15 MeV.

II. 2 - Détermination de la section efficace $(n, 2n)$

Une mesure relative du flux de neutrons incidents permet de normaliser les sections efficaces mesurées sur une section efficace de référence. Aucune section efficace $(n, 2n)$ n'est connue avec une précision suffisante pour servir de référence et nous avons donc choisi la section efficace de fission de ^{238}U pour notre normalisation. Dans le cas de la mesure avec un échantillon de ^{238}U , la distribution du nombre d'événements où $n \geq 4$ neutrons sont émis correspond uniquement à la contribution de la fission (le seuil de réaction $(n, 3n)$ est inférieur à 15 MeV pour ^{238}U). La comparaison de cette distribution avec les probabilités $P(\nu)$ d'émission de ν neutrons par fission, qui ont été mesurées par ailleurs [4], permet de déduire le nombre de fissions qui se sont produites au cours de l'expérience.

II. 3 - Mesure relative du flux de neutrons incidents

Les neutrons incidents, dans la gamme d'énergie 8-15 MeV sont produits à partir de la réaction $\text{D}(d, n)^3\text{He}$. La mesure relative de flux est réalisée à l'aide d'un scintillateur liquide associé à un photomultiplicateur rapide, placés 1,5 mètres derrière l'échantillon, dans l'axe du collimateur (Fig. 1a). Le système de pulsation adopté (§ II. 1) permet, en utilisant la technique du temps de vol, de séparer les neutrons monoénergétiques de la réaction $\text{D}(d, n)^3\text{He}$, les seuls qui peuvent induire des réactions $(n, 2n)$, des neutrons de plus basse énergie (réaction de cassure du deutéron ou "break-up", réaction (d, n) sur les matériaux de la cible). On obtient ainsi une excellente mesure relative du flux de neutrons incidents.

Dans le cas de ^{238}U , des fissions peuvent également être induites par les neutrons secondaires. Les données du spectre de temps de vol permettent alors, compte tenu de l'efficacité du moniteur, de calculer la section efficace apparente de fission qui sera utilisée pour la normalisation des résultats.

II.4 - Echantillons

Les échantillons de Thallium, sous forme d'éclats métalliques, ont été placés dans des boîtes en polyéthylène aux parois très minces. Ils sont constitués d'isotopes séparés en provenance d'URSS. Le tableau I résume leurs caractéristiques. La composition isotopique des deux échantillons a été prise en compte pour la détermination de la section efficace (n, 2 n) des isotopes ^{203}Tl et ^{205}Tl .

III - RESULTATS

L'efficacité de détection des neutrons par le gros scintillateur liquide a été normalisée sur la valeur $\bar{\nu}_p = 3,732$ pour le nombre moyen de neutrons prompts émis par fission spontanée du ^{252}Cf .

La section efficace de fission de ^{238}U utilisée pour la normalisation des résultats est tirée de l'évaluation de Sowerby [5]. Les valeurs expérimentales pour la section efficace (n, 2 n) des isotopes ^{203}Tl et ^{205}Tl sont portées dans le tableau II. Les erreurs que nous donnons sont purement statistiques et résultent de la transmission des erreurs sur les comptages à chaque étape des corrections. Aucune erreur n'a été introduite pour les données de référence ($\bar{\nu}_p$ pour le ^{252}Cf et la section efficace de fission de ^{238}U).

Les figures 2 et 3 comparent ces résultats aux données existantes, toutes obtenues par la méthode de l'activation. Pour ^{203}Tl (Fig. 2) les valeurs de Tewes et al. [6] sont nettement inférieures aux nôtres et cette différence est vraisemblablement due à une mauvaise connaissance du schéma de désexcitation du noyau ^{202}Tl . Les autres mesures [7-11], situées pour la plupart autour de 14,5 MeV sont assez dispersées. Les mesures récentes de Bavhurst et al. [11] à 8,6 MeV, 9,3 MeV et au-dessus de 14 MeV donnent des résultats systématiquement supérieurs aux nôtres.

Pour ^{205}Tl (Fig. 3) la mesure de Spenke [12] est en accord avec nos résultats tandis que celle de celle de Vallis [13] est beaucoup plus haute.

CONCLUSION

Les résultats que nous avons obtenus pour la section efficace de réaction $(n, 2n)$ des isotopes ^{203}Tl et ^{205}Tl illustrent bien la supériorité de la technique du scintillateur liquide. Les noyaux résiduels ^{202}Tl et ^{204}Tl ont en effet des schémas de désexcitation assez complexes et encore mal connus, ce qui peut expliquer la dispersion des résultats obtenus par la méthode de l'activation. Par ailleurs, la période de 3,8 ans du ^{204}Tl rend très difficile la mesure de l'activité de cet isotope.

Dans une publication ultérieure, une étude plus complète des sections efficaces $(n, 2n)$ et $(n, 3n)$ des isotopes ^{203}Tl et ^{205}Tl entre 8 et 23 MeV sera réalisée, en associant les résultats de notre mesure à ceux obtenus entre 15 et 23 MeV au laboratoire de Los Alamos avec la même technique de mesure [3].

R E F E R E N C E S

- [1] Fréhaut J., Mosinski G. - Rapport CEA-R-4627, 1974 .
- [2] Fréhaut J., - Nucl. Instrum. Methods, 1976, 135, 511 .
- [3] Veesser L. -Communication privée .
- [4] Soleilhac M., Fréhaut J., Gauriau J., - J. Nucl. Energy, 1969, 23, 257 .
- [5] Sowerby M.G. et coll. - Rapport AERE-R-7273, 1973 .
- [6] Tewes H.A., Caretto A.A., Miller A.E., Nethaway D.R. - 1960, Valeurs prises dans BNL 325 .
- [7] Petö G. et coll. - Acta Phys. Hung., 1968, 25, 91 .
- [8] Dilg W., Vonach H., Winkler G., Hille P. - Nucl. Phys., 1968, A118, 9 .
- [9] Druzhinin A.A., Ivanova N.I., Lbov A.A. - Yad. Fiz., 1971, 14, 682 .
- [10] Hankla A.K., Hamilton J.H., Fink R.W. - Nucl. Phys., 1972, A180, 157 .
- [11] Bayhurst B.P., Gilmore J.S., Prestwood R.J., Wilhelmy J.B., Jarmie N., Erkkila B.H., Hardekopf R.A. - Phys. Rev., 1975, 12, 451 .
- [12] Spenke H. - Nucl. Phys., 1964, 51, 329 .
- 13 Vallis D.G., Rapport AWRE-O-76/66, 1966 .

TABLEAU I

Echantillon	Composition isotopique	Nature	Poids, g précision $\pm$ 1 mg
" ^{203}Tl "	^{203}Tl : 87,0 % ^{205}Tl : 13,0 %	Métal	15,661
" ^{205}Tl "	^{203}Tl : 3,6 % ^{205}Tl : 96,4 %	Métal	15,582
Uranium	^{235}U : 0,718 % ^{238}U : 99,28 %	Métal	13,559

Caractéristiques des échantillons

TABLEAU II

E_n , MeV	$\sigma(n, 2n)$, mb		σ_F , mb ^{238}U
	^{203}Tl	^{205}Tl	
$8,44 \pm 0,140$	39 ± 9	109 ± 19	962
$8,94 \pm 0,125$	211 ± 23	474 ± 34	964
$9,44 \pm 0,115$	435 ± 33	738 ± 47	960
$9,93 \pm 0,110$	714 ± 50	979 ± 63	952
$10,42 \pm 0,100$	1037 ± 72	1312 ± 84	948
$10,91 \pm 0,095$	1216 ± 65	1421 ± 73	952
$11,40 \pm 0,090$	1489 ± 82	1576 ± 87	957
$11,88 \pm 0,085$	1578 ± 111	1660 ± 107	965
$12,36 \pm 0,085$	1655 ± 111	1748 ± 117	978
$12,85 \pm 0,080$	1750 ± 118	1811 ± 122	999
$13,33 \pm 0,075$	1817 ± 132	1841 ± 136	1031
$13,80 \pm 0,075$	1930 ± 141	1878 ± 139	1086
$14,76 \pm 0,065$	1927 ± 146	1841 ± 139	1216

Valeurs expérimentales des sections efficaces (n, 2 n)
des isotopes ^{203}Tl et ^{205}Tl normalisées à la section
efficace de fission de ^{238}U .

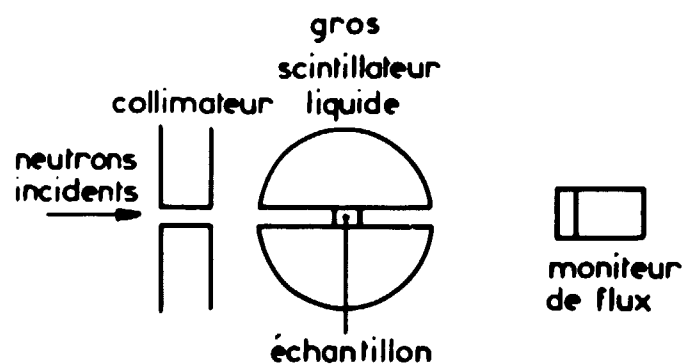


fig.1a. Dispositif expérimental

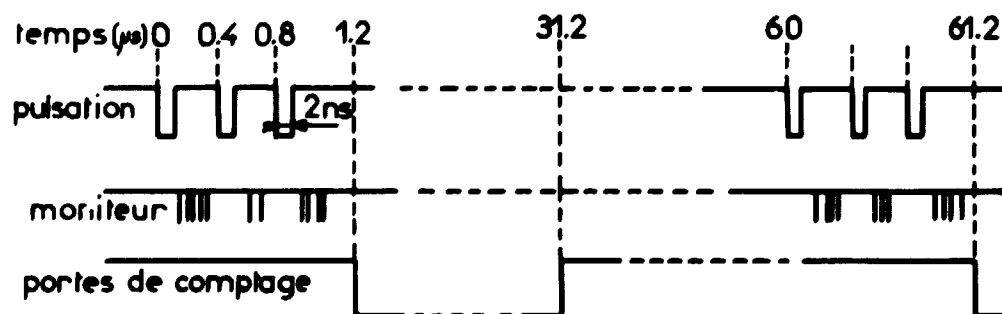


fig.1b. Diagramme en temps de l'acquisition des données

Fig.1 - Principe des mesures de $\sigma(n, 2n)$ par la méthode du gros scintillateur liquide .

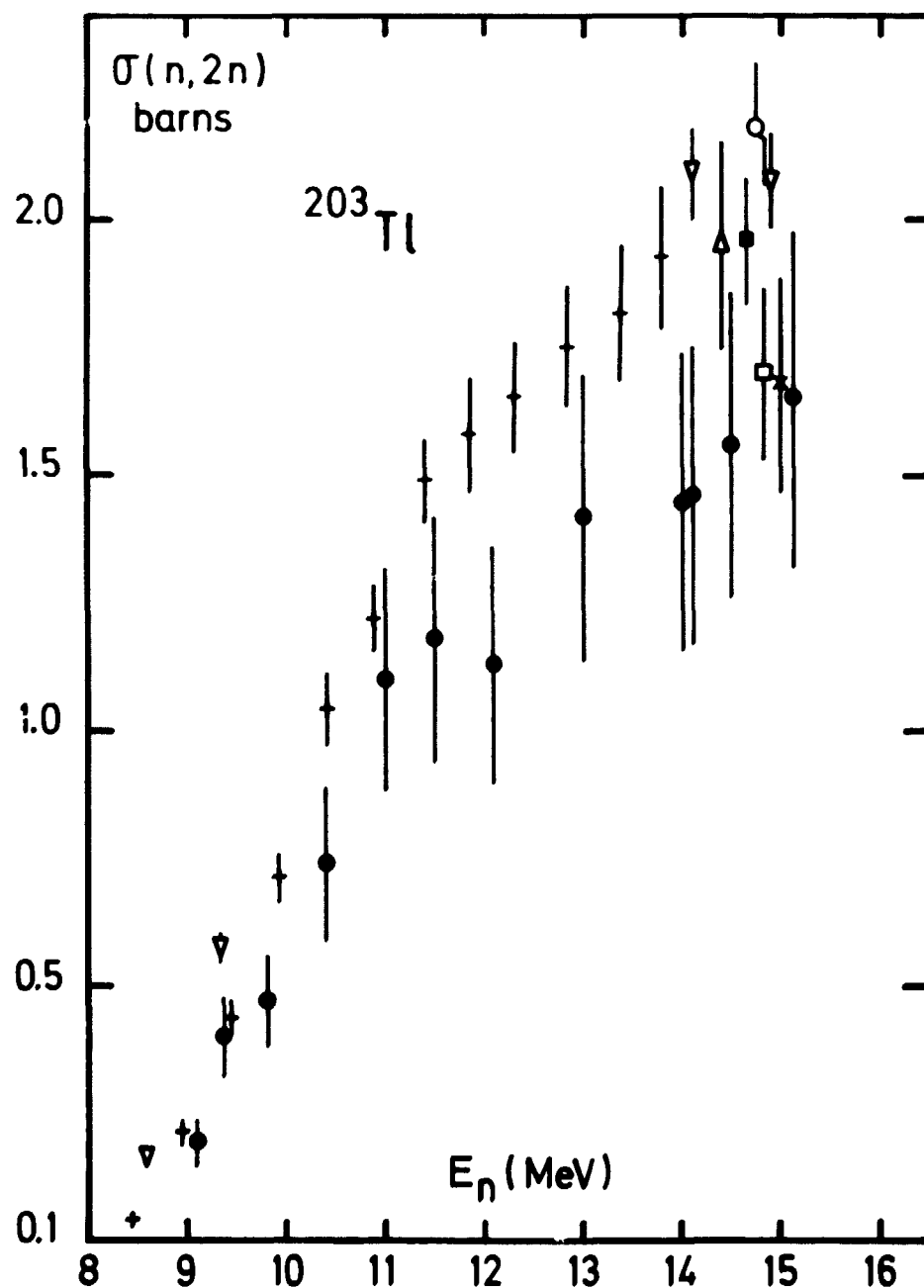


Fig. 2 - Section efficace (n, 2 n) du ^{203}Tl

+ notre mesure

● Réf. [6] , x Réf. [7] , ● Réf. [8] , □ Réf. [9],

△ Réf. [10] , ▼ Réf. [11] , ■ Réf. [13]

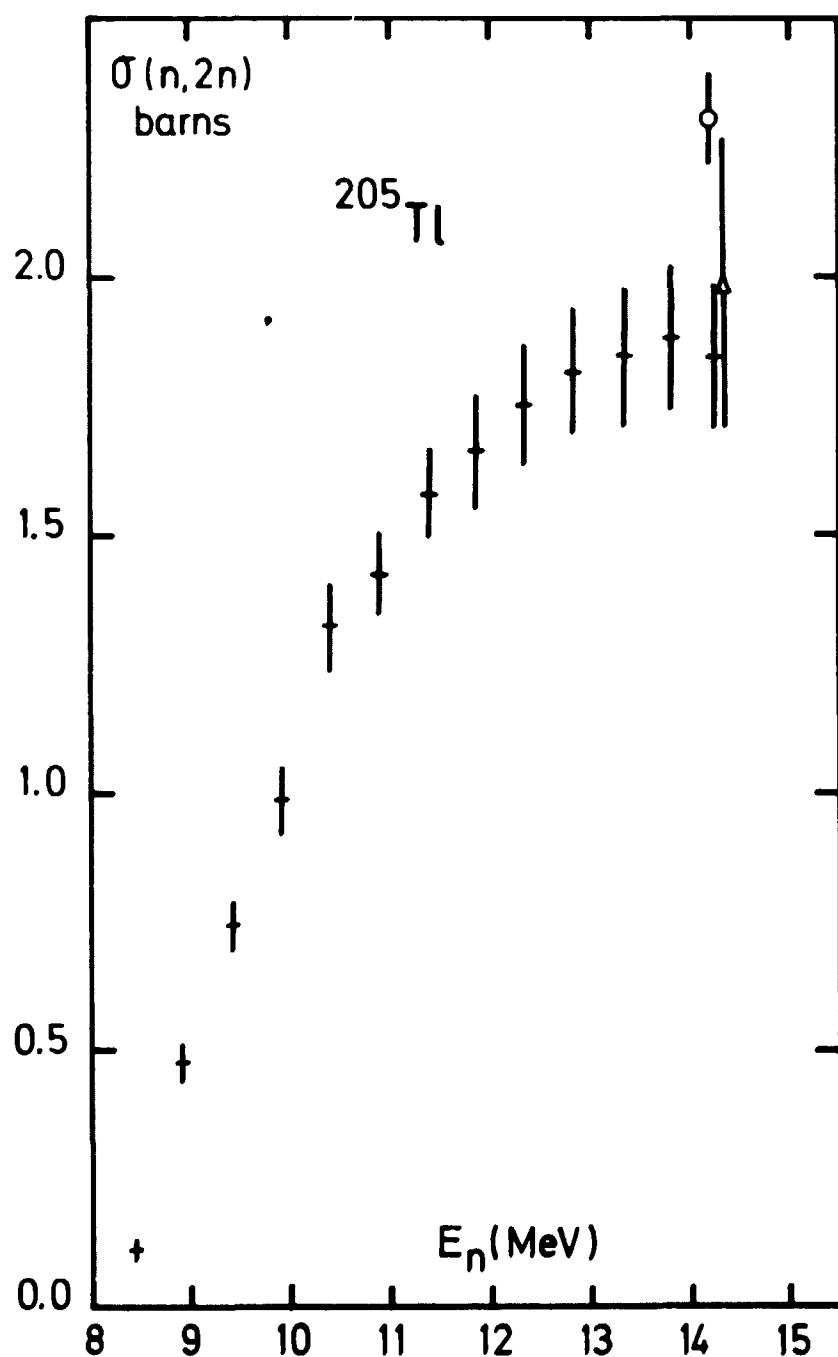


Fig. 3 - Section efficace (n, 2 n) du ^{205}Tl
 $+$ notre mesure
 Δ Réf. [12] , o Réf. [13]

*Edité par
le Service de Documentation
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
Boîte Postale n° 2
91190 - Gif-sur-YVETTE (France)*