CEA-N-1984
FR7800069

- Note CEA-N-1984 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

DETERMINATION DU POTENTIEL OPTIQUE DECRIVANT L'INTERACTION NEUTRON - ^{98}Mo

par

Christian LAGRANGE

- Septembre 1977 -

Note CEA-N-1984

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

en français	*en anglais*
CIBLE MOLYBDENE 098	MOLYBDENUM 98 TARGET
REACTIONS PAR NEUTRONS	NEUTRON REACTIONS
SECTIONS EFFICACES TOTALES	TOTAL CROSS SECTIONS
SECTIONS EFFICACES DIFFERENTIELLES	DIFFERENTIAL CROSS SECTIONS
DIFFUSION ELASTIQUE	ELASTIC SCATTERING
DIFFUSION INELASTIQUE	INELASTIC SCATTERING
CAPTURE	CAPTURE
EVALUATIONS COMPARATIVES	COMPARATIVE EVALUATIONS
DOMAINE 01-10 MEV	MEV RANGE 01-10
DOMAINE 10-100 MEV	MEV RANGE 10-100
MODELES STATISTIQUES	STATISTICAL MODELS
MOLYBDENE 098	MOLYBDENUM 98
MODELES OPTIQUES	OPTICAL MODELS
POTENTIEL NUCLEAIRE	NUCLEAR POTENTIAL
THORIE DE HAUSER-FESHBACH	HAUSER-FESHBACH THEORY
FONCTION DENSITE	STRENGTH FUNCTION

- Note CEA-N-1984 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel.

DETERMINATION DU POTENTIEL OPTIQUE DECRIVANT L'INTERACTION NEUTRON - ^{98}Mo

par

Christian LAGRANGE

NOTE-CEA-N-1984 - LAGRANGE Christian

DETERMINATION DU POTENTIEL OPTIQUE DECRIVANT L'INTERACTION NEUTRON - ^{98}Mo.

Sommaire.- Des calculs cohérents par modèles optique et statistique de sections efficaces d'interaction des neutrons rapides (10 keV - 20 MeV) sur ^{98}Mo sont présentés. La détermination des paramètres introduits dans le modèle est discutée. Une attention particulière a été portée sur les calculs de la capture radiative et des diffusions inélastiques.

1977 29 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France.

NOTE-CEA-N-1984 - LAGRANGE Christian

CONSISTENT CALCULATIONS OF TOTAL, SCATTERING AND CAPTURE CROSS-SECTIONS FOR ^{98}Mo.

Summary.- We present a coherent set of optical and statistical model calculations of ^{98}Mo neutron cross sections from 1 keV to 20 MeV. The determination of the various model parameters is discussed. A particular consideration is given to the inelastic scattering and capture cross sections.

1977 29 p.

Commissariat à l'Energie Atomique- France.

INTRODUCTION

Le but de cette étude est de déterminer un jeu physiquement cohérent de paramètres du potentiel optique permettant de calculer pour ^{98}Mo dans un grand domaine d'énergie les sections efficaces totale et de diffusion élastique de forme, mais aussi les coefficients de transmission nécessaires aux calculs par modèle statistique de la capture radiative et des diffusions inélastiques. Elle a été entreprise pour les raisons suivantes :

a) Dans leurs études antérieures de l'interaction des neutrons avec ce noyau, LAMBROPOULOS et al [1] ainsi que SMITH et al [2] ont déterminé des paramètres du potentiel optique permettant de reproduire de manière satisfaisante les sections efficaces totale et de diffusion élastique. Cependant les fonctions densité neutron et les sections efficaces de diffusion inélastique pour les deux premiers états excités au voisinage des seuils, étaient mal reproduites par leurs calculs. Le problème du choix des paramètres du potentiel optique restait donc posé.

b) Etant donné le manque de données expérimentales très précises en ce qui concerne la capture radiative ou la diffusion inélastique de neutrons pour les produits de fission, les données recommandées sont basées surtout sur les modèles théoriques [3]. Ces données recommandées sont d'une importance actuellement croissante pour les besoins associés aux réacteurs (cf WRENDA 76/77).

Pour ces deux raisons il nous a été demandé [3] de rechercher pour ce noyau la définition d'un potentiel optique adéquat (par l'intermédiaire des coefficients de transmission) pour la représentation des sections efficaces de capture radiative et de diffusion inélastique.

Nous présentons ci-après les différentes étapes de la détermination de ce potentiel par la méthode SPRT [4] et les résultats obtenus pour un ensemble de sections efficaces comprenant en particulier la capture radiative et les diffusions inélastiques requises.

I - DETERMINATION DES PARAMETRES

1/ Paramètres du modèle optique

Pour décrire l'interaction neutron-noyau nous avons adopté le potentiel effectif couramment utilisé qui s'exprime dans le cas sphérique, sous la forme :

$$V(r) = -Vf(r,a,R_0) + 4iW_D\, a_D \frac{d}{dr} f(r,a_D,R_D) + \left(\frac{\hbar}{m_\pi c}\right)^2 \frac{1}{r} V_S\, \vec{\ell}.\vec{\sigma}\, \frac{d}{dr} f(r,a_s,R_s)$$

avec : $f(r,a,R) = \left[1 + \exp\left(\frac{r-R}{a}\right)\right]^{-1}$ et $R_x = r_x A^{1/3}$

Suivant les études expérimentales antérieures de LAMBROPOULOS [1] et de SMITH [2] il ne nous a pas paru indispensable a priori de faire appel au formalisme des voies couplées. En effet, l'étude de la diffusion inélastique des neutrons par le noyau ^{98}Mo faite par ces auteurs ne semble pas avoir permis de mettre en évidence un processus d'interaction directe pour les deux premiers niveaux excités. Ces résultats expérimentaux pour une énergie incidente du neutron de 2 à 4 MeV sont bien reproduits par un calcul utilisant le seul modèle statistique. D'autre part les fonctions d'onde de ces deux premiers états excités apparaissent comme étant d'une nature trop complexe, et donc difficiles à décrire par un modèle nucléaire suffisamment simple, pour être aisément utilisées dans le formalisme des voies couplées.

Les paramètres du potentiel optique sphérique que nous avons déterminés ici par la méthode SPRT [4] sont présentés table 1 ; nous présentons table 2 l'ajustement réalisé sur les valeurs recommandées par E. FORT [3] des fonctions densité.

2/ Paramètres du modèle statistique

Les niveaux excités de la cible correspondent à ceux adoptés par KREBS [3] et sont reproduits dans la table 3. La largeur radiative moyenne $\langle\Gamma_\gamma\rangle$ a été prise identique (dans le cadre d'un calcul en modèle statistique) pour les ondes s et p et sa valeur est celle recommandée par RIBON [3] ($\langle\Gamma_\gamma\rangle_s$ = 85 meV). Nous n'avons pas introduit directement, dans nos calculs de capture radiative effectués avec les codes NCNR [5] ou HELMAG [6], l'espacement moyen entre niveaux du noyau composé, mais le paramètre de densité de niveau "a" dont la valeur est celle recommandée par RIBON [3]

($a = 16,5\ MeV^{-1}$). L'énergie de liaison B_n a été prise égale à 5,928 MeV [7] et la différence ($B_n - \Delta$), où Δ est l'énergie de pairing, égale à 4,75 MeV [3]. La valeur calculée correspondante pour l'espacement moyen des niveaux observés dans le noyau composé est <D> = 700 eV. On peut essayer de la comparer aux valeurs mesurées dans la zone des résonances séparées : <D> = 940 eV [8] et <D> = 900 eV [9], ou à la valeur utilisée dans un autre calcul statistique de capture radiative [3] <D> = 730 eV. Les densités de niveaux introduites dans le calcul pour le noyau composé ont les formes conventionnelles suivantes :

$$\rho_1\ (E^*) \sim \exp\ \left(\frac{E^* - E_o}{T}\right)$$

$$\rho_2\ (E^*) \sim \exp\ (2\sqrt{a\ (E^* - \Delta)})$$

où E^* est l'énergie d'excitation.

E_o résulte du raccordement sans discontinuité de $\rho_1\ (E^*)$ et $\rho_2\ (E^*)$ à $E_x = 5,913$ MeV, donnant $E_o = -\ 0,400$ MeV.

T est la température nucléaire $T = 0.645$ MeV.

Les paramètres E_o et T ont été obtenus en ajustant $\rho_1(E^*)$ sur la densité obtenue à partir des niveaux expérimentaux discrets du ^{99}Mo [9].

Les sections efficaces de diffusion inélastique de neutrons ont été calculées en utilisant (comme pour la capture radiative) les coefficients de transmission obtenus à partir du potentiel optique présenté en table 1, et le formalisme d'HAUSER FESHBACH corrigé par un facteur de fluctuation [10,11]. Le "paramètre de fluctuation" Q a été pris égal à 0,8 pour tous les niveaux.

<u>Remarque</u>

Dans l'article très récent de MUSGROVE et al. [12] les valeurs suivantes pour ^{98}Mo sont proposées :

$$\langle D \rangle = (950 \pm 220)\ eV$$
$$S_o = (0,54 \pm 0,20)\ 10^{-4}$$
$$S_1 = (8,0 \pm 2,5)\ 10^{-4}$$
$$\langle \Gamma_\gamma \rangle \text{ onde s} = 93\ meV$$
$$\langle \Gamma_\gamma \rangle \text{ onde p} = 110\ meV$$

Ces valeurs sont extraites de leur étude expérimentale de la capture radiative dans le domaine d'énergie 1 keV - 100 keV. Nous ferons donc la remarque suivante : la valeur de $\frac{\langle \Gamma_\gamma \rangle_s}{\langle D \rangle}$ qu'ils adoptent dans leur calcul statistique ($9{,}8\ 10^{-5}$) est plus faible que la nôtre ($1{,}2\ 10^{-4}$), tandis que les fonctions densité neutron (et donc les coefficients de transmission) sont plus forts que les nôtres. Ce problème peut faire l'objet d'une étude ultérieure.

II - PRESENTATION DES RESULTATS - COMMENTAIRES

1/ Sections efficaces totale et élastique intégrée

a) pour une énergie du neutron inférieure à 2 MeV

A basse énergie la section efficace totale du ^{98}Mo présente des structures fines dont les calculs en modèle optique ne rendent compte qu'en moyenne. Il nous a paru pratiquement impossible de reproduire sur une même figure tous les résultats expérimentaux de LAMBROPOULOS [1] et SMITH [2] (trop grand nombre de points expérimentaux). C'est pourquoi nous comparons seulement, dans la fig. 1 , les résultats de nos calculs de la section efficace de diffusion élastique aux données expérimentales de LAMBROPOULOS [1]. L'ajustement apparaît satisfaisant.

Remarque

Mc DANIEL et al. [14] ont mesuré la diffusion élastique et inélastique de neutrons de 1,5 MeV par ^{92,94,96,100}Mo. Ces auteurs [14] obtiennent des valeurs des sections efficaces élastiques systématiquement inférieures de 6 à 12% à celles antérieurement obtenues par LAMBROPOULOS [1]. On peut en déduire que la section efficace élastique obtenue pour ^{98}Mo vers 1,4 MeV par LAMBROPOULOS est probablement surestimée.

b) pour une énergie du neutron comprise entre 2 et 20 MeV

Nous comparons (cf fig. 2a, 2b) les résultats de nos calculs aux valeurs expérimentales obtenues par LANGSFORD [13] et à l'évaluation de SMITH [2]. Dans le domaine d'énergie 2 MeV - 5 MeV nos calculs semblent inférieurs de moins de 5% aux valeurs expérimentales. Le même problème s'est posé à SMITH [2] lors de la comparaison de ses calculs avec ses mesures. D'après ses conclusions, cet écart théorie-expérience n'est pas dramatique eu égard aux incertitudes expérimentales qui sont du même ordre de grandeur que l'écart observé. Les résultats expérimentaux obtenus par SMITH et al. [2] dans le domaine d'énergie 1,6 MeV - 5,5 MeV sont consistants avec ceux obtenus par LANGSFORD mais présentent moins de structure. Nous comparons dans la figure 3 les résultats de nos calculs aux valeurs expérimentales obtenues par SMITH [2].

Remarque

Nous n'avons pas porté dans les figures 2 (a),(b) les erreurs expérimentales (6 à 8%) qui sont associées aux mesures de LANGSFORD [13].

2/ Section efficace de diffusion élastique différentielle

La comparaison théorie-expérience (cf figures 4 et 5) pour la diffusion élastique permet de juger après coup, dans le domaine 500 keV-1,4 MeV, du bien fondé de la paramétrisation adoptée. A la suite de leurs mesures faites à 1,5 MeV, Mc DANIEL et al [14] ont trouvé pour les isotopes 92,94,96 et 100 du Molybdène des valeurs des minima de la section efficace différentielle élastique angulaire inférieures aux valeurs mesurées par LAMBROPOULOS (cf réf. [14] p. 1093, Fig. 8). Cette même tendance est observée en comparant à 1,4 MeV nos calculs aux mesures de LAMBROPOULOS [1].

3/ Section efficace de capture radiative

La section efficace de capture radiative calculée avec les paramètres décrits en (I,2) est présentée table 4 lorsque aucune voie inélastique n'est ouverte, et table 5 en présence de compétition avec les diffusions inélastiques. Nous comparons de plus nos calculs à ceux de GRUPPELAAR (cf fig.6 et réf.[15]) Cet auteur a adopté les valeurs suivantes des différents paramètres : $\langle\Gamma_\gamma\rangle_s$ = 86 meV, $\langle\Gamma_\gamma\rangle_p$ = 120 meV, $\langle D\rangle$ = 800 eV. Ses coefficients de transmission sont obtenus grâce à la formule les reliant aux fonctions densité neutron dont les valeurs choisies sont : $S_0 = 0{,}35 10^{-4}$, $S_1 = 7{,}0 10^{-4}$. Notre section efficace de capture radiative calculée semble en accord satisfaisant avec l'évaluation de RIBON [3]. Nous comparons (cf fig.7) dans le domaine d'énergie 1 keV-100 keV le résultat de nos calculs aux récentes mesures de MUSGROVE et al. [12].

4/ Sections efficaces de diffusion inélastique

Nos calculs de sections efficaces de diffusion inélastique pour les deux premiers états excités sont comparés dans la figure 8 aux résultats expérimentaux de LAMBROPOULOS [1]. Nos valeurs sont en bon accord avec l'évaluation expérimentale de SMITH [2]. Cet auteur ne tient pas compte dans son évaluation expérimentale de "l'épaulement" qui apparaît vers 1 MeV pour la fonction d'excitation du premier état excité.

5/ Remarques

a) Nous comparons table 6 (tous les autres paramètres étant égaux par ailleurs) les résultats des fonctions d'excitation des deux premiers niveaux excités, obtenus avec notre paramétrisation du modèle optique, à ceux obtenus en utilisant les paramètres du potentiel optique de HOLMQUIST et WIEDLING [16]. Il apparaît clairement que pour décrire convenablement les diffusions inélastiques (surtout près des seuils), le choix d'un potentiel optique approprié au noyau étudié est nécessaire (méthode SPRT [4]).

b) Nous présentons deux calculs statistiques de capture radiative et de diffusions élastique et inélastique qui diffèrent seulement par le schéma de niveaux choisi (les autres paramètres sont ceux que nous avons adoptés). Ces calculs sont effectués pour deux énergies : 2,2 MeV et 2,4 MeV.

Les résultats présentés table 7 en colonne A correspondent au schéma recommandé par KREBS [3] et adopté dans cette étude.

Les résultats présentés en colonne B correspondent au schéma adopté par SMITH [2]. Les différences observées pour la diffusion inélastique sur les premiers états excités sont notables. SMITH n'a pas mis en évidence la diffusion inélastique de neutron sur les niveaux de 1,812 ; 1,881 ; 1,985 et 2,030 MeV pour lesquels la section efficace calculée n'est pas négligeable.

Dans les figures 9 (a) et (b), nous présentons, à ces mêmes énergies de 2,2 et 2,4 MeV, les résultats de nos calculs utilisant le schéma de niveau A ou B de la diffusion élastique différentielle angulaire aux mesures correspondantes de SMITH [2]. En ce qui concerne les valeurs des minima de ces sections efficaces, nous retrouvons ici le problème rencontré à plus basse énergie (cf paragraphe II 2/).

c) La comparaison théorie-expérience donnée dans la figure 10 pour la diffusion élastique de neutrons d'une énergie incidente égale à 11 MeV nous a permis de mieux préciser la variation avec l'énergie de l'absorption de surface du potentiel optique.

REFERENCES

[1] P. LAMBROPOULOS, P. GUENTHER, A. SMITH, J. WHALEN
Nucl. Phys. A209 (1973) 1.

[2] A. SMITH, P. GUENTHER, J. WHALEN
Nucl. Phys. A244 (1975) 213.
Argonne National Laboratory - rapport ANL/NDM-7 (1974).

[3] P. RIBON, E. FORT, J. KREBS, TRAN QUOC THONG
Note C.E.A.-N-1832 (1975), et E. FORT, communications privées.

[4] J.P. DELAROCHE, Ch. LAGRANGE, J. SALVY
Nuclear Theory in Neutron Nuclear Data Evaluation,
Vol. I (1976) 251 IAEA-190.

[5] P. THOMET, non publié.

[6] B. DUCHEMIN, Ch. LAGRANGE, non publié.

[7] S.F. MUGHABGHAB, G.I. GARBER
BNL-325 , third edition, volume 1 (EANDC(US)-183/L), (INDC(USA)-58/L)

[8] M. GOULASSY, S.T. PERKINS
UCRL 50400, vol. 13.

[9] R.E. CHRIEN, G.W. COLE
Phys. Rev. C.13 (1976) 578.

[10] W. HAUSER, H. FESHBACH
Phys. Rev. 87 (1952) 366.
L. WOLFENSTEIN
Phys. Rev. 82 (1951) 690.

[11] P. MOLDAUER
Rev. Mod. Phys. 36 (1964) 1079.

[12] A.R. De L. MUSGROVE, B.J. ALLEN, J.W. BOLDEMAN, R.L. MACKLIN
Nucl. Phys. A270 (1976) 108.

[13] A. LANGSFORD et al, données non publiées, obtenues par l'intermédiaire du C.C.D.N. de Saclay.

[14] F.D. McDANIEL, J.D. BRANDENBERGER, G.P. GLASGOW, H.G. LEIGHTON
Phys. Rev C10 (1974) 1087.

[15] H. GRUPPELAAR
Nuclear Theory in Neutron Nuclear Data Evaluation, Vol. II (1976) 61
IAEA-190

[16] B. HOLMQUIST, T. WIEDLING
AE-430 (1971)

[17] J.C. FERRER, J.D. CARLSON, J. RAPAPORT, Nucl. Phys. A275 (1977) 325.

Manuscrit reçu le 24 juin 1977

TABLE 1

PARAMETRES DU POTENTIEL OPTIQUE

$V = 48{,}4 - 0{,}22\ E_n$, $a = 0{,}620$ fm , $r_o = 1{,}240$ fm	
$V_s = 6{,}20$ MeV , $a_s = 0{,}470$ fm , $r_s = 1{,}120$ fm	
$W_D = \begin{cases} 3{,}80 + 0{,}45\ E_n & \text{pour } E_n \leq 11 \text{ MeV} \\ 8{,}75 \text{ MeV} & \text{pour } E_n \geq 11 \text{ MeV} \end{cases}$	$a_D = 0{,}58$ fm , $r_D = 1{,}26$ fm

TABLE 2

Fontions densité et rayon de diffusion : comparaison entre les valeurs calculées à 10 keV et les valeurs recommandées

TYPE	$S_0 \times 10^{+4}$	$S_1 \times 10^{+4}$	R' fm
CALCUL	0,471	5,543 *	6,63
VALEURS RECOMMANDEES [3]	0,35 ± 0,15	5,0 ± 2,5	

* pour un rayon nucléaire de $1{,}35\ A^{1/3}$ fm.

NIVEAUX D'ENERGIE ^{98}Mo

Niveau	Energie (MeV)	Spin	Parité
0	0.0	0	+
1	0.73500E 00	0	+
2	0.78800E 00	2	+
3	0.14300E 01	2	+
4	0.15100E 01	4	+
5	0.17590E 01	2	+
6	0.18120E 01	6	+
7	0.18810E 01	3	+
8	0.19640E 01	0	+
9	0.19850E 01	1	+
10	0.20180E 01	3	-
11	0.20300E 01	4	+
12	0.21050E 01	2	+
13	0.22070E 01	2	+
14	0.22240E 01	4	+
15	0.23330E 01	2	+
16	0.23440E 01	6	+

TABLE 3

TABLE 4

E_n MeV	σ_c millibarns	$\sigma_c \cdot \sqrt{E}$ barns.kev$^{1/2}$
0,005	291	0,650
0.010	187	0,591
0,020	113	0,505
0,030	83,0	0,455
0,040	67,2	0,425
0,050	58,0	0,410
0,060	51,3	0,397
0,070	46,9	0,392
0,080	43,7	0,391
0,100	40,4	0,404
0,200	35,7	0,505
0,300	37,0	0,641
0,400	39,1	0,782
0,500	41,4	0,925
0,600	43,7	1,07
0,700	46,1	1,22

Section efficace de capture calculée pour ^{98}Mo.

TABLE 5

E_n MeV	σ_c millibarns	$\sigma_c \cdot \sqrt{E}$ barns.keV$^{1/2}$	0^+,735 keV $\sigma(n,n')$ millibarns	2^+,788 keV $\sigma(n,n')$ millibarns
0,800	37,3	1,06	173	84
0,900	24,6	0,738	326	503
1,00	22,4	0,708	389	734
1,200	21,9	0,759	409	935
1,400	23,3	0,872	391	1014
1,600	18,5	0,740	332	897
1,800	16,9	0,717	282	784
2,00	15,1	0,675	229	657
2,200	11,4	0,535	170	498
2,400	9,65	0,472	131	392

Sections efficaces de capture et de diffusion inélastique calculées pour ^{98}Mo.

- Comparaison des résultats obtenus avec deux modèles optiques -

- Standard (Almen, Ramströn, Holmquist-Wiedling) : $V = 49{,}82$, $a = 0{,}66$, $r_o = 1{,}208$, $W_D = 9{,}31$ $a_D = 0{,}48$, $r_D = 1{,}218$, $V_s = 8$, $a_s = 0{,}66$, $r_s = 1{,}208$.

- Présent : (cf. Table 1).

E_n	σ_T barns	σ_R barns	$\sigma_{s.e}$ barns	$\sigma_{c.e}$ barns	$\sigma^{0+}(n,n')$ barns	$\sigma^{2+}(n,n')$ barns
1,0 MeV "standard"	6,164	2,724	3,439	1,696	0,360	0,646
1,0 MeV "présent"	6,786	2,712	4,073	1,566	0,389	0,734
1,2 MeV "standard"	5,727	2,560	3,167	1,305	0,395	0,837
1,2 MeV "présent"	6,235	2,549	3,686	1,178	0,409	0,935
1,4 MeV "standard"	5,366	2,453	2,913	1,112	0,391	0,922
1,4 MeV "présent"	5,793	2,463	3,330	1,026	0,391	1,014

σ_T : section efficace totale.

σ_R : section efficace de réaction.

$\sigma_{s.e}$: section efficace de diffusion élastique de forme.

$\sigma_{c.e}$: section efficace de diffusion élastique due au noyau composé.

TABLE 6

E_x MeV	I	Π	E_n = 2,20 MeV		E_n = 2,40 MeV	
			A millibarns	B millibarns	A millibarns	B millibarns
0.0	0	+	188	274	45,5	130
0.735	0	+	170	192	131	153
0.788	2	+	498	578	392	472
1.43	2	+	386	448	311	375
1.510	4	+	188	232	159	204
1.759	2	+	287	336	261	315
1.812	6	+	21,0	*	37,2	*
1.881	3	+	188	*	196	*
1.964	0	+	58,9	66,5	69,6	81,0
1.985	1	+	126	*	162	*
2.018	3	-	93,9	103	129	142
2.030	4	+	59,2	*	93,7	*
2.105	2	+	62,8	74,3	153	187
2.207	2	+	*	*	100	123
2.224	4	+	*	*	44,6	59,4
2.333	2	+	*	*	29,1	35,4
2.344	6	+	*	*	1,6	3,5
$\sigma(n,\gamma)$			9,64	13,4	8,22	11,7

* Niveaux non pris en compte dans le calcul

Influences du choix du schéma de niveaux excités du ^{98}Mo sur le calcul des diffusions inélastiques et de la capture radiative (cf texte p.8).

TABLE 7

LEGENDE DES FIGURES

Les valeurs expérimentales reproduites dans les figures nous ont été aimablement communiquées par le C.C.D.N. de Saclay et par A.B. SMITH du Laboratoire d'Argonne (U.S.A). Qu'ils en soient ici très vivement remerciés.

Figure 1 : Section efficace de diffusion élastique dans le domaine 100 keV - 1, 6 MeV : ajustement expérience [1]- théorie.

Figure 2 : Section efficace totale en fonction de l'énergie : ajustement expérience [13]- théorie.

a) de 2 MeV à 5 MeV

b) de 5 MeV à 20 MeV

Figure 3 : Section efficace totale en fonction de l'énergie : comparaison expérience [2]-théorie.

Figure 4 : Sections efficaces différentielles de diffusion élastique : comparaison théorie-expérience [1].

a) 500 keV pour E_n

b) 700 keV pour E_n

Figure 5 : Sections efficaces différentielles de diffusion élastique : comparaison théorie-expérience [1].

a) 1 MeV pour E_n

b) 1,4 MeV pour E_n

Figure 6 : Section efficace de capture radiative : comparaison, dans le domaine d'énergie (quelques keV - 2,4 MeV), de nos calculs à ceux de GRUPPELAAR [15].

Figure 7 : Section efficace de capture radiative : comparaison dans le domaine d'énergie 1 keV - 100 keV de nos calculs aux valeurs expérimentales obtenues par MUSGROVE et al. [12].

Figure 8 : Sections efficaces d'excitation des deux premiers niveaux de la cible en fonction de l'énergie. Les données expérimentales sont extraites de [1].

Figure 9 : Sections efficaces différentielles de diffusion élastique : comparaison expérience [2]- théorie

a) 2,2 MeV pour E_n

b) 2,4 MeV pour E_n

Figure 10 : Section efficace différentielle de diffusion élastique de neutron d'énergie incidente égale à 11 MeV : ajustement expérience [17]- théorie

Manuscrit reçu le 1er juillet 1977

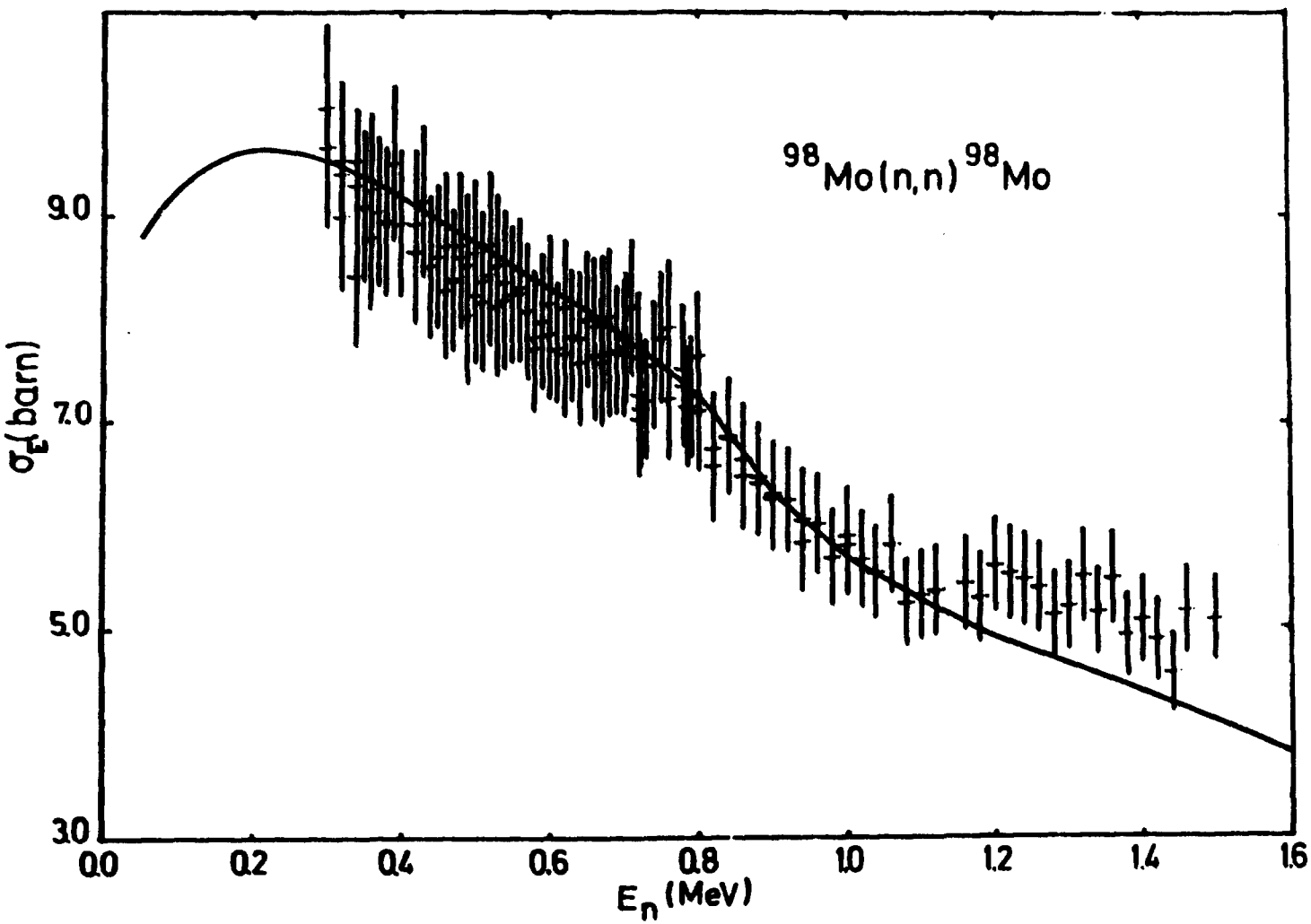
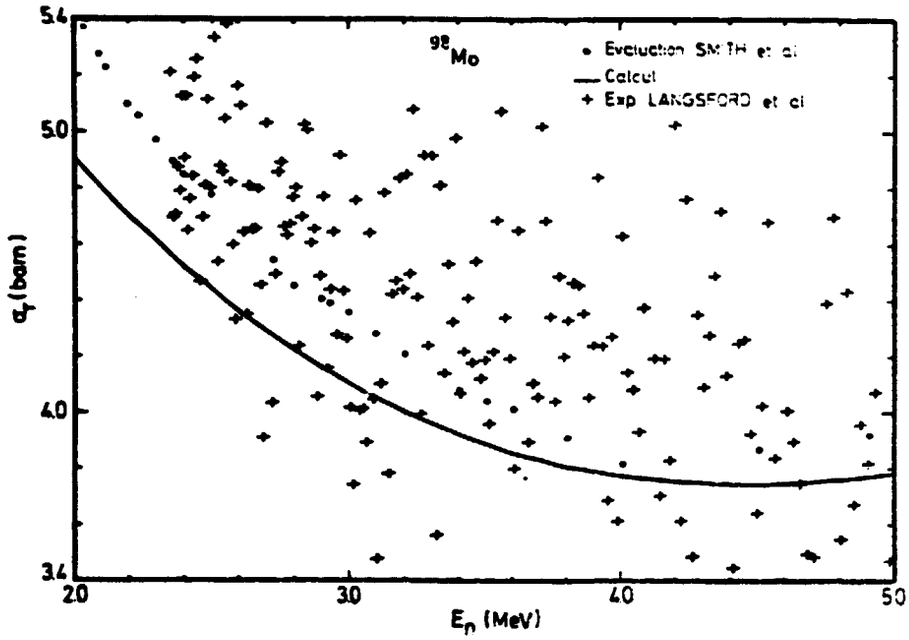
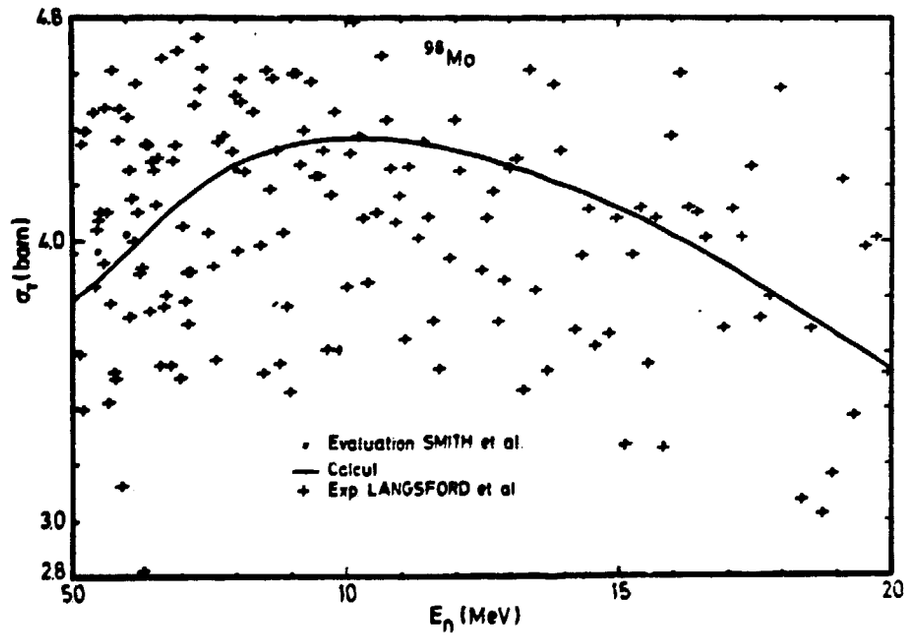

$^{98}Mo(n,n)^{98}Mo$
σ_t(barn)
9.0
7.0
5.0
3.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
E_n (MeV)

FIG. 1


5.4
5.0
4.0
3.4
2.0
3.0
4.0
5.0
^{98}Mo
• Evaluation SMITH et al
— Calcul
+ Exp LANGSFORD et al
σ_t (barn)
E_n (MeV)

(a)


4.8
4.0
3.0
2.8
50
10
15
20
^{98}Mo
• Evaluation SMITH et al.
— Calcul
+ Exp LANGSFORD et al
σ_t (barn)
E_n (MeV)

(b)

FIG. 2

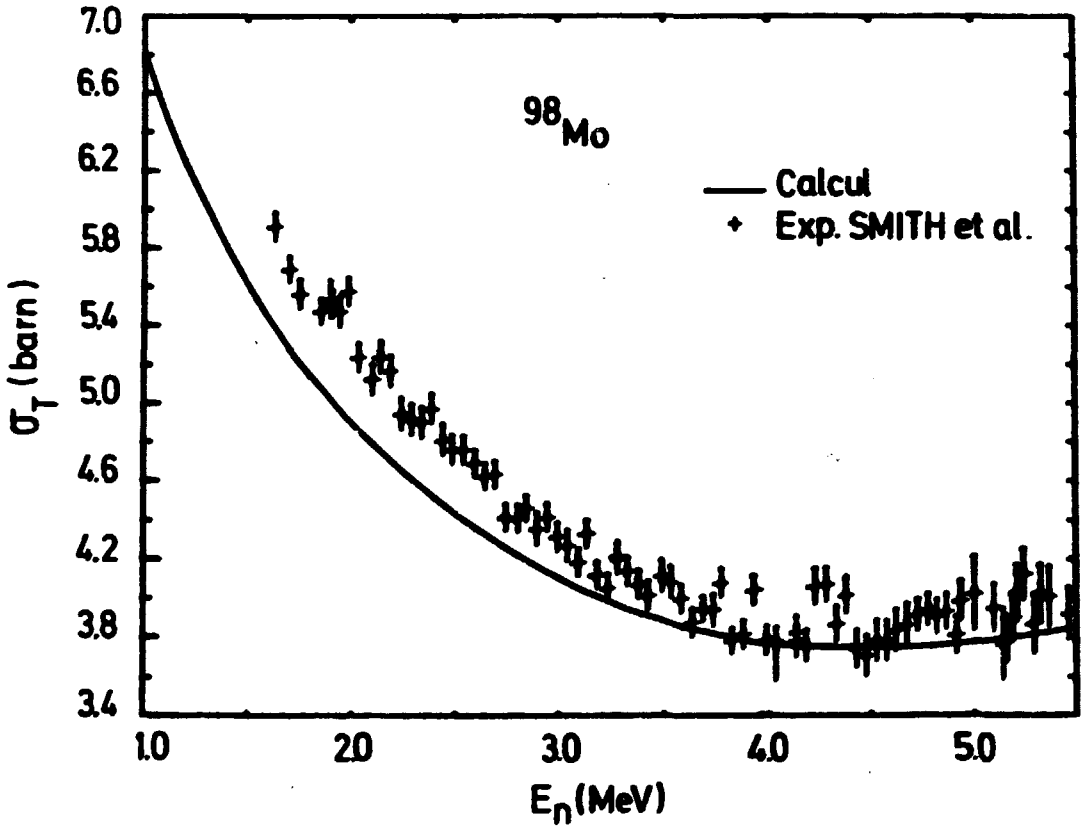

7.0
6.6
6.2
5.8
5.4
5.0
4.6
4.2
3.8
3.4
σ_T (barn)
^{98}Mo
Calcul
Exp. SMITH et al.
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
E_n (MeV)

FIG.3

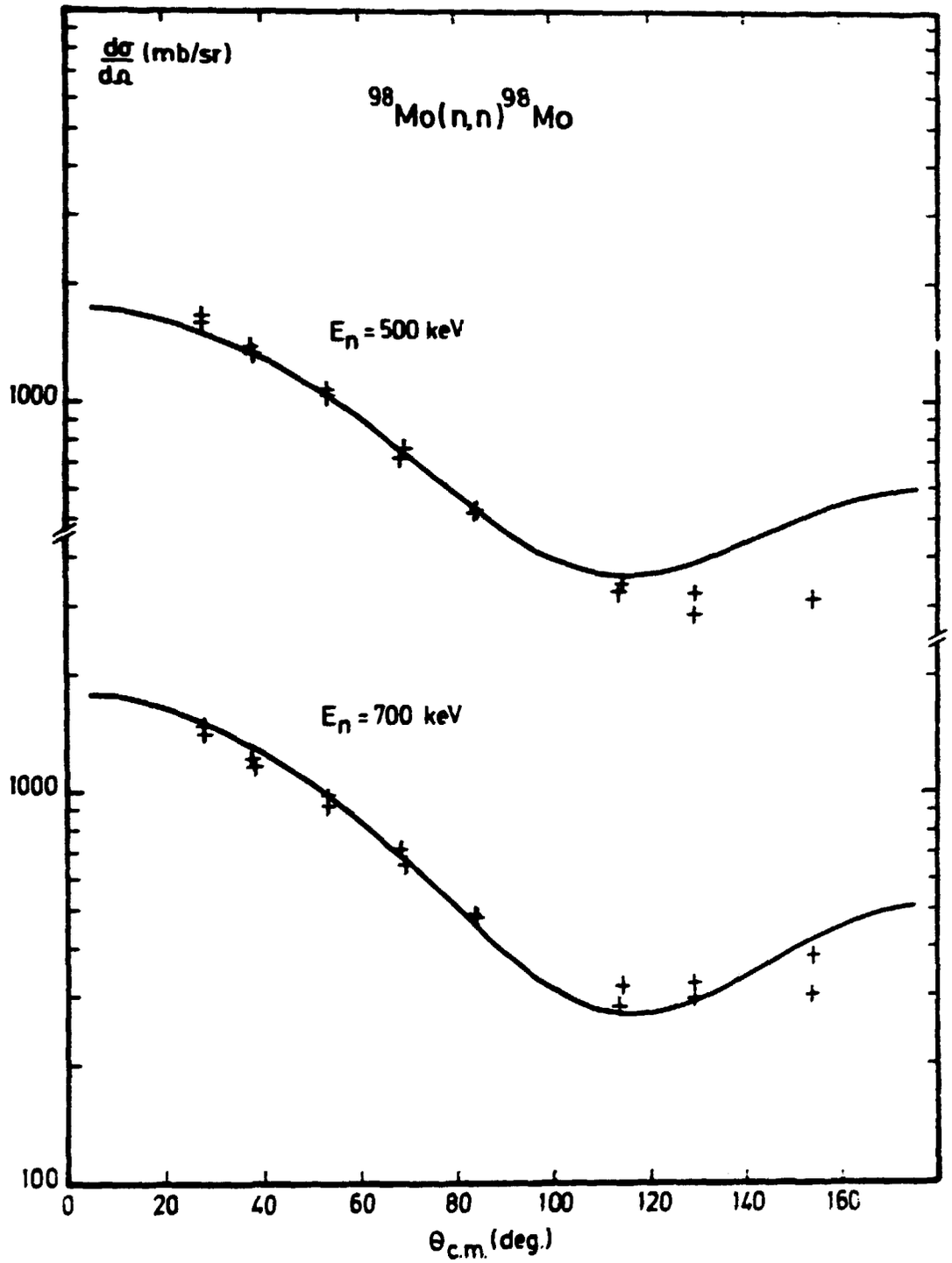

dσ/dΩ (mb/sr)
98Mo(n,n)98Mo
En = 500 keV
En = 700 keV
1000
1000
100
0
20
40
60
80
100
120
140
160
θc.m. (deg.)

FIG.4

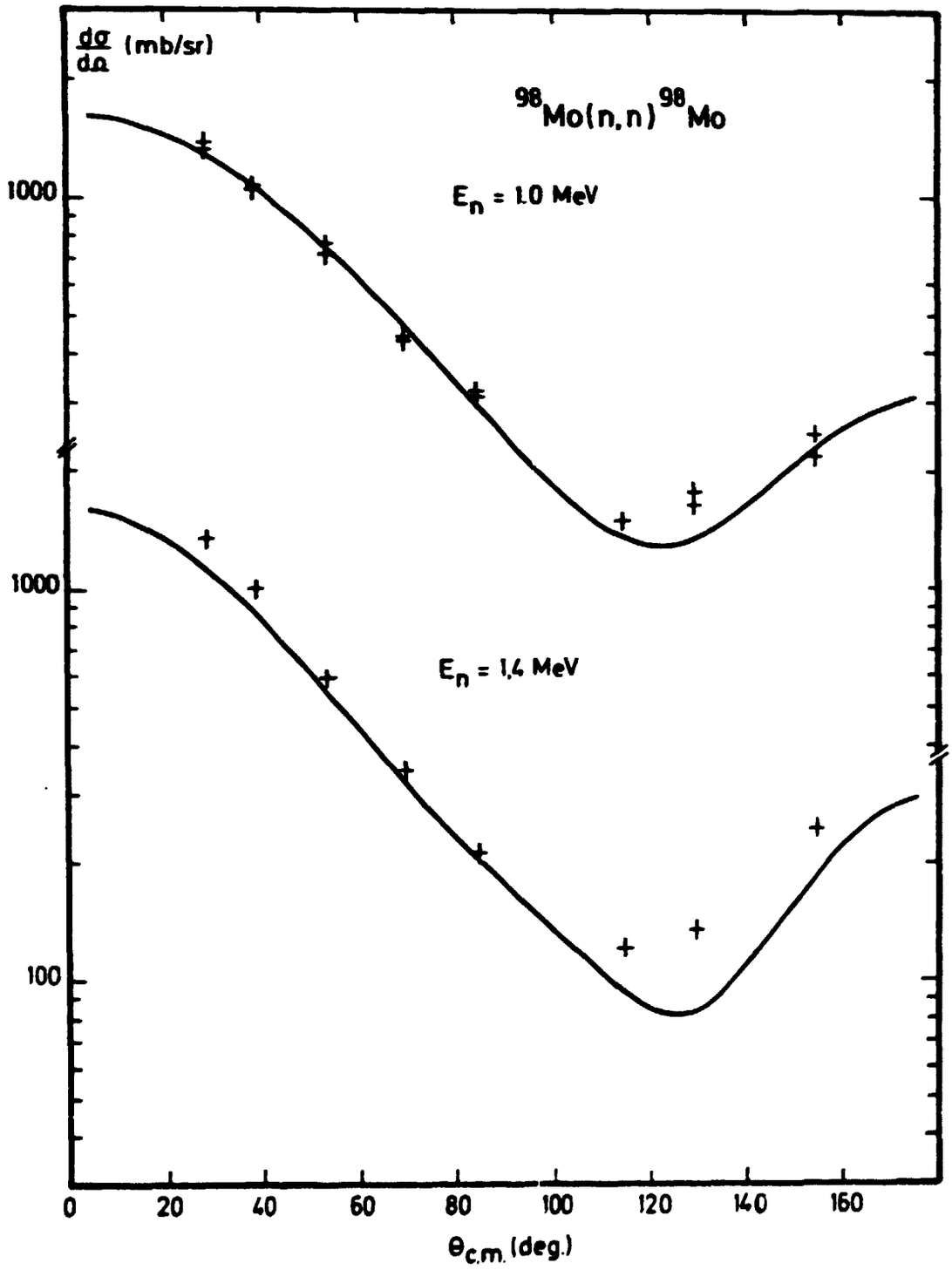

dσ/dΩ (mb/sr)
98Mo(n,n)98Mo
En = 1.0 MeV
En = 1.4 MeV
1000
1000
100
0
20
40
60
80
100
120
140
160
θc.m. (deg.)

FIG.5

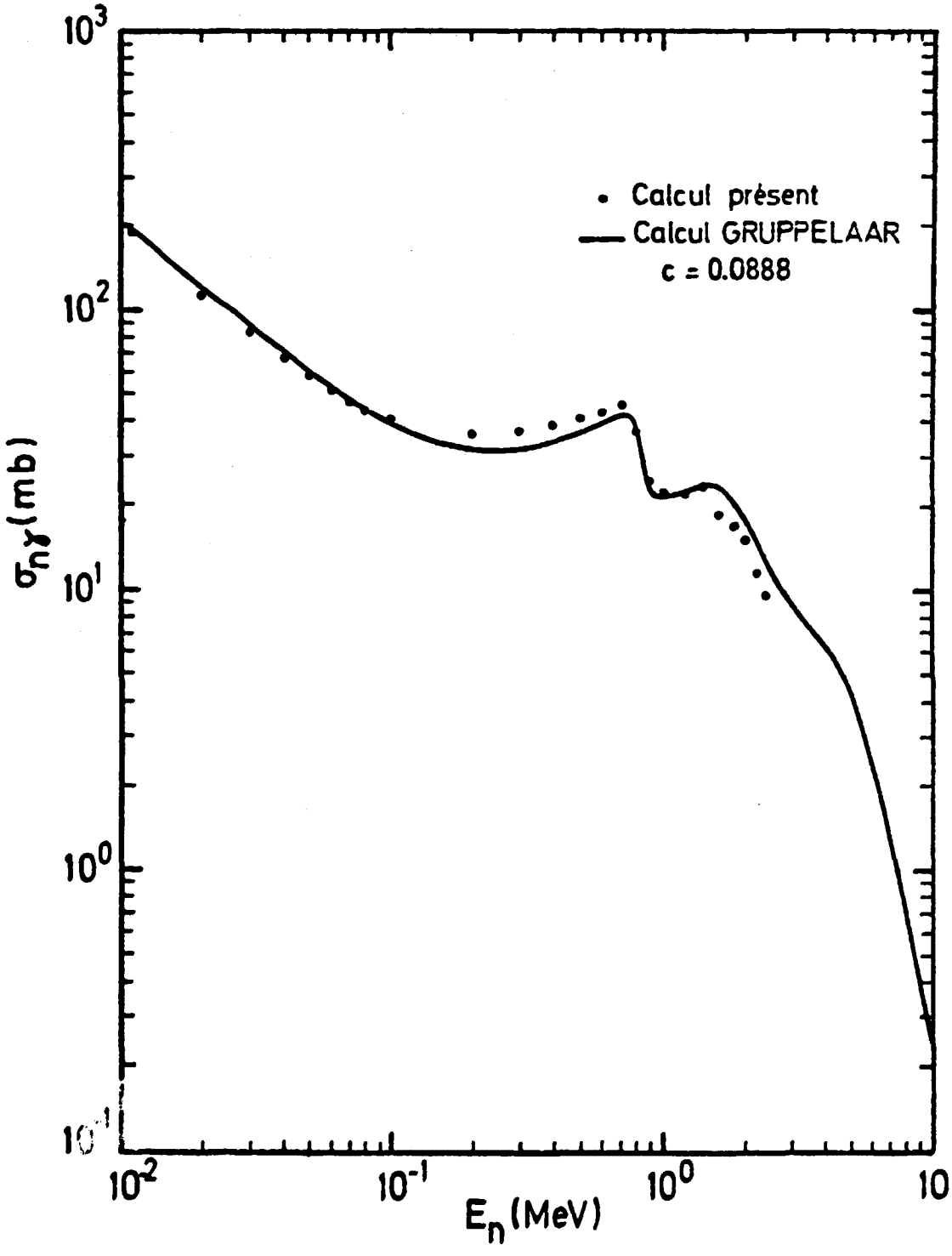

• Calcul présent
— Calcul GRUPPELAAR
c = 0.0888
10^3
10^2
10^1
10^0
10^{-1}
$\sigma_{n\gamma}$(mb)
10^{-2}
10^{-1}
10^0
10^1
E_n(MeV)

FIG. 6

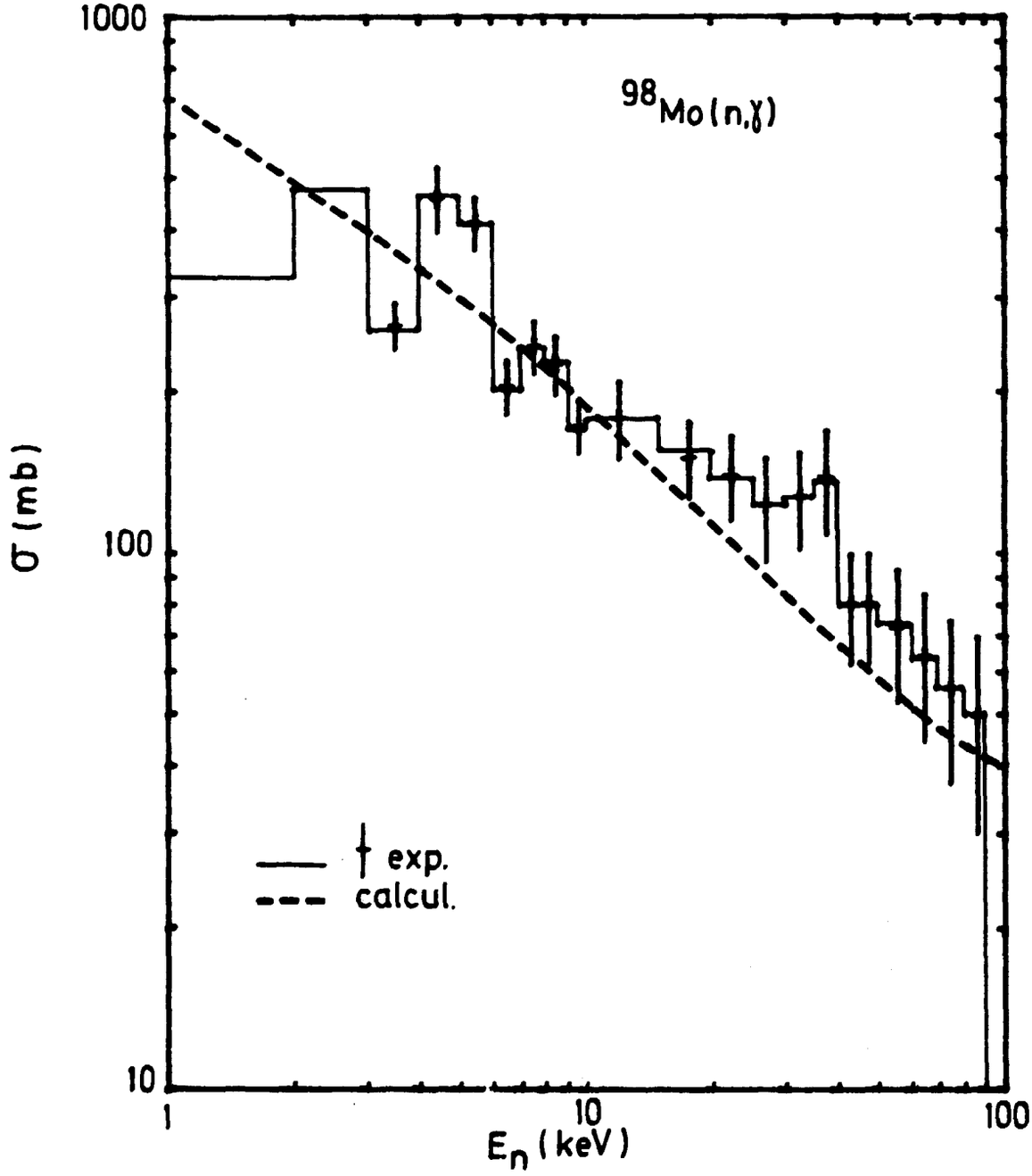


FIG.7

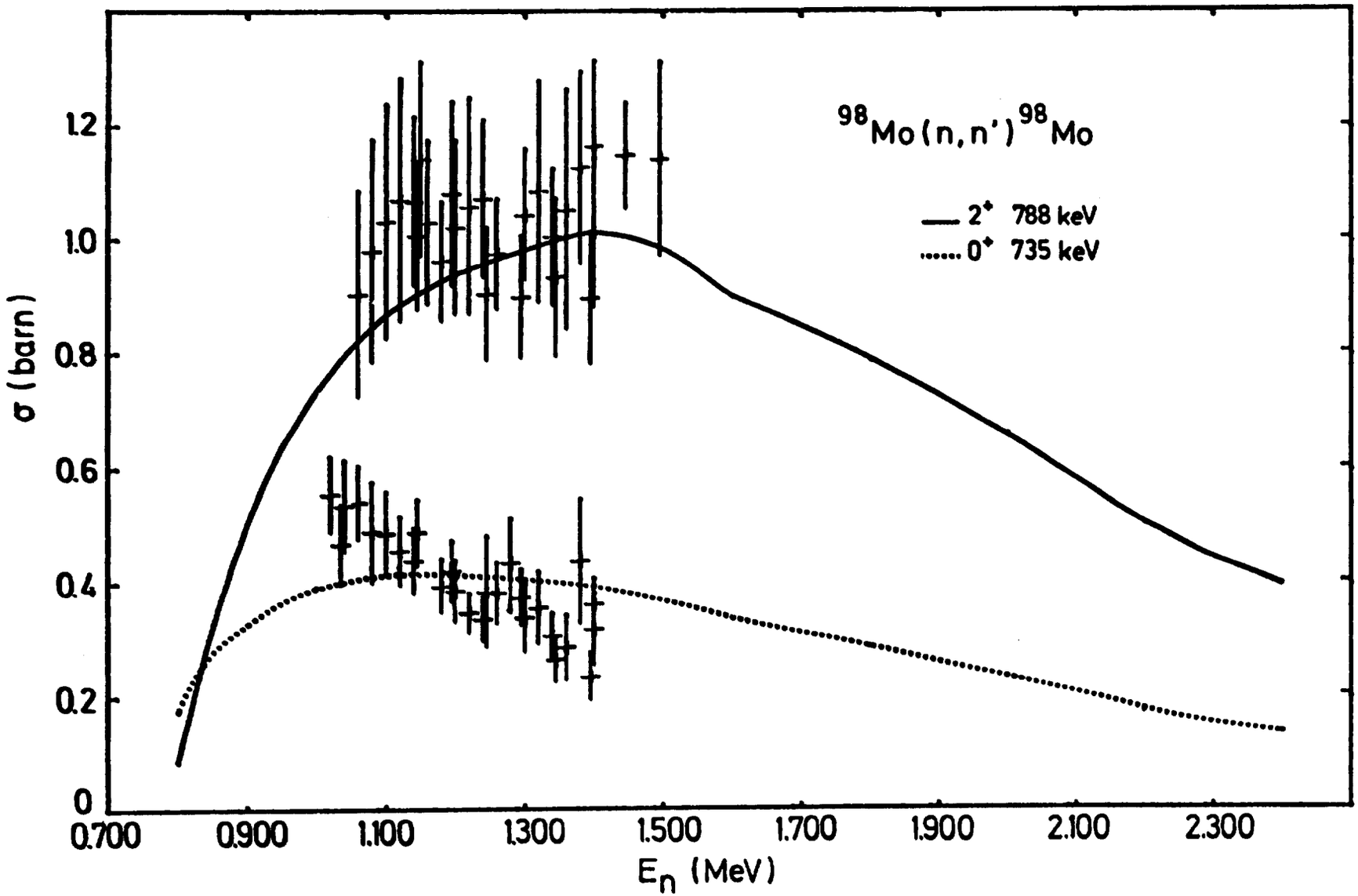
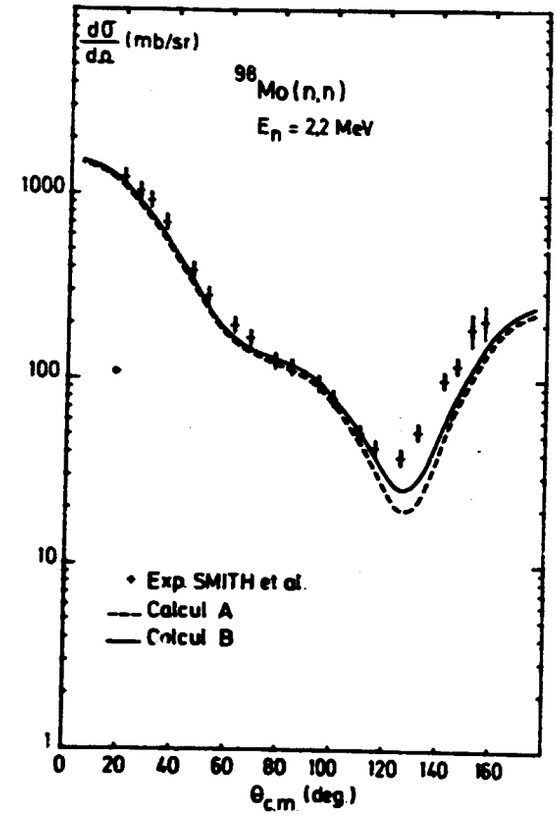
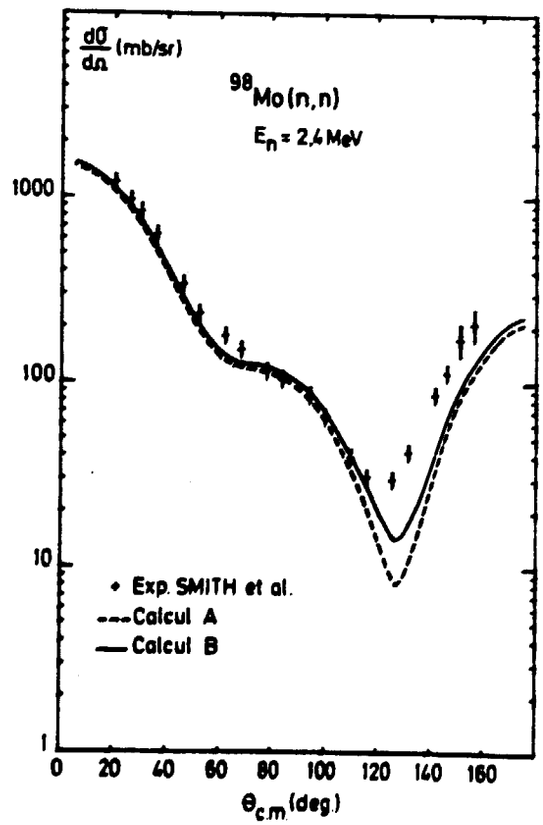

^{98}Mo(n,n')^{98}Mo
2$^+$ 788 keV
0$^+$ 735 keV
σ (barn)
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0.700
0.900
1.100
1.300
1.500
1.700
1.900
2.100
2.300
E_n (MeV)

FIG. 8


dσ/dΩ (mb/sr)
98Mo(n,n)
En = 2,2 MeV
1000
100
10
1
0 20 40 60 80 100 120 140 160
θc.m. (deg.)
• Exp. SMITH et al.
--- Calcul A
— Calcul B

a)


dσ/dΩ (mb/sr)
98Mo(n,n)
En = 2,4 MeV
1000
100
10
1
0 20 40 60 80 100 120 140 160
θc.m. (deg.)
• Exp. SMITH et al.
---Calcul A
— Calcul B

b)

FIG. 9

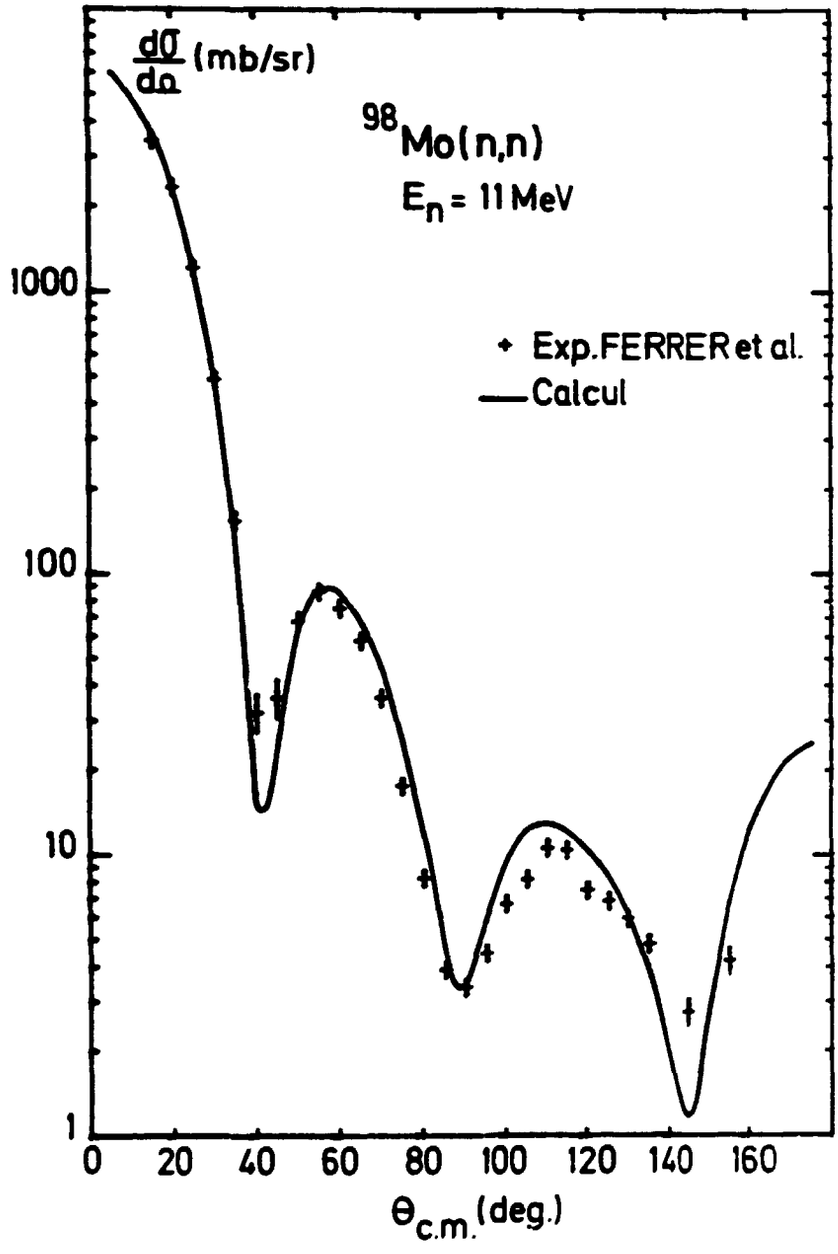

dσ/dΩ (mb/sr)
98Mo(n,n)
En = 11 MeV
Exp.FERRER et al.
Calcul
1000
100
10
1
0
20
40
60
80
100
120
140
160
θc.m. (deg.)

FIG.10

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