

1R 7500345  
Conférence internationale sur la physique neutronique et les données nucléaires  
pour les réacteurs et autres applications

Harwell, Royaume-Uni, 25-29 septembre 1978.

CEA-CONF-4467

EVALUATION PAR MODELES NUCLEAIRES DES SECTIONS EFFICACES NEUTRONIQUES  
DES PLUTONIUM 240 ET 242 ENTRE 10 keV et 20 MeV

J. JARY, Ch. LAGRANGE

Service de Physique Nucléaire  
Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel  
B.P. n° 561  
92542 MONTROUGE CEDEX, France

RESUME -

Les modèles optique et statistique ont été utilisés pour déterminer un ensemble physiquement cohérent des sections efficaces neutroniques sur  $^{240}\text{Pu}$  et  $^{242}\text{Pu}$  entre 10 keV et 20 MeV. Les calculs sont en bon accord avec les données expérimentales dont on dispose.

ABSTRACT -

We present coherent calculations of a set of neutron cross sections for  $^{240}\text{Pu}$ - $^{242}\text{Pu}$  in the energy range 10 keV-20 MeV using the optical and statistical models. It can be seen that the present analysis shows good general agreement with the various experimental cross sections.

## 1. INTRODUCTION

Les modèles optique et statistique ont été utilisés pour déterminer un ensemble physiquement cohérent des diverses sections efficaces neutroniques relatives aux isotopes  $^{240}\text{Pu}$  et  $^{242}\text{Pu}$  du plutonium dans un domaine d'énergie allant de 10 keV à 20 MeV.

Dans une première étape, un ensemble adéquat des paramètres d'un potentiel optique déformé a permis d'évaluer la section efficace totale et les sections efficaces élastique et inélastiques directes. Ensuite, le modèle statistique a permis de calculer les sections efficaces de capture radiative, de diffusion par noyau composé, de fission et de réactions  $(n, xn)$  en utilisant les pénétrabilités "neutron" issues des calculs précédents en voies couplées.

## 2. PARAMETRISATION DU MODELE OPTIQUE EN VOIES COUPLEES

Pour les noyaux déformés de la région des actinides dont font partie  $^{240}\text{Pu}$  et  $^{242}\text{Pu}$ , nous avons employé le modèle optique en voies couplées [1] dans lequel le potentiel d'interaction neutron-noyau tient compte des déformations permanentes quadrupolaire (paramètre  $\beta_2$ ) et hexadécapolaire (paramètre  $\beta_4$ ) de la cible. Les paramètres sont ceux calculés par Möller [2] légèrement réajustés d'après les résultats obtenus pour les cibles voisines  $^{238}\text{U}$  et  $^{232}\text{Th}$  [3].

Les calculs ont été effectués en couplant le fondamental du noyau cible aux deux premiers états excités (base  $0^+, 2^+, 4^+$ ), les termes de couplage étant pris complexes. Les intensités des potentiels réel et imaginaire ont été obtenues par la méthode SPRT [4] appliquée à  $^{240}\text{Pu}$  et étendue à  $^{242}\text{Pu}$  par l'introduction d'un terme d'isospin. Les autres paramètres du modèle optique (rayons, diffusivités, variation des potentiels avec l'énergie du neutron incident) sont ceux de la référence [3].

## 3. CALCULS DES SECTIONS EFFICACES DE CAPTURE RADIATIVE, DE DIFFUSION ET DE REACTION $(n, xn)$ PAR MODELE STATISTIQUE

Les sections efficaces sont calculées selon les méthodes développées en référence [5].

Les pénétrabilités "neutron" nécessaires sont issues des calculs en voies couplées ci-dessus.

Pour  $^{240}\text{Pu}$ , les 30 premiers niveaux excités (jusqu'à 1,4108 MeV) [6] ont été pris en compte. Pour  $^{242}\text{Pu}$ , dont le spectre est moins bien connu, les dix premiers niveaux de  $^{242}\text{Pu}$  [7] ont été complétés jusqu'à 1,4108 MeV par ceux de  $^{240}\text{Pu}$ . Pour ces deux noyaux, la densité de niveaux continue du type gaz de Fermi, suit le formalisme donné en référence [8]. Les largeurs radiatives moyennes choisies sont de 30,8 meV et 27 meV pour les noyaux composés  $^{241}\text{Pu}$  et  $^{243}\text{Pu}$  respectivement [9]. Les formes des barrières de fission sont voisines de celles données par Auchampaugh [10] pour  $^{241}\text{Pu}$  et par Back [11] pour  $^{243}\text{Pu}$ .

Les sections efficaces de fission calculées ont été ajustées sur les valeurs expérimentales de Weston [12] pour  $^{240}\text{Pu}$  ( $n, f$ ) et de Mann et Schenter [13] pour  $^{242}\text{Pu}$  ( $n, f$ ).

## 4. RESULTATS

Nous donnons sur les figures 1, 2 et 3 quelques résultats relatifs au  $^{240}\text{Pu}$  en comparaison avec d'autres évaluations [14]. Les sections efficaces de diffusion élastique et inélastiques sont en bon accord avec les mesures de Smith [15].

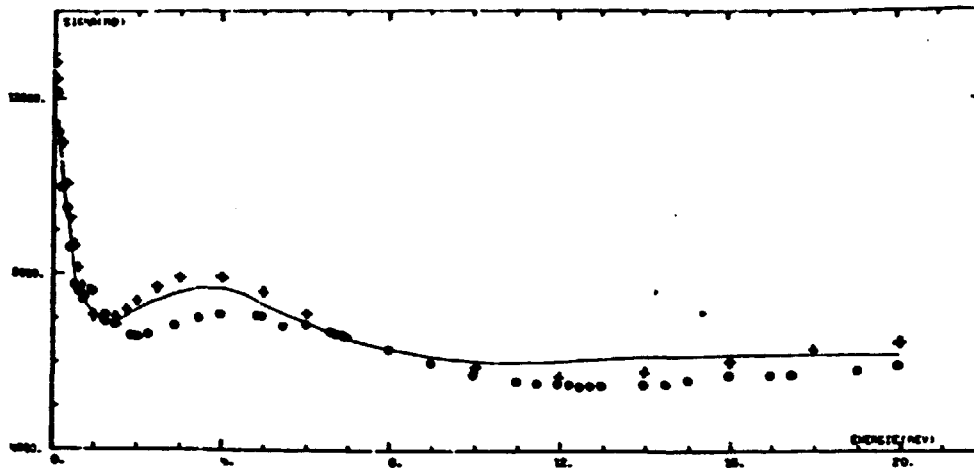
La figure 4 montre l'accord obtenu pour  $^{242}\text{Pu}$  entre les sections efficaces de capture radiatives calculées ici et mesurées [16] en comparaison avec d'autres évaluations [14]. Les sections efficaces de diffusion calculées sont données sur la fig. 5. L'ensemble de ces calculs a fait l'objet d'un rapport [17].

## 5. CONCLUSION

Cette étude confirme l'intérêt des modèles nucléaires pour l'évaluation d'un ensemble cohérent de données neutroniques dans un large domaine d'énergie. Le bon accord obtenu avec les données expérimentales du noyau test  $^{240}\text{Pu}$ , permet de penser que les sections efficaces calculées pour  $^{242}\text{Pu}$  pratiquement inconnues

REFERENCES

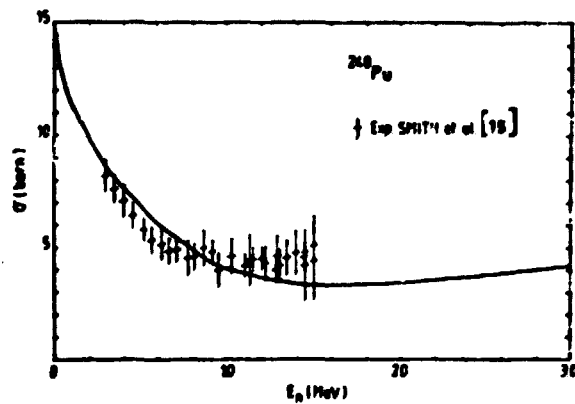
- [1] Tamura, T. : "Analyses of the scattering of nuclear particles by collective nuclei in terms of the coupled-channel calculation", Rev. Mod. Phys., Vol. 37, p. 679 (1965) ; Rapport ORNL 4152 (1962).
- [2] Möller, P., Nilsson, S.G., Nix, J.R. : "Calculated ground-state properties of heavy nuclei", Nucl. Phys., Vol. A229, p. 292 (1974).
- [3] Haouat, G., et al. : "Differential cross section measurements of fast neutron scattering for  $^{208}\text{Pb}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{238}\text{U}$  at 2.5 MeV", Rapport NEANDC (E) 180 "L" - INDC (FR) 13/L (1977).
- [4] Delaroche, J.P., Lagrange, Ch., Saivy, J. : "Nuclear theory in neutron nuclear data evaluation", IAEA-190, Vol. I, Vienna 1976.
- [5] Jary, J., Lagrange, Ch., Thomet, P. : "Coherent optical and statistical model calculations of neutron cross sections for  $^{238}\text{U}$  between 1 keV and 20 MeV", Rapport NEANDC (E) 174 "L" - INDC (FR) 9/L (1977).
- Jary, J. : "Methode de calcul par modèle statistique des sections efficaces des réactions (n,xn) et (n,xnf) pour les isotopes de l'uranium  $^{232}\text{U}$  à  $^{239}\text{U}$  dans le domaine d'énergie 2 MeV - 15 MeV", Rapport CEA-R-4647 (1975).
- [6] Nuclear Data Sheets, Vol. 20, p. 218 (1977).
- [7] Nuclear Data Sheets, Vol. 21, p. 618 (1977).
- [8] Gilbert, A., Cameron, A.G.W. : "A composite nuclear-level density formula with shell corrections", Can. J. Phys., Vol. 43, p. 1446 (1965).
- [9] Lynn, J.E. : "Systematics for neutron reactions of the actinide nuclei", AERE-R-7468 (1974).
- [10] Auchampaugh, G.F., Weston, L.W. : "Parameters of the subthreshold fission structure in  $^{240}\text{Pu}$ ", Phys. Rev., Vol. C12, p. 1850 (1975).
- [11] Back, B.B., et al. : "Fission of odd A and doubly-odd actinide nuclei induced by direct reactions", LA-UR-74-798 (1974).
- [12] Weston, L., Stewart, L. : Communication privée (1977).
- [13] Mann, F.M., Shenter, R.E. : "HEDL evaluation of actinide cross sections for ENDF/B-V", HEDL-TME77-54-UC-79D (1977).
- [14] ENDF-BIV : évaluation pour  $^{240}\text{Pu}$  et  $^{242}\text{Pu}$ .  
LLL-ENDL-76 : évaluation pour  $^{240}\text{Pu}$  et  $^{242}\text{Pu}$ .
- [15] Smith, A.B., et al. : "Fast neutron total and scattering cross-sections of  $^{240}\text{Pu}$ ", NSE, Vol. 47, p. 19 (1972).
- [16] Hockenbury, R.W., et al. : "KeV capture cross section of  $^{242}\text{Pu}$ ", Proc. Conf. Washington (3-7 Mars 1975) Vol. II, p. 584.
- [17] Lagrange, Ch., Jary, J. : "Coherent optical and statistical model calculations of neutron cross sections for  $^{240}\text{Pu}$  and  $^{242}\text{Pu}$  between 10 keV and 20 MeV", INDC (FR) 30 L - NEANDC (E) 198 L. A paraître.



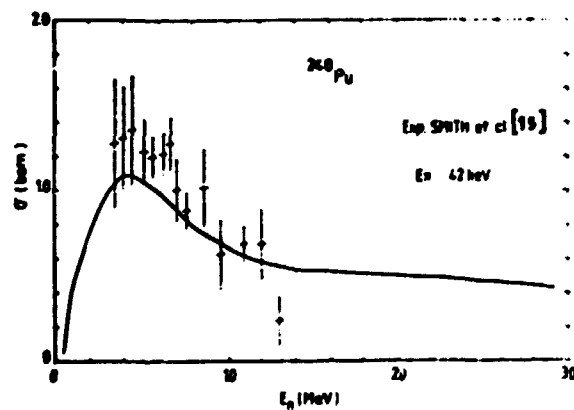
**Fig. 1** - Section efficace totale de  $^{240}\text{Pu}$

La courbe en trait plein donne les valeurs ENDF-BIV

- ENL (1976)
- + Calculs présents



**Fig. 2** - Section efficace élastique de  $^{240}\text{Pu}$ .



**Fig. 3** - Section efficace inélastique sur le premier niveau excité de  $^{240}\text{Pu}$ .

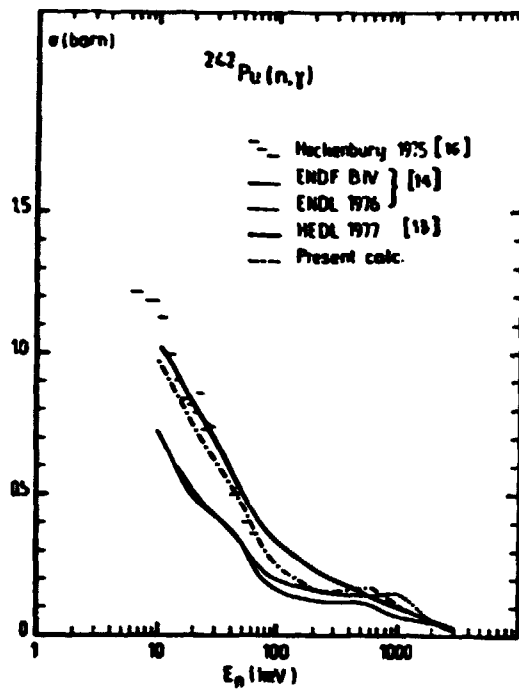


Fig. 4 - Section efficace de capture radiative de  $^{242}\text{Pu}$ .

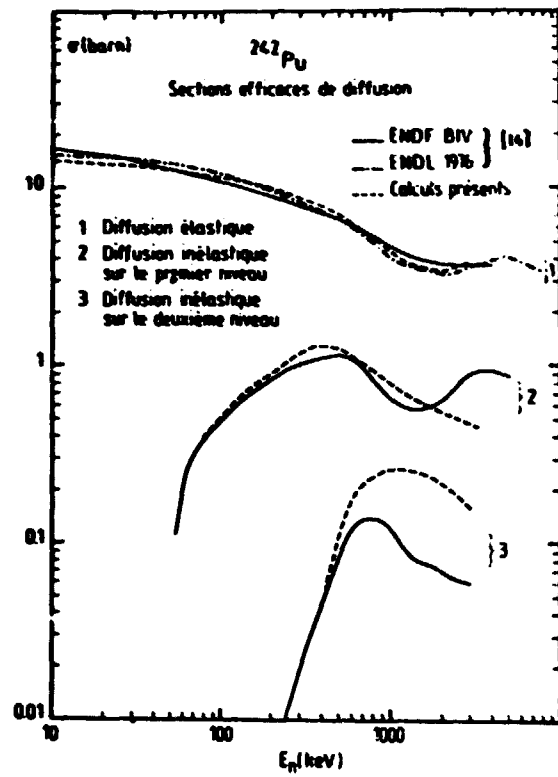


Fig. 5 - Sections efficaces de diffusion élastique et inélastiques de  $^{242}\text{Pu}$ .