

FR 81 00 703

CEA-N-2194

- Note CEA-N-2194 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

**MESURES ABSOLUES DES SECTIONS EFFICACES DE FISSION DE  $^{235}\text{U}$  A 2,5 MeV  
ET 4,5 MeV ET DE  $^{241}\text{Am}$  A 14,6 MeV**

par

Michel CANCE, Gérard GRENIER

- Mars 1981 -

Note CEA-N-2194

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

*en français*

[00] REACTIONS PAR NEUTRONS  
FISSION  
SECTIONS EFFICACES  
DONNEES EXPERIMENTALES  
[01] CIBLE URANIUM 235  
DOMAINE  $\sigma$ 1 - 10 MEV  
[02] CIBLE AMERICIUM 241  
DOMAINE 10 - 100 MEV

*en anglais*

[00] NEUTRON REACTIONS  
FISSION  
CROSS SECTIONS  
EXPERIMENTAL DATA  
[01] URANIUM 235 TARGET  
MEV RANGE 01 - 10  
[02] AMERICIUM 241 TARGET  
MEV RANGE 10 - 100

- Note CEA-N-2194 -

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

MESURES ABSOLUES DES SECTIONS EFFICACES DE FISSION DE  $^{235}\text{U}$  A 2,5 MeV  
ET 4,5 MeV ET DE  $^{241}\text{Am}$  A 14,6 MeV

par

Michel CANCE, Gérard GRENIER

CEA-N-2194 - Michel CANCE, Gérard GRENIER

MESURES ABSOLUES DES SECTIONS EFFICACES DE FISSION DE  $^{235}\text{U}$  A 2,5 MeV ET 4,45 MeV ET DE  $^{241}\text{Am}$  A 14,6 MeV

Sommaire. - Nous avons mesuré la section efficace de fission de  $^{235}\text{U}$  avec des neutrons de 2,5 MeV et 4,45 MeV à l'aide d'un détecteur appelé détecteur hybride comportant une chambre à fission  $2\pi$  et un télescope à protons de recul ; un  $\text{BF}_3$  étalonné a été aussi utilisé. Les valeurs de  $\sigma(n,f)$  sont :  $(1,26 \pm 0,03)$  barn à 2,50 MeV et  $(1,13 \pm 0,03)$  barn à 4,45 MeV. La section efficace de  $^{241}\text{Am}$  pour des neutrons de 14,6 MeV obtenue par la méthode de la particule associée à l'aide d'un scintillateur gazeux en géométrie  $4\pi$  est :  $(2,65 \pm 0,12)$  barns. Ces valeurs sont comparées aux données antérieures.

1981

20 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

---

CEA-N-2194 - Michel CANCE, Gérard GRENIER

ABSOLUTE FISSION CROSS-SECTION MEASUREMENTS OF  $^{235}\text{U}$  AT 2.5 AND 4.45 MeV, AND  $^{241}\text{Am}$  AT 14.6 MeV NEUTRON ENERGIES

Summary. - Measurements of the absolute neutron fission cross section of  $^{235}\text{U}$  have been made at 2.5 and 4.45 MeV using a hybrid detector. The fission events were detected in an ionization chamber ( $2\pi$ ) and the neutron flux was determined by a proton recoil telescope and a directional long counter at 2.5 MeV also. Our values  $(1.26 \pm 0.03)$  barn at 2.5 MeV and  $(1.13 \pm 0.03)$  barn at 4.45 MeV are compared to previous data. Measurement of the absolute neutron fission cross-section of  $^{241}\text{Am}$  has been made at 14.6 MeV with a gaseous scintillator and using the associated particle method. Our value  $(2.65 \pm 0.12)$  barns is compared to previous data.

1981

20 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION ..... 2

I - MESURE DE LA SECTION EFFICACE DE FISSION DE L' $^{235}\text{U}$  A 2,5 MeV ET  
A 4,45 MeV ..... 2

    a)-Implantation générale ..... 2

    b)-Source de neutrons ..... 2

    c)-Détecteurs ..... 2

        1)-Détecteur hybride ..... 2

        2)-Long compteur  $\text{BF}_3$  ..... 3

    d)-Procédure expérimentale ..... 3

        1)-Méthode d'acquisition ..... 3

        2)-Résultats ..... 4

II - MESURE ABSOLUE DE LA SECTION EFFICACE DE L' $^{241}\text{Am}$  A 14,6 MeV ..... 5

    a)-Conditions expérimentales ..... 5

    b)-Résultats ..... 5

REFERENCES ..... 7

TABLEAUX ..... 8

FIGURES ..... 15

INTRODUCTION -

La section efficace de fission de  $1^{235}\text{U}$  est considérée comme un standard dont la précision est estimée à environ 3%. Cependant, entre 2 et 6 MeV, les écarts sont plus importants et peuvent atteindre 8% ; c'est pour-  
quoi nous avons mesuré avec précision la section efficace de cet élément à 2,5 MeV (énergie souvent prise comme énergie de référence) et à 4,45 MeV.

La section efficace de fission de  $1^{241}\text{Am}$  présente, à 14,6 MeV, des écarts allant jusqu'à 20% ; sans doute la forte activité  $\alpha$  de cet élément explique les difficultés qu'il y a d'obtenir une bonne précision. A l'aide d'un scintillateur gazeux rapide et de la méthode de la particule associée nous avons tenté d'améliorer la connaissance de cette section efficace.

I - MESURE DE LA SECTION EFFICACE DE FISSION DE  $1^{235}\text{U}$  A 2,5 MeV ET A 4,45 MeV -

a) - Implantation générale.

La source de neutrons et les détecteurs sont placés dans une salle présentant le minimum de neutrons diffusés (murs et toits transparents aux neutrons). Le détecteur hybride et le BF3 étalon sont placés à 0°, respectivement, à 10 cm environ et à 2 mètres de la source de neutrons.

b) - Source de neutrons.

Les neutrons de 2,5 MeV et 4,45 MeV sont produits, respectivement, à l'aide des réactions  $\text{T}(p,n)^3\text{He}$  et  $\text{D}(d,n)^3\text{He}$  ; dans le premier cas, le tritium est inclus dans du titane évaporé sur un support d'or ; dans le deuxième cas, le deutérium est enfermé dans une cellule isolée du vide de l'accélérateur par une fenêtre de 2,5  $\mu\text{m}$  d'Havar.

Le faisceau de neutrons était pulsé à une fréquence de 2,5 MHz avec des largeurs de bouffée de l'ordre de 1 ns grâce à la compression d'un aimant Mobley monté sur l'accélérateur Van de Graaff 4 MV.

c) - Détecteurs.

1) - Détecteur hybride.

Il est composé d'une chambre à fission  $2\pi$  dans sa partie avant et d'un télescope à protons de recul pour la mesure du flux de neutrons dans sa partie arrière. Comme on peut le voir sur la Fig. 1 le dépôt

fissile et le radiateur sont placés de part et d'autre d'un disque mince assurant la séparation entre la chambre d'ionisation et le télescope. Un dispositif identique avait déjà été développé par BARTON [1], dans lequel la détection des fragments de fission était réalisée par un détecteur semi-conducteur. L'utilisation d'une chambre d'ionisation permet de réduire la quantité de matière entre la cible et le dépôt, donc de minimiser la diffusion de neutrons. La transmission des neutrons à travers le détecteur hybride est de l'ordre de 97%.

- chambre à fission.

Le dépôt d'oxyde d' $^{235}\text{U}$ , dont la composition isotopique est notée dans le tableau I, a une épaisseur de  $90 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Il a été déposé par la méthode du "Sputtering" sur un support de tantale de  $0,3 \text{ mm}$  d'épaisseur. Le nombre d'atomes d' $^{235}\text{U}$  est déterminé par comptage  $\alpha$  en faible géométrie, en utilisant la vie moyenne de l' $^{234}\text{U}$  recommandée par VANINBROUKX [2]. Le gaz de remplissage de la chambre à fission est un mélange argon (90%), méthane (10%) à la pression de  $0,06 \text{ mPa}$  ( $0,6 \text{ atm}$ ) et la distance électrode-dépôt est de  $6 \text{ mm}$ .

- télescope à protons de recul.

Il est constitué par un radiateur en polyéthylène de  $10 \mu\text{m}$  d'épaisseur et de même diamètre que le dépôt fissile. Les protons de recul créés par le choc des neutrons sont analysés par deux détecteurs semiconducteurs complètement désertés, le premier prélevant une partie de l'énergie, le second enregistrant l'énergie restante. Dans le cas des neutrons de  $2,5 \text{ MeV}$  le premier détecteur avait une épaisseur de  $50 \mu\text{m}$ , dans le cas des neutrons de  $4,45 \text{ MeV}$  cette épaisseur était de  $150 \mu\text{m}$ ; le second détecteur avait une épaisseur de  $100 \mu\text{m}$ . Le nombre d'atomes d'hydrogène présents dans le radiateur était déterminé par les laboratoires HUFFMAM (Colorado).

2)-Long compteur  $\text{BF}_3$ .

Dans le cas des neutrons de  $2,5 \text{ MeV}$ , nous avons utilisé un long compteur directionnel étalonné à Cadarache pour obtenir une seconde mesure de neutrons.

d)-Procédure expérimentale.

1)-Méthodes d'acquisition.

La méthode de temps de vol était utilisée de façon à ne prendre

en compte que les événements de fission corrélés avec les bouffées de neutrons. L'acquisition biparamétrique du spectre d'énergie des fragments de fission et du spectre de temps de vol permettait, de plus, une correction précise des fissions non corrélées avec les bouffées de neutrons.

L'identification des protons de recul dans le télescope était réalisée à l'aide du spectre biparamétrique des énergies laissées par le proton dans chacun des deux détecteurs. Le bruit de fond était mesuré en l'absence de radiateur, et en l'absence de tritium ou de deutérium dans les cibles productrices de neutrons.

## 2)-Résultats.

La nature et la grandeur des corrections nécessaires sont résumées dans le tableau II. La perte des fragments de fission dans le dépôt est calculée à l'aide d'un code de Monte Carlo ; il en est de même en ce qui concerne les fissions dues aux neutrons diffusés sur les matériaux de structure voisins du dépôt fissile et qui ne peuvent être éliminées par la méthode de temps de vol.

Les erreurs intervenant dans la mesure de la section efficace sont notées dans le tableau III.

Les résultats obtenus, compte tenu des incertitudes associées, sont donnés dans le tableau IV. Nos valeurs sont comparées avec des données récentes sur la figure 2. Nos résultats sont cohérents avec l'évaluation ENDF-B IV qui tient compte de notre valeur à 14,6 MeV.

II - MESURE ABSOLUE DE LA SECTION EFFICACE DE L' $^{241}\text{Am}$  A 14,6 MeV -

a)-Conditions expérimentales (Cf. Fig.3).

Les neutrons de 14,6 MeV étaient fournis à l'aide de la réaction  $\text{T}(d,n)_2^4\text{He}$  avec des deutons de 200 keV délivrés par un accélérateur Van de Graaff 550 keV.

Le nombre de ces neutrons était déterminé par les particules alpha associées [7].

Le dépôt d' $^{241}\text{Am}$  était obtenu par électrospraying sur un mince film de VYNS. Les caractéristiques du dépôt et du support sont rassemblées dans le tableau V. Le nombre d'atomes d' $^{241}\text{Am}$  est déterminé par comptage  $\alpha$  en faible géométrie ; la période utilisée est celle proposée par VANINBROUKX [2].

Le dépôt sépare le scintillateur gazeux rempli de xénon en deux cellules optiquement indépendantes, chacune d'elles étant vue par un photomultiplicateur.

Les impulsions délivrées par ces photomultiplicateurs sont sommées lorsqu'elles sont en coïncidence . Cette coïncidence rapide permet de constituer un spectre d'amplitude correspondant à la somme des énergies cinétiques des fragments de fission malgré la très forte activité  $\alpha$ .

L'acquisition biparamétrique de ce spectre et du spectre de temps de vol, obtenu entre la particule associée  $\alpha$  et les fragments de fission, permet d'améliorer encore le spectre d'amplitude et de faire une correction précise des événements non corrélés avec la particule associée.

b)-Résultats.

La nature et la grandeur des corrections sont présentées dans le tableau VI. La perte des fragments de fission, est obtenue expérimentalement en utilisant un dépôt d' $^{235}\text{U}$ .

Les erreurs entraînées par ces corrections ainsi que les autres erreurs sont présentées dans le tableau VII.

La valeur obtenue de  $\sigma(n,f)$  Am 241 à  $[14,6 \pm 0,13]$  MeV est  $[2,63 \pm 0,12]$  barns. Notre valeur est en bon accord avec les valeurs relatives et récentes de BEHRENS [8] et est comparée avec les autres données sur la figure 4.

REFERENCES

- [1] - D.M. BARTON et al., *N.S.E.*, 60, 369 (1976).
- [2] - R. VANINBROUKX, *EUR 5134 e, CBNM, GEEL* (1974).
- [3] - J.B. CZIRR, G.S. SIDHU, *N.S.E.*, 57, 18 (1975).
- [4] - W.P. POENITZ, *N.S.E.*, 64, 894 (1977).
- [5] - K. KARI, *KFK 2673, KARLSRUHE* (1978).
- [6] - A.D. CARLSON, B.H. PATRICK, *Compte-Rendus de la Conférence Internationale sur la Physique Neutronique et les Données Nucléaires pour les Réacteurs et Autres Applications, HARWELL 25-29 Sept. (1978)*.
- [7] - M. CANCE, G. GRENIER, *N.S.E.* 68, 197 (1978).
- [8] - J.W. BEHRENS, J.C. BROWNE, *UCID 17 324* (1976).
- [9] - E.F. FOMUSHKIN et al., *Soviet Journal of Nuclear Physics, Vol. 5, 689 (1967)*.
- [10] - R.H. IYER et al., *Proceedings of the Nuclear Physics and Solid State Physics Symposium. Univ. of Roorkee, India Doc. 28-31 (1969)*.
- [11] - M.I. KARAZINOVA et al., *Atomnaya Energiya* 8, 139 (1960).

*Manuscrit reçu le 13 janvier 1981*

TABLEAU I

Composition isotopique et épaisseur du dépôt.

COMPOSITION ISOTOPIQUE (en %)					EPAISSEUR ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )
Element	$^{234}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	$^{236}\text{U}$	$^{238}\text{U}$	$\text{U}_3\text{O}_8$
$^{235}\text{U}$	1,6653	97,663	0,1491	0,5229	103,2

TABLEAU II

Corrections

EFFET	CORRECTION (%)	
	$E_n = 2,5 \text{ MeV}$	$E_n = 4,45 \text{ MeV}$
<u>DETECTEUR DE FISSIONS</u>		
- Extrapolation vers zéro du spectre d'amplitude	0,9	1,2
- Perte de fissions	0,7	0,7
- Fissions dues aux autres isotopes	2,3	2,4
- Fissions dues aux neutrons diffusés	4,7	3,4
- Fissions sans T ou D dans la cible	0,1	7,4
<u>TELESCOPE</u>		
- Evénements sans radiateur	9,3	12
- Evénements sans T ou D dans la cible	0,6	2,8
- Atténuation des neutrons dans le support du dépôt	1,5	1,3
<u>LONG COMPTEUR DIRECTIONNEL</u>		
- Fond sans T dans la cible	0,4	
- Fond avec barre d'ombre	4	
- Atténuation des neutrons :		
. Dans l'air	2,7	
. Dans le détecteur hybride	2,7	

TABLEAU III

Erreurs

EFFET	ERREUR (%)	
	2, 5 MeV	4,45 MeV
<u>DETECTEUR DE FISSIONS</u>		
- Extrapolation vers zéro du spectre d'amplitude	0,1	0,1
- Perte de fissions	0,1	0,1
- Fissions dues aux autres isotopes	0,2	0,2
- Fissions dues aux neutrons diffusés	0,5	0,3
- Fissions sans T ou D dans la cible		0,7
- Nombre d'atomes de <sup>235</sup> U	0,5	0,5
- Statistique	0,7	1,1
- Facteurs géométriques	0,5	0,4
<u>TELESCOPE</u>		
- Evénements sans radiateur	0,9	1,2
- Evénements sans T ou D	0,1	0,3
- Atténuation des neutrons dans le support du dépôt	0,1	0,1
- $\sigma(n,p)$	0,75	0,75
- Nombre d'atomes d'hydrogène	0,2	0,2
- Efficacité	0,3	0,3
- Statistique	0,3	0,5
<u>LONG COMPTEUR DIRECTIONNEL</u>		
- Fond sans T dans la cible		
- Fond avec barre d'ombre	0,4	
- Atténuation des neutrons		
. Dans l'air	0,3	
. Dans le détecteur hybride	0,3	
- Efficacité	2,5	

TABLEAU IV

Résultats

Energie des neutrons	$2,5 \pm 0,04$ (MeV)		$4,45 \pm 0,1$ (MeV)
Détecteur de neutrons	Télescope	Long compteur	Télescope
Erreur finale	1,7*	2,8*	2,2*
$\sigma_{nf} (^{235}\text{U})$ (barn)	$1,28 \pm 0,02$	$1,23 \pm 0,03$	$1,13 \pm 0,03$
	$\overline{J}_{nf} = 1,26 \pm 0,03$		

\* Les erreurs sont ajoutées quadratiquement.

TABLEAU V

Caractéristiques du dépôt de  $^{241}\text{Am}$  et de son support.

DEPOT DE $^{241}\text{Am}$	
Forme chimique .....	acétate
Méthode de déposition .....	électrospraying
Epaisseur .....	12,32 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
Diamètre .....	60 mm
Nombre d'atomes/ $\text{cm}^2$ .....	$0,1702 \cdot 10^{17}$
(avec $T = 432 \pm 4$ ans)	
SUPPORT	
Feuille de plastique (vyns) .....	20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
Dépôt d'Al .....	20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

TABLEAU VI

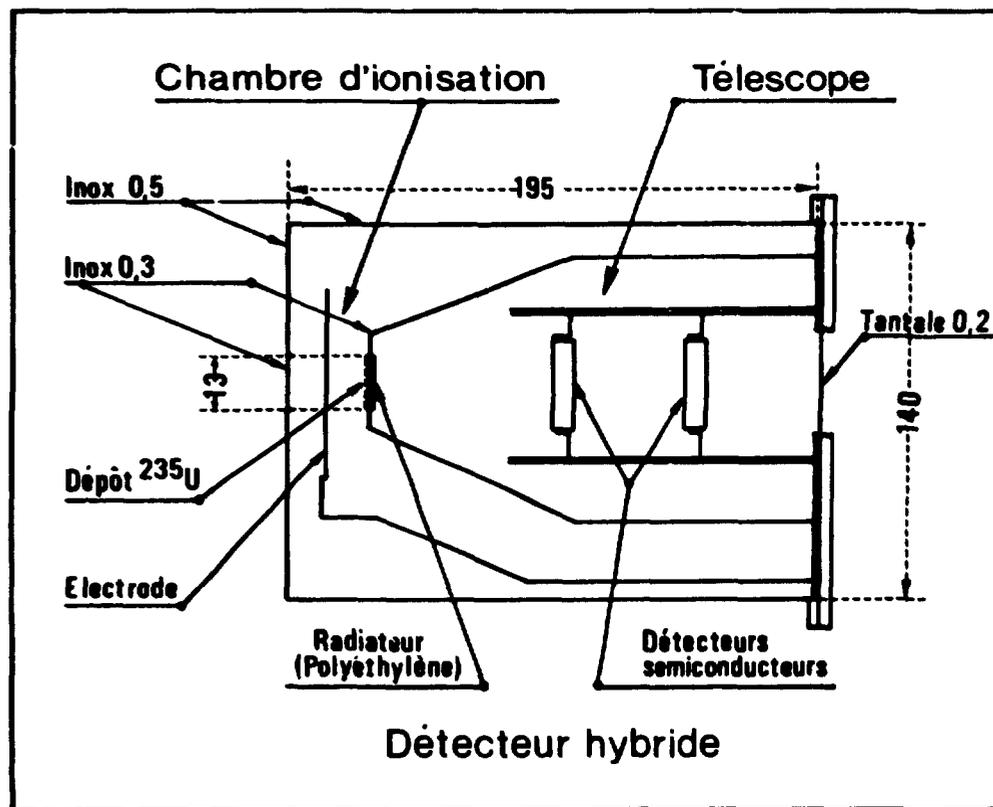
Corrections

EFFET	CORRECTIONS (%)
Perte de fissions	19,27
Fond (événements non corrélés)	10,01
Atténuation des neutrons	
- Dans le support de la cible	0,61
- Dans l'enveloppe de plastique entourant le scintillateur	0,23
- Dans la face avant du scintillateur	2,02

TABLEAU VII

Erreurs

EFFET	ERREUR % (1σ)
Perte de fissions	2,71
Statistique	2,6
Nombre d'atomes de <sup>241</sup> Am	2,5
Atténuation des neutrons	
- Dans le support de cible	0,01
- Dans l'enveloppe plastique	0,02
- Dans la face d'entrée du scintillateur	0,2
<u>Erreur finale</u>	4,52



*FIGURE 1 : Vue schématique du détecteur hybride*

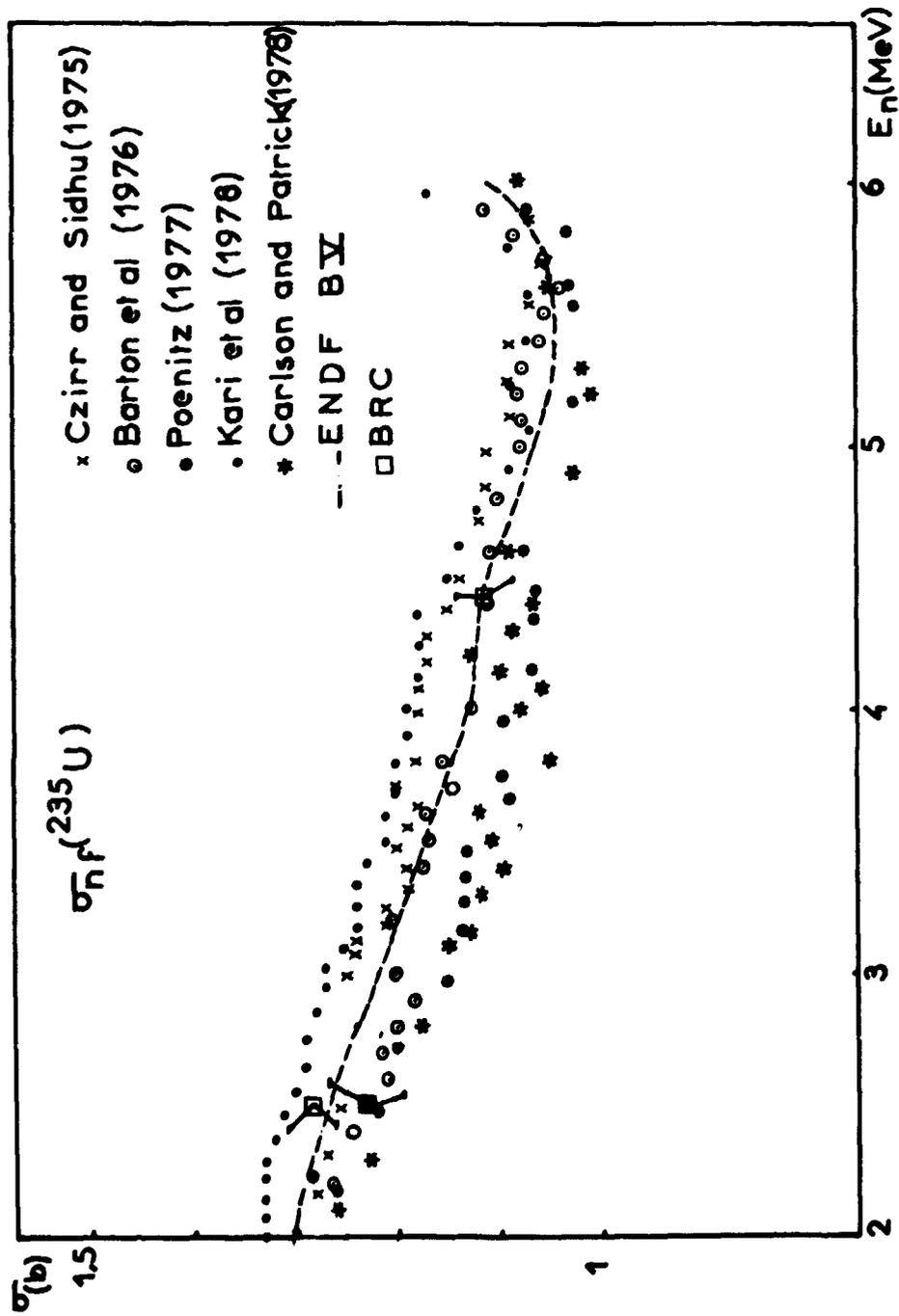


FIGURE 2 : Section efficace de fission de  $^{235}\text{U}$  pour des neutrons d'énergie comprise entre 2 et 6 MeV.

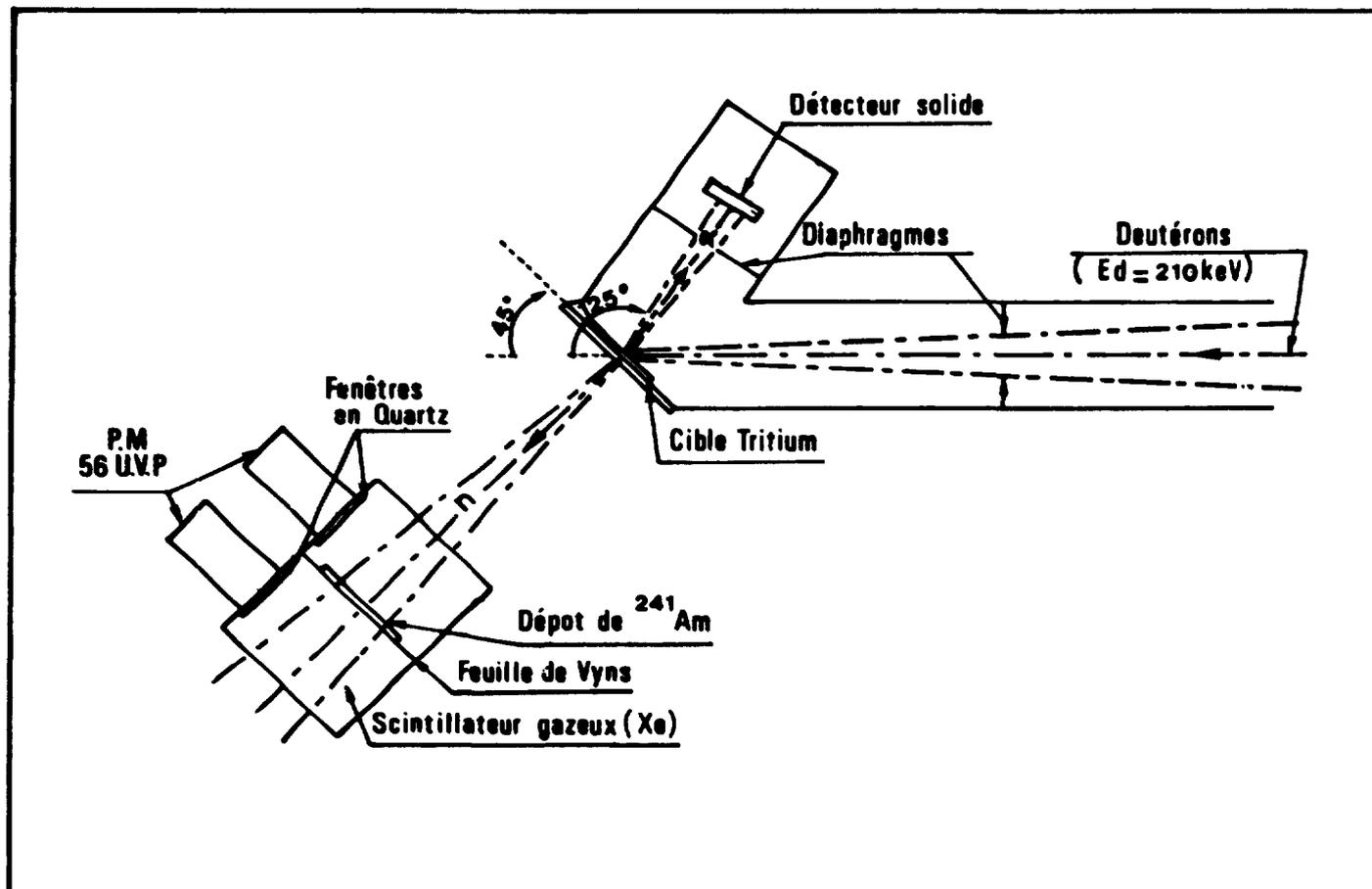


FIGURE 3 : *Dispositif expérimental*



*Édité par  
le Service de Documentation  
Centre d'Études Nucléaires de Saclay  
91191 GIF-sur-YVETTE Cédex (France)*