



ÉTABLISSEMENT TECHNIQUE CENTRAL DE L'ARMEMENT
Centre d'Études du Bouchet

ETCA -- 84 - R - 032

DURCISSEMENT DU SPECTRE NEUTRONIQUE
DU REACTEUR HARMONIE
CALCULS ET EXPERIENCES

Ce document comporte : 45 pages

9 figures

ARCDEIL, le 20 décembre 1983

ORGANISME EMETTEUR : <small>(Organisation Comptable de Secret ou de Sécurité)</small> ETABLISSEMENT TECHNIQUE CENTRAL DE L'ARMEMENT	CLASSIFICATION			
	<small>Secret militaire</small>	<small>Secret industriel</small>		
	REFERENCES D'ETABLISSEMENT DU DOCUMENT			
<small>Numero de contrat</small>		<small>Service de l'Etat charge de l'attribution du contrat</small>		
TITRE : Durcissement du spectre neutronique du réacteur Harmonie - Calculs et expériences				
AUTEUR (S) : FOREST I. - DHERMAIN J. - DETROUSSEL P. <small>(personne physique)</small>				
DATE : 20/12/83	<small>NUMERO D'ORIGINE DU DOCUMENT</small>	NOMBRE		
		<small>Pages</small>	<small>Figures</small>	<small>Ateliers Equipements</small>
		45	9	
RÉSUMÉ D'AUTEUR : Le durcissement, c'est à dire l'augmentation de l'énergie moyenne du spectre énergétique des neutrons produits par le réacteur Harmonie du CEN. Cadarache, a été calculé et réalisé expérimentalement à l'aide d'un manteau de polyéthylène entourant le cœur. Les résultats montrent que 8 cm de polyéthylène sont suffisants pour obtenir un spectre de dureté comparable à celui d'une arme à fission. Dans ces conditions le réacteur peut être considéré comme un simulateur acceptable du spectre neutronique de l'arme.				
NOTIONS D'INOEXAGE : DOSE NEUTRON-REACTEUR-CHAMBRES A FISSION CHAMBRE.EQUIVALENT TISSUS ...				

ETCA/CEB

20 décembre 1983

TITRE : Durcissement du spectre neutronique du réacteur Harmonie
Calculs et expériences.

AUTEURS: FOREST I. - DHERMAIN J. - DETROUSSEL P.

RESUME : Le durcissement, c'est à dire l'augmentation de l'énergie moyenne du spectre énergétique des neutrons produits par le réacteur Harmonie du CEN. Cadarache, a été calculé et réalisé expérimentalement à l'aide d'un manteau de polyéthylène entourant le coeur.
Les résultats montrent que 8 cm de polyéthylène sont suffisants pour obtenir un spectre de dureté comparable à celui d'une arme à fission.
Dans ces conditions le réacteur peut être considéré comme un simulateur acceptable du spectre neutronique de l'arme.

ETCA/CEB

20 décembre 1983

TITRE : Durcissement du spectre neutronique du réacteur Harmonie
Calculs et expériences.

AUTEURS: FOREST I. - DHERMAIN J. - DETROUSSEL P.

RESUME : Le durcissement, c'est à dire l'augmentation de l'énergie moyenne du spectre énergétique des neutrons produits par le réacteur Harmonie du CEN. Cadarache, a été calculé et réalisé expérimentalement à l'aide d'un manteau de polyéthylène entourant le coeur.
Les résultats montrent que 8 cm de polyéthylène sont suffisants pour obtenir un spectre de dureté comparable à celui d'une arme à fission.
Dans ces conditions le réacteur peut être considéré comme un simulateur acceptable du spectre neutronique de l'arme.

I - INTRODUCTION

En Avril 1982, le service DPN/ER du CEB a effectué une série d'expériences sur le Centre d'études Nucléaires de Cadarache auprès du réacteur Harmonie. Le but poursuivi est la qualification de cette machine pour les études de défense nucléaire (1). Une des principales conclusions de ce travail fût que le spectre énergétique des neutrons avait une valeur moyenne beaucoup plus basse que celle observée pour un spectre d'arme à fission à une certaine distance du point d'explosion. Ce résultat a été confirmé par des expériences effectuées en Mars 1983 (2).

Dans ces conditions, pour pouvoir considérer le réacteur Harmonie comme un dispositif de simulation acceptable du rayonnement d'une arme à fission, il est nécessaire de "durcir" le spectre énergétique, c'est à dire d'élever l'énergie moyenne des neutrons responsables de la dose.

Le présent document est le compte rendu d'essais effectués en Septembre 1983 auprès du même réacteur. En utilisant un effet de filtration du spectre par un matériau fortement hydrogéné le calcul montre une augmentation significative de la valeur moyenne du spectre énergétique.

Les expériences ont confirmé ce résultat, les moyens nécessaires à son obtention restant tout à fait raisonnables.

II - METHODE DE RENFORCEMENT DU SPECTRE

L'observation de la section efficace totale d'interaction des neutrons avec l'hydrogène montre que la probabilité d'interaction augmente lorsque l'énergie des neutrons diminue (figure 1.). D'où une possibilité de filtration par une dégradation du spectre préférentiellement à basse énergie.

Ce durcissement sera caractérisé par l'augmentation d'un critère lié au rapport des sections efficaces U238 et Np, critère qui sera défini plus précisément au § VI.

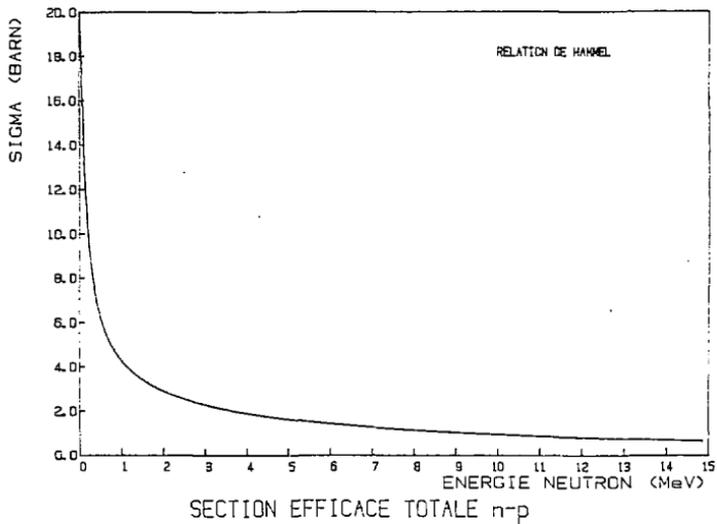


Figure 1

III - APPROCHE THEORIQUE DU PROBLEME

A/ Introduction :

Dans le but de caractériser ce processus de filtre, un programme en FORTRAN a été réalisé, permettant de suivre l'évolution du critère de dureté en fonction de l'épaisseur de matériau utilisé et de trouver un compromis entre un critère de dureté satisfaisant et une atténuation moindre du flux.

Ce programme fait appel à la technique dite de Monte Carlo en mode direct, méthode qui consiste à simuler un phénomène physique en déterminant aléatoirement les paramètres influant sur ce phénomène.

Ainsi dans le cas présent, le neutron est suivi depuis la source jusqu'à un détecteur fictif. Il perd son énergie par diffusions élastiques ou inélastiques successives dans le manteau de polyéthylène qui entoure le réacteur.

Pour chaque collision, le programme utilise un générateur de nombres aléatoires équiparties entre 0 et 1 et qui, associés aux caractéristiques physiques du neutron (Energie, sections efficaces) déterminent sa destinée.

De diffusion en diffusion le neutron a une certaine probabilité de s'échapper du polyéthylène. Le spectre final peut être ainsi constitué et les différentes grandeurs qui nous intéressent (critère de dureté, Kerma) sont alors calculées.

B/ Le programme :

1. Hypothèses

Afin de simplifier les calculs géométriques, le réacteur a été décrit comme une sphère. En effet les particularités de la symétrie sphérique permettent de localiser les interactions successives par 2 variables seulement ; R (Rayon collision centre de la sphère) et θ (angle entre le rayon et la direction du neutron).

.../...

Pour représenter le spectre des neutrons issus du réacteur d'Harmonie, nous avons utilisé le spectre de Flattop (3) constitué d'un coeur fissile entouré d'un réflecteur ^{238}U et qui est supposé très semblable à celui d'Harmonie.

Une autre hypothèse a été faite en considérant qu'un neutron de retour dans le coeur est absorbé et définitivement perdu pour le calcul. Il n'a pas été pris en compte les éventuelles fissions que le neutron aurait pu alors induire puisque le flux du réacteur est maintenu stable par les opérateurs.

2. Organigramme

L'organigramme est représenté figure n°2. Un schéma indique la géométrie très simple considérée pour traiter le problème.

Le spectre initial est découpé en bandes d'énergie à l'intérieur desquelles l'énergie des neutrons est calculée aléatoirement. La distribution angulaire des neutrons à la sortie du coeur est équirépartie entre 0 et $\frac{\pi}{2}$ (0 sortie radiale, $\frac{\pi}{2}$ sortie tangentielle).

La première collision a lieu à une distance calculée aléatoirement (ou bien n'a pas lieu du tout et le neutron sort directement).

Il s'agit ensuite de définir la nature de l'ion touché Hydrogène ou Carbone. La décision est prise en fonction des sections efficaces relatives des 2 ions en présence. La section efficace de diffusion élastique de l'hydrogène est calculée en fonction de l'énergie d'après la relation de RAMMEL :

$$\sigma = 5,603 \pi / (1 + 7,417 E + 0,1105 E^2) + 0,8652 \pi / (1 + 0,2427 E + 0,0028 E^2)^*$$

Les sections efficaces du Carbone ont été recalculées à partir des tables de (4) en cernant au mieux les nombreux pics qu'elles présentent

* avec σ en barn et E en MeV

.../...

HYPOTHESES :

- SYMETRIE SPHERIQUE
- SOURCE UTILISEE : FLATTOP
- NEUTRON DANS LE COEUR = ABSORBE



R0 Rayon extérieur de (C₂H₅N)

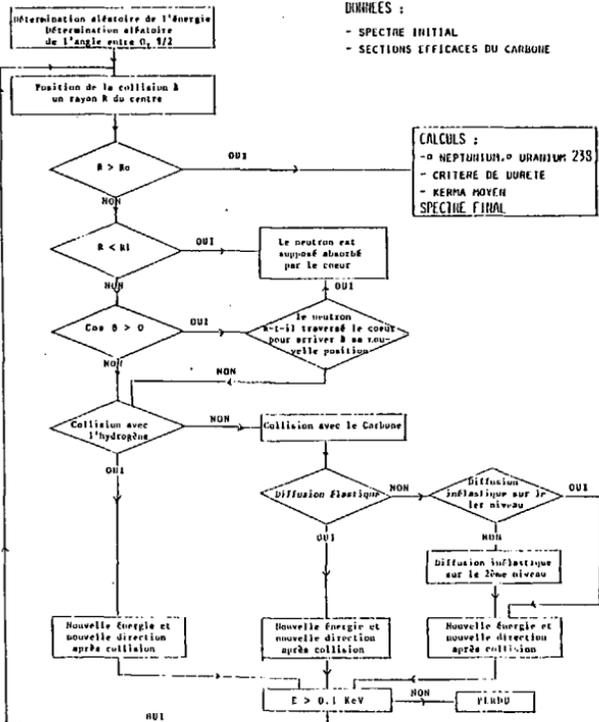
R1 Rayon du coeur 25 cm

Donnees :

- SPECTRE INITIAL
- SECTIONS EFFICACES DU CARBONE

CALCULS :

- σ NEPTUNIUM, σ URANIUM 238
- CRITERE DE DURETE
- KERMA MOYEN
- SPECTRE FINAL



Pour avoir une distribution continue, un programme d'interpolation a été écrit.

- si la diffusion a lieu sur l'hydrogène l'angle de déviation du neutron dans le centre de masse est équiréparti entre 0 et π .

Il est calculé à l'aide d'un nombre aléatoire et permet de déterminer l'énergie du neutron après la collision.

- si l'ion touché est le carbone, il faut déterminer s'il s'agit d'une diffusion élastique ou inélastique en comparant les sections efficaces relatives des deux processus.

* Dans le premier cas l'angle de déviation dans le centre de masse est calculé aléatoirement et est introduit dans la relation donnant l'énergie du neutron après diffusion élastique.

* Dans le second cas, un nouveau test sur les sections efficaces est réalisé pour décider si la diffusion inélastique a lieu sur le premier ou le second niveau. Le traitement est le même quelque soit le niveau de diffusion. Seules diffèrent les énergies laissées au carbone. L'énergie et l'angle de déviation après la diffusion sont alors déterminés.

Dans tous les cas, avant d'envisager une nouvelle collision, on s'assure que l'énergie n'est pas inférieure à un seuil de 0,2 KeV, énergie choisie en fonction du seuil de détection de la chambre US/ BIO. Cars alors le neutron resterait dans le manteau de polyéthylène et serait déclaré perdu.

Autrement, un nouveau cosinus directeur est défini et une autre collision peut avoir lieu.

A chaque diffusion le neutron a une certaine probabilité de s'échapper du manteau. Il est alors comptabilisé dans un spectre. En utilisant les relations suivantes (3) en fonction de l'énergie, les réponses des chambres à fission Neptunium et Uranium 238 ont pu être calculées (3).

$$\sigma_{Np} = \frac{1,43}{1 + (E/0,57)^{5,3}} - \frac{0,82}{1 + (E/7)^{16}} - \frac{0,43}{1 + (E/15)^{40}} - 0,3 e^{-(E - 2,2)^2} + 0,007 e^{-(20E - 4)^2}$$

avec σ_{Np} en barn et E en MeV

$$\sigma_U = 1,33 - \frac{0,51}{(1 + E/1,5)^{11}} - \frac{0,45}{1 + (E/6,4)^{20}} - \frac{0,37}{1 + (E/14,1)^{20}} + 0,03 e^{-(3E - 6)^2}$$

avec σ_U en barn et E en MeV

σ_{Np} et σ_U sont sommés sur tous les neutrons sortants et cette somme est divisée par le nombre total de neutrons. On obtient ainsi les sections efficaces moyennes de réaction des chambres de fission.

Le critère de dureté est par définition le rapport des sections efficaces de l'Uranium 238 à celle du Neptunium (σ_U/σ_{Np}).

De même 2 expressions analytiques ont été employées pour la détermination du Kerma : (3)

$$E < 5,0 \cdot 10^{-2} \quad K = \frac{4,4 \cdot 10^{-6}}{E^{1/2}} + 10E - 45E^2$$

$$5,0 \cdot 10^{-2} < E < 15 \quad K = 2,3 E^{0,466} - 0,042 \ln E + \frac{0,83}{(E/8 - 2,5)^2}$$

avec K en 10^{-11} Gray.cm².n⁻¹ et E en MeV

La somme de K sur tous les neutrons sortants du manteau donne la dose et, divisée par le nombre total de neutrons, donne le kerma moyen.

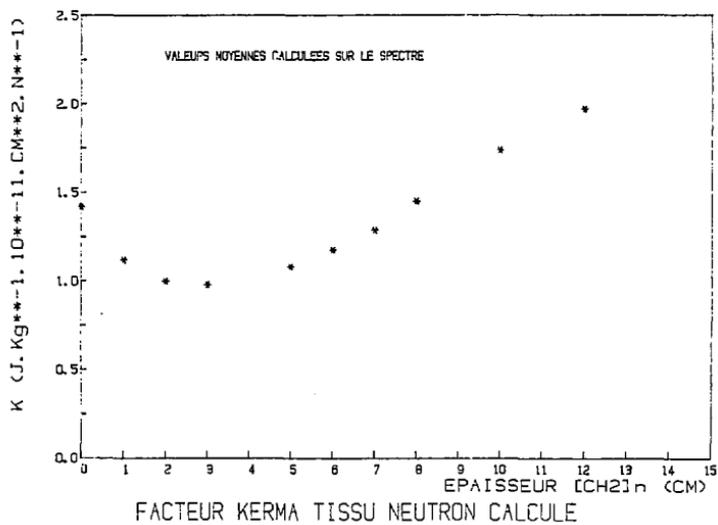


Figure 3

C/ Résultats :

Les grandeurs calculées à l'aide des expressions citées précédemment permettent de caractériser l'évolution du spectre de neutrons lorsque l'épaisseur de polyéthylène s'accroît autour du réacteur. Les sections efficaces du Neptunium, de l'Uranium 238 et surtout le critère de dureté sont directement comparables aux mesures expérimentales et sont présentés dans la seconde partie de ce mémoire.

Le spectre du kerma moyen est montré sur la figure n°3. Le kerma moyen du Flattop (spectre initial) est de $1,42 \text{ nrad} / (\text{n/cm}^2)^*$. En ajoutant quelques centimètres de polyéthylène, le kerma diminue d'environ 30 % puis augmente à partir de 3 cm.

Il semble donc possible de durcir un spectre de neutrons tel celui de Flattop en entourant le coeur du réacteur d'un manteau de polyéthylène.

Après cet aspect qualitatif, il est important de considérer l'aspect quantitatif. En effet l'intensité du flux de neutron est fortement atténuée après la traversée du polyéthylène. Pour que le phénomène de durcissement puisse être mesuré expérimentalement, un flux suffisant doit être enregistré par le détecteur. L'atténuation du flux peut être compensé par une augmentation de la puissance du réacteur mais dans certaines limites imposées par les règles de sûreté.

Voici un tableau donnant les pourcentages de neutrons ayant traversé le polyéthylène :

Epaisseur de $(\text{CH}_2)_n$	% neutrons
1	0,78
2	0,56
3	0,37
5	0,16
8	0,048
10	0,024
12	0,013

D'après ces tableaux, il faut un facteur 6 en puissance pour compenser l'atténuation pour 5cm et un facteur 20 pour 8cm de polyéthylène.

Malgré cette forte diminution de l'intensité nous avons pu observer le durcissement du flux de neutron du réacteur Harmonie ainsi que nous allons le voir dans la partie expérimentale.

* $1 \text{ nrad.cm}^2.\text{n}^{-1} = 10^{-11} \text{ Gray.cm}^2.\text{n}^{-1}$

IV - ETUDE EXPERIMENTALE

IV.1. Enveloppe du réacteur :

En fonction des résultats des calculs, des enveloppes gigognes en polyéthylène ont été placées sur 5 faces autour du coeur du réacteur, la première d'une épaisseur de 5 cm, les suivantes d'une épaisseur de 1 cm chacune jusqu'à obtenir 10 cm. Un point supplémentaire de mesure a été réalisé en supprimant 2 cm de polyéthylène sur la face arrière et en les reportant sur l'avant.

IV.2. Choix des détecteurs :

Pour caractériser les spectres obtenus pour chaque épaisseur de polyéthylène, nous avons utilisé des chambres à fissions de type hodoscope (5), soit :

- une chambre Uranium 238 / Cd
- une chambre Np 237 / Cd
- une chambre Uranium 235 / Bore 10
- une chambre Pu / cd

Ces chambres, de mise en oeuvre aisée, permettent, à partir de quatre comptages, d'obtenir une évaluation des fluences dans quatre domaines d'énergie :

- 0,5 eV - 0,5 keV
- 0,2 keV - ∞
- 0,6 MeV - ∞
- 1,5 MeV - ∞

Un critère dit de dureté est obtenu à partir des comptages Np et U8 - ($\rho = 0.644 \frac{[U8]}{[Np]}$)². Ce paramètre, lié aux sections efficaces moyennes du Np et de U8 sur le spectre étudié, augmente lorsque l'énergie moyenne du spectre s'accroît.

L'évaluation de la dose neutron a été faite par deux méthodes :

- x $[U8]$ comptage corrigé chambre U8
- $[Np]$ comptage corrigé chambre Np.

.../...

- soit à l'aide des chambres à fission
- soit à l'aide d'un couple chambre d'ionisation réalisée en matériau équivalent tissus et d'un compteur Geiger-Müller à réponse spectrale compensée. Le premier de ces détecteurs est sensible aux deux types de rayonnement, le second présente une sensibilité quasiment nulle aux neutrons. La chambre, de volume 43 cm³, fabriquée par le CEA était associée à un préamplificateur et un amplificateur de courant NOVELEC de type SU2 .

Le compteur G.M de marque FWT était associé à une échelle de comptage en standard NIM. L'étalonnage de ces deux détecteurs a été réalisé à l'ETCA auprès d'une source de cobalt de débit d'exposition parfaitement connu.

IV.3. Procédure expérimentale :

a) Détermination de l'épaisseur optimale de (CH₂)_n :

Les quatre chambres à fission ainsi que la chambre ET et le GM ont été placées en ligne à 2,02 m du réacteur et à 2,5 m du sol, cette dernière coordonnée correspond au plan médian du réacteur. Le réacteur fonctionnant à puissance constante (3 puissances ont été successivement essayées) 10 W, 30 W, 60 W. Des mesures ont été faites par série pour les diverses épaisseurs de polyéthylène (0, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 cm)

b) Détermination de l'atténuation en dose et de la puissance maximale possible d'utilisation du réacteur :

Lorsque le réacteur travaille coeur sorti, sans ouverture de polyéthylène, sa puissance de travail est limitée à 60 W non par des considérations de physique du coeur, mais par des conditions de radioprotection liées au voisinage proche d'autres bâtiments et installations. L'apport de couvertures de polyéthylène atténue considérablement les débits de dose et il peut être autorisée une puissance de travail très supérieure (voisine de celle permise par la thermique du coeur à savoir 1 kW).

La détermination exacte de cette puissance a été réalisée par observation des débits de dose en un point particulièrement exposé alors que la puissance du réacteur était augmentée progressivement.

V - RESULTATS

L'ensemble des résultats est donné sous forme graphique (les résultats détaillés sont donnés en annexe).

Si l'on prend comme référence une source 252 Cf le "critère de dureté" est voisin de 0,22. Dans ces conditions un critère similaire est obtenu pour 8 cm de polyéthylène et le spectre neutronique peut être considéré comme suffisamment ressemblant à celui de l'arme à fission pour la détermination du facteur de protection d'un blindé.

Par contre le rapport dose gamma sur dose neutron qui est de 10 n est pas du tout satisfaisant. Un rapport 0,5 étant souhaitable une modification doit être apportée à notre dispositif de renforcement du spectre, à savoir utilisation de polyéthylène boré à la place de polyéthylène pur pour la partie enveloppant le coeur proprement dit et ajout d'un matériau opaque aux gammas, plomb ou uranium appauvri. Ce nouveau système qui devrait donner toute satisfaction sera en place en Février 1984.

Les mesures de débit de dose à 300 mètres du réacteur ont montré qu'une puissance de 1 kW pouvait être utilisée sans dépasser les normes de radioprotection sur le site de Cadarache.

Dans ces conditions un facteur 2 est perdu sur la dose neutron par rapport à ce que l'on obtient pour 60 W coeur nu, résultat conforme aux prévisions théoriques.

Néanmoins pour travailler à cette puissance des autorisations doivent être obtenues qui nécessitent une dosimétrie de zone avec le blindage du coeur dans sa géométrie définitive. Ces expériences auront lieu, avec la participation de l'ETCA courant Février 1984.

0228 01-2-70

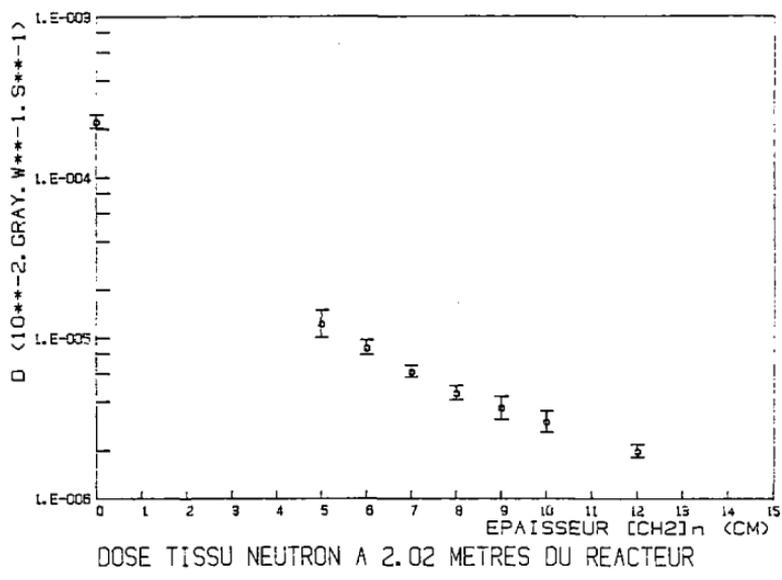


Figure 4

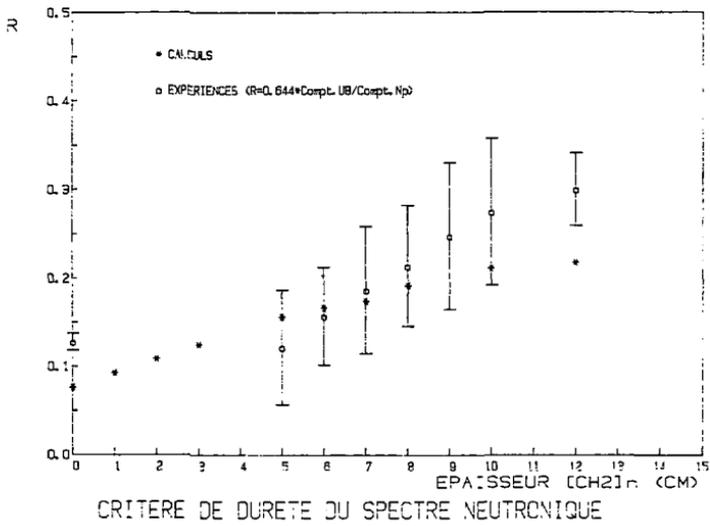


Figure 5

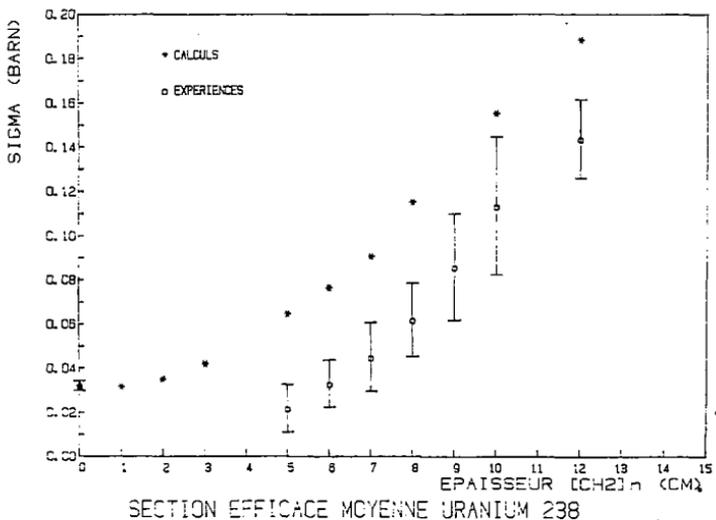
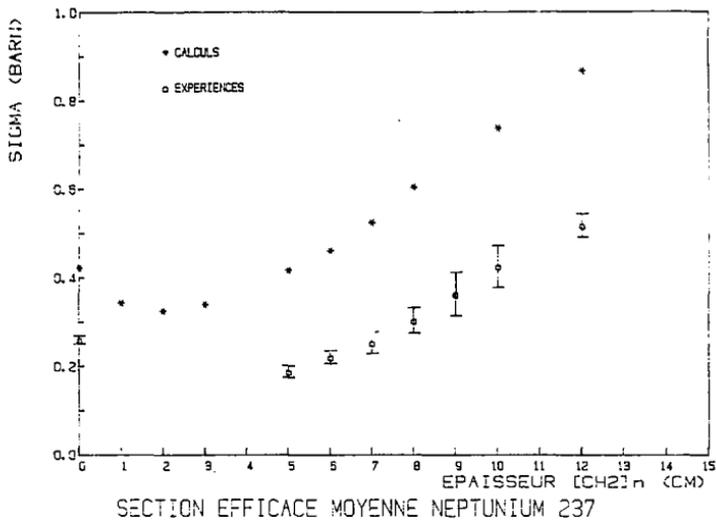


Figure 6

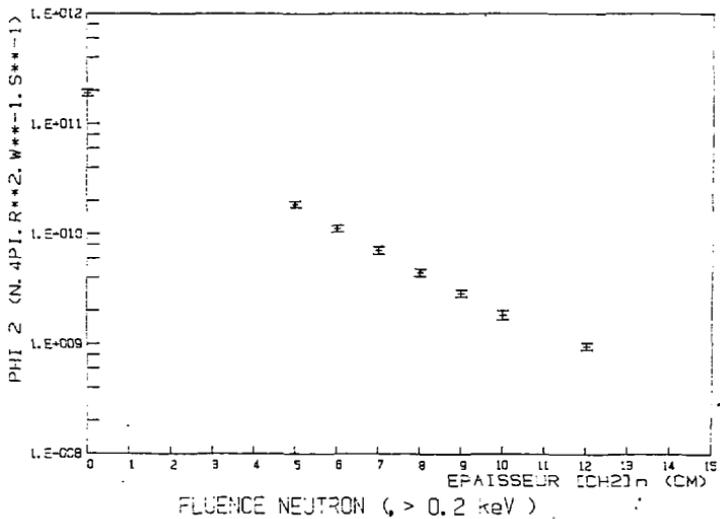
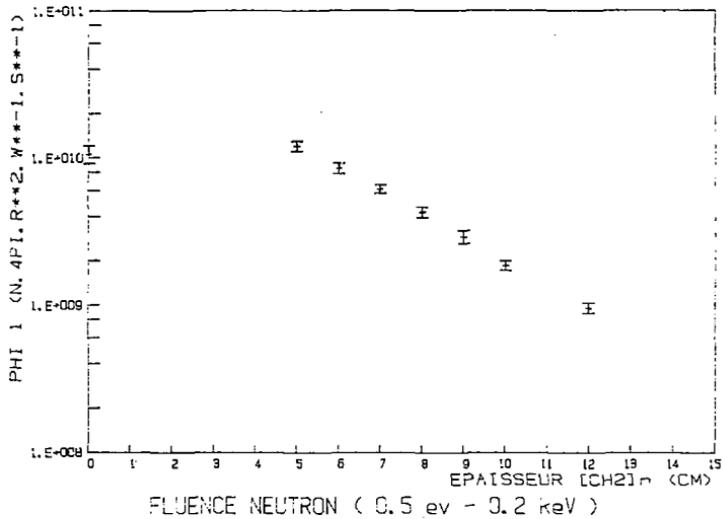


Figure 7

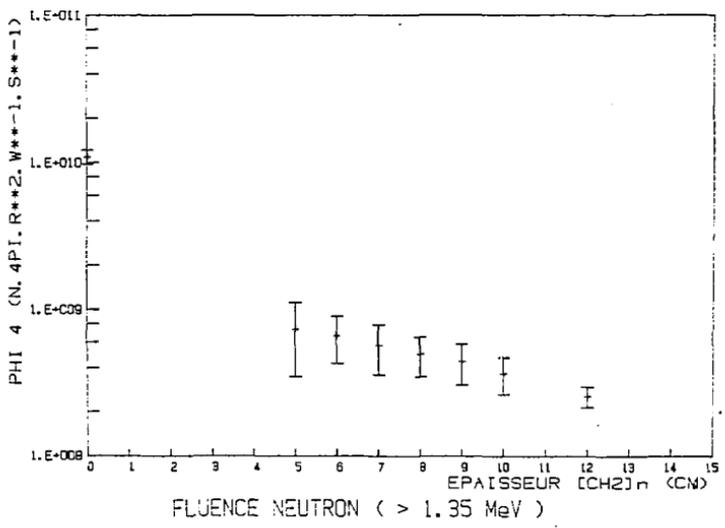
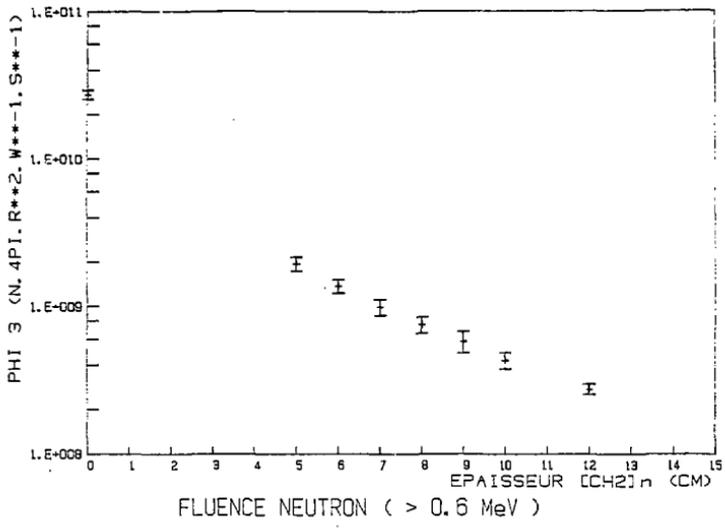


Figure 8

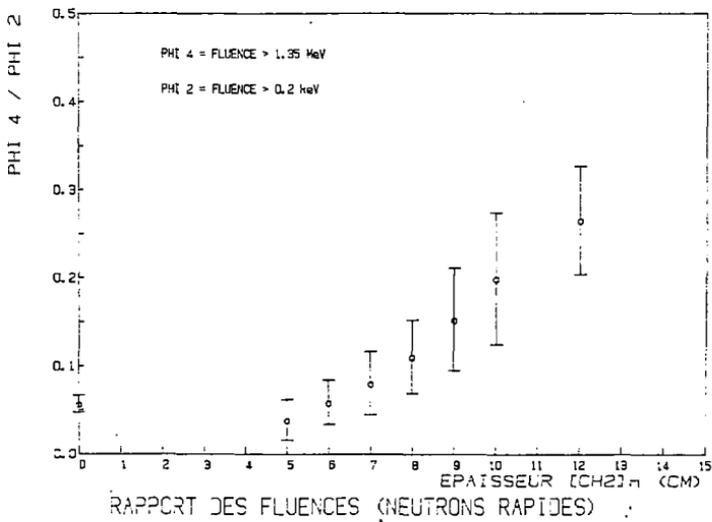
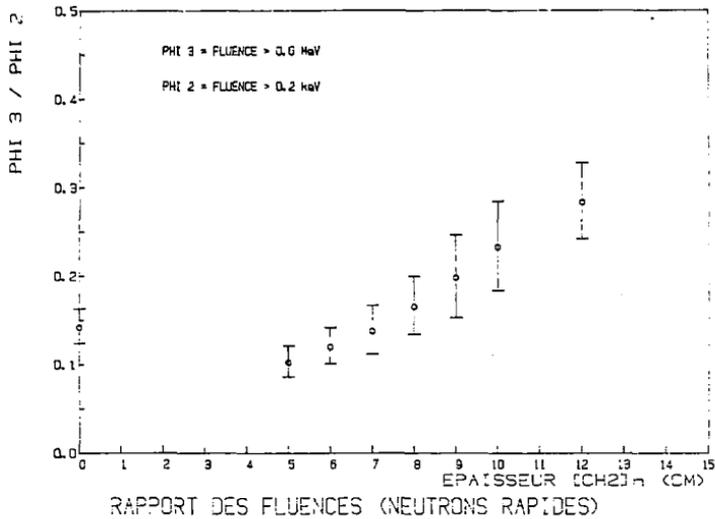


Figure 9

VI - CONCLUSION

Filtrer le spectre neutronique issu du coeur du réacteur Harmonie, à l'aide de matériau hydrogéné s'est révélé une méthode efficace et peu onéreuse pour "durcir" le spectre. Cette méthode n'était possible que grâce à l'importante réserve de puissance disponible car l'atténuation en dose est très forte (~ 25).

Moyennant quelques précautions supplémentaires pour garder la dose gamma à un niveau convenable, le réacteur harmonie, ainsi configuré devrait être un bon dispositif de simulation du spectre de rayonnement de l'arme à fission.

Des mesures du facteur de protection de blindé seront possibles jusqu'à des distances de 20 m du réacteur, et ce, sans faire appel à des moyens de mesures trop sophistiqués, ni des temps d'irradiation trop longs.

Une grande partie des essais pour le programme d'étude de l'Engin Principal de Combat sera faite devant le réacteur HARMONIE.

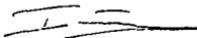
Cette étude a été effectuée par Mlle FOREST Isabelle Ingénieur pour la partie théorique, Monsieur DHERMAIN Joël Ingénieur et Monsieur DETROUSSEL Pierre Ouvrier pour la partie pratique.

ARCUEIL, le 20 Décembre 1983

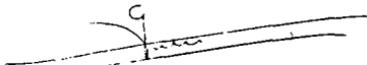
Signé : M. LAUGIER Jacques
Chef du Service ER



Approuvé : ICA ISTIN
Chef du Département DPN



Vu : ICA FULACHIER
Directeur du Centre d'Etudes du Bouchet



REFERENCES

- (1) LAUGIER J. - DHERMAIN J. - JAUREGUY JC. - SERBAT A.
Expériences de qualification du réacteur Harmonie pour les
études de défense nucléaire (Avril 82)
Note ETCA - 83 R 045
- (2) DHERMAIN J. - SERBAT A. - Note ETCA à paraître
- (3) H. ING S. MAKRA
Compendium of neutron spectra in criticality Accident Dosimetry
International Atomic energy Agency Vienna 1978
- (4) I. LAUGNER - JJ SCHMIDT - D. WOLL
Tables of evaluated neutron cross sections for fast reactor
materials.
Institut für Neutronenphysik und reactor technik, Karlsruhe
- (5) DETROUSSEL Pierre - DHERMAIN Joël - CHAMFLONG Pierre - BUISSON Alain
JAUREGUY Jean-Claude
Exploitation des mesures des chambres à fission U 238, U 235/B10
Np 237, Pu 239
Note ETCA n° 83 R 060
- (6) ICRU 26

LISTE DE DIFFUSION

DIFFUSION INTERNE :

- DIR 1 ex
- DIRDA 1 ex
- DIRDS 1 ex
- CEB 1 ex
- CEB/DPN 1 ex
- DPN/MS 1 ex
- DPN/IF 1 ex
- DPN/MV 1 ex
- DPN/ER 8 ex

DIFFUSION EXTERNE :

- DGA/AT 1 ex
Délégation Générale pour l'Armement
14, rue Saint-Dominique
75997 PARIS ARMEES
- DRET/NBC 1 ex
Direction des Recherches Etudes et Techniques
Sous-Direction Défense Nucléaire
Biologique et Chimique
24-26, Boulevard Victor
75996 PARIS ARMEES
- DRET/SDR 1 ex
Direction des Recherches Etudes et Techniques
24-26 Boulevard Victor
75996 PARIS ARMEES
- CEDOCAR 1 ex
Centre de Documentation de l'Armement
26 boulevard Victor
75996 PARIS ARMEES
- DTAT 1 ex
Direction Technique des Armements Terrestres
Caserne Sully
92211 SAINT-CLOUD CEDEX

- STAT/ANC 2 ex
Section Technique de l'Armée de Terre
Groupement Armes Nucléaire et Chimique
Camp de Satory - Quartier Gribeauval
Route de la Minière
78013 VERSAILLES

- CEA-CENS/DOC 1 ex
B.P. 21
91190 GIF SUR YVETTE

- CEA/CADARACHE (A l'attention de M. AGNIEL (DRR))..... 1 ex
B.P. N°1
13115 SAINT-PAUL LEZ DURANCE

A N N E X E

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 0

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.00
 MONITEUR (cps) : 11.00
 DISTANCE (cm) : 10.00
 HAUTEUR (cm) : 10.00
 EFFICACITE (M) : 0.050000

*****11107651071

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 5937 +/- 88
 CHAMBRE No/Cd : 26993 +/- 255
 CHAMBRE US/D10 : 67954 +/- 447
 CHAMBRE Pu/Cd : 5547 +/- 39

VALEURS CORRIGES

CHAMBRE US/Cd : 5937 +/- 283 (5.71 %)
 CHAMBRE No/Cd : 26722 +/- 530 (2.00 %)
 CHAMBRE US/D10 : 67700 +/- 201 (1.32 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 5448 +/- 295 (5.43 %)

RH11 (0.5 eV (0.2 keV)) = 1.24E+007 (+/- 13.48 %)
 RH12 (0.2 keV) = 3.22E+008 (+/- 8.32 %)
 RH13 (0.5 MeV) = 3.21E+007 (+/- 7.10 %)
 RH14 (>1.35 MeV) = 1.28E+007 (+/- 10.31 %)

RH13/RH12 = 0.1437
 RH14/RH12 = 0.0374

*****11107651071

SECTION EFFICACITE MONITEUR (M) (0.05) : 0.050000 +/- 0.000000
 SECTION EFFICACITE CHAMBRE US (M) (0.05) : 0.050000 +/- 0.000000

CRITERE DE DURTEE : 0.1107 (+/- 0.31 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.1282 (+/- 0.43 %)

*****11107651071

CHARGES E.T. : 81.05 +/- 0.60
 COMPTEUR 3.0% : 12007.00 +/- 35.00
 TEMPERATURE : 25.50
 PRESSION : 987.50

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.1656 (+/- 5.6 %)
 DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.1107 (+/- 1.0 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON (MESUREES PAR LES CELLS NEUTRON) : 1.011

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 5

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 10.000
 MONITEUR (acc) : 0.000
 DISTANCE (m) : 0.60
 HAUTEUR (m) : 0.500
 PUISSANCE (W) : 10.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 1821 +/- 29
 CHAMBRE Na/Cd : 2808 +/- 34
 CHAMBRE US/SiO : 8599 +/- 127
 CHAMBRE Pu/Cd : 9205 +/- 31

VALEURS CORRIGES

CHAMBRE US/Cd : 418 +/- 110 (51.29 %)
 CHAMBRE Na/Cd : 2407 +/- 114 (4.73 %)
 CHAMBRE US/SiO : 8590 +/- 155 (4.15 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 4947 +/- 188 (3.80 %)

PHI1 (0.5 eV - 0.2 keV) = 1.755+007 (+/- 3.80 %)
 PHI2 (>0.2 keV) = 2.756+007 (+/- 9.15 %)
 PHI3 (>0.6 MeV) = 2.895+005 (+/- 9.73 %)
 PHI4 (>1.35 MeV) = 9.986+005 (+/- 56.29 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.1053
 PHI4/PHI2 ... = 0.0363

SECTION EFFICACE APPARENTE NF (Barn) : 0.0009 (+/- 3.28 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) : 0.0202 (+/- 55.44 %)
 CRITERE DE DURETE : 0.111 (+/- 58.02 %)
 DOSE HERA (Rad) : 0.037 (+/- 21.50 %)

CHAMBRE E.T. : 17.17 +/- 0.26
 COMPTEUR S.M. : 008911 +/- 192.00
 TEMPERATURE : 25.5
 PRESSION : 987.5

DOSE HERA NEUTRON (rad) : 0.0161 (+/- 22.1 %)
 DOSE HERA GAMMA (rad) : 0.0251 (+/- 1.2 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES 101 METHODES : 1.000

* HARMONIE SEPT 82 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 6

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 300.00
 MONITEUR (cps) : 10000
 DISTANCE (cm) : 10.00
 HAUTEUR (cm) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 10.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 1759 +/- 33
 CHAMBRE No/Cd : 1743 +/- 32
 CHAMBRE US/Bi0 : 5224 +/- 66
 CHAMBRE Pu/Cd : 3651 +/- 66

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd : 373 +/- 174 (46.51 %)
 CHAMBRE No/Cd : 1533 +/- 96 (51.75 %)
 CHAMBRE US/Bi0 : 5209 +/- 104 (2.87 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 3484 +/- 148 (41.03 %)

RH11 (0.5 eV - 0.2 keV) = 1.02E+007 (+/- 9.23 %)
 RH12 (0.2 keV) = 1.67E+007 (+/- 7.57 %)
 RH13 (0.5 MeV) = 2.00E+006 (+/- 10.78 %)
 RH14 (1.35 MeV) = 3.76E+005 (+/- 51.51 %)

RH13/RH12 = 0.1193
 RH14/RH12 = 0.2237

SECTION EFFICACE APPARENTE IP (Cadm) : 0.0271 (+/- 6.03 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE US (Cadm) : 0.0001 (+/- 47.98 %)

CRITERE DE DURETE : 0.1448 (+/- 52.29 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.0068 (+/- 5.28 %)

CHAMBRE E.T. : 15.50 +/- 0.30
 COMPTEUR G.M. : 30211.00 +/- 209.00
 TEMPERATURE : 18.00
 PRESSION : 795.50

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0010 (+/- 36.5 %)
 DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0248 +/- 2.0 %

REPORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES LIAU METHODES : 1.000

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 7

TEMPS DE COMPTE (s) : 30.00
 MONITEUR (cps) : 1000
 DISTANCE (cm) : 1.00
 HAUTEUR (cm) : 1.50
 PUISSANCE (W) : 10.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 1063 +/- 19
 CHAMBRE No/Cd : 1799 +/- 46
 CHAMBRE US/B10 ... : 2226 +/- 102
 CHAMBRE Pu/Cd : 2581 +/- 51

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd : 371 +/- 111 (+ 29.97 %)
 CHAMBRE No/Cd : 1200 +/- 110 (+ 9.08 %)
 CHAMBRE US/B10 ... : 2210 +/- 205 (+ 9.27 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 2484 +/- 52 (+ 2.10 %)

PH11 (0.5 eV - 0.2 keV) = 8.94E+006 (+/- 7.90 %)
 PH12 (0.2 keV) = 1.02E+007 (+/- 11.37 %)
 PH13 (0.6 MeV) = 1.44E+006 (+/- 14.38 %)
 PH14 (0.125 MeV) = 8.91E+005 (+/- 24.97 %)

PH12/PH11 = 0.1401
 PH13/PH11 = 0.0266

SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) ... : 0.0540 (+/- 10.17 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) ... : 0.0433 (+/- 26.06 %)
 CRITERE DE DURETE : 0.1991 (+/- 29.35 %)
 DOSE (ERMA (Rad) : 0.0048 (+/- 9.38 %)

CHAMBRE E.T. : 14.10 +/- 0.20
 COMPTEUR S.M. : 22490.00 +/- 240.00
 TEMPERATURE : 19.00
 PRESSION : 986.50

DOSE (ERMA NEUTRON (Rad) : 0.0026 (+/- 24.1 %)
 DOSE (ERMA GAMMA (Rad) : 0.0042 (+/- 1.1 %)

RAPPORT DOSE NEUTRON NEAR RETS PAR LES CELL NEUTRONES : 1.000

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 8

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 30.000
 MONITEUR (cps) : 0.000
 DISTANCE (m) : 2.100
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 10.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 780 +/- 1a
 CHAMBRE No./Cd : 101a +/- 2a
 CHAMBRE US/B10 ... : 2015 +/- 80
 CHAMBRE Pu/Cd : 181a +/- 3a

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd : 870 +/- 68 (20.25 %)
 CHAMBRE No./Cd : 878 +/- 70 (8.78 %)
 CHAMBRE US/B10 ... : 2000 +/- 127 (6.34 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 175a +/- 76 (4.45 %)

PH1 (0.8 eV (0.2 keV)) = 6.32E+006 (+/- 9.45 %)
 PH2 (0.2 keV) = 6.42E+006 (+/- 11.34 %)
 PH3 (0.6 MeV) = 1.05E+006 (+/- 13.38 %)
 PH4 (1.35 MeV) = 7.02E+005 (+/- 34.55 %)

PH3/PH2 ... = 0.1638
 PH4/PH2 ... = 0.1095

SECTION EFFICACE APPARENTE NF (Barn) ... : 0.2769 (+/- 14.70 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE UB (Barn) ... : 0.9610 (+/- 33.88 %)

CRITERE DE DURETE : 0.2153 (+/- 37.93 %)

DOSE FERMA (Rad) : 0.0005 (+/- 8.08 %)

CHAMBRE E.T. : 10.00 +/- 0.10
 CONSTEUR S.M. : 3145.00 +/- 418.00
 TEMPERATURE : 20.00
 PRESSION : 994.00

DOSE FERMA NEUTRON (Rad) : 0.0003 (+/- 187.0 %)
 DOSE FERMA GAMMA (Rad) : 0.0005 (+/- 218.0 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON MEASUREE PAR LES DEUX METHODES : 1.34-

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 9

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 10.000
 MONITEUR (cps) : 0.000
 DISTANCE (m) : 0.020
 HAUTEUR (m) : 0.500
 PUISSANCE (W) : 10.000000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 590 +/- 21
 CHAMBRE Nb/Cd : 790 +/- 46
 CHAMBRE US/B10 : 1044 +/- 49
 CHAMBRE Pu/Cd : 1225 +/- 57

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd : 259 +/- 85 (20.84 %)
 CHAMBRE Nb/Cd : 375 +/- 100 (14.87 %)
 CHAMBRE US/B10 : 1078 +/- 77 (7.81 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 1185 +/- 118 (9.87 %)

FH11 (0.5 keV - 0.2 keV) = 4.26E+006 (+/- 14.97 %)
 FH12 (0.2 keV) = 4.07E+006 (+/- 10.41 %)
 FH13 (0.5 MeV) = 8.24E+005 (+/- 19.87 %)
 FH14 (>1.05 MeV) = 8.22E+005 (+/- 37.84 %)

FH17 FH12 = 0.1950
 FH18 FH12 = 0.1950

SECTION EFFICACE APPARENTE Nb (Barn) ... : 0.0540 (+/- 22.08 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) ... : 0.0815 (+/- 40.25 %)

CRITERE DE DURETE : 0.2401 (+/- 47.72 %)

DOSE (ERMA (Rad) : 0.0028 (+/- 14.87 %)

CHAMBRE E.T. : 10.00 +/- 0.00
 COMPTEUR S.A. : 0016.00 +/- 442.00
 TEMPERATURE : 20.00
 PRESSION : -92.00

DOSE (ERMA NEUTRON (Rad) : 0.0000 (+/- 107.5 %)
 DOSE (ERMA GAMMA (Rad) : 0.0000 (+/- 0.0 %)

RAPPORT DOSE NEUTRON RESOURCES PAR LES DEUX METHODES : 0.000

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR FOLYETHYLENE : 10

TEMPS DE COMPTAGE (s) :	60.000
MONITEUR (cos)	0.900
DISTANCE (m)	1.020
HAUTEUR (m)	1.500
PUISSANCE (W)	10.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd ... :	470	+/-	19
CHAMBRE Na/Cd ... :	616	+/-	18
CHAMBRE US/B10 ... :	899	+/-	20
CHAMBRE Pu/Cd ... :	847	+/-	11

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd ... :	241	+/-	61	(25.42 %)
CHAMBRE Na/Cd ... :	550	+/-	43	(7.77 %)
CHAMBRE US/B10 ... :	891	+/-	41	(4.58 %)
CHAMBRE Pu/Cd ... :	820	+/-	25	(3.02 %)

PH11 (0.5 eV , 0.2 keV) ..=	2.95E+006	(+/-	8.02 %)
PH12 (>0.2 keV)	2.85E+006	(+/-	9.58 %)
PH13 (>0.6 Mev)	6.60E+005	(+/-	12.77 %)
PH14 (>1.35 Mev)	5.79E+005	(+/-	30.42 %)

PH13/PH12 ...= 0.2315
PH14/PH12 ...= 0.2030

SECTION EFFICACE APPARENTE NF (Sarn) ...:	0.4198	(+/-	12.36 %)
SECTION EFFICACE APPARENTE US (Sarn) ...:	0.1137	(+/-	30.00 %)
CRITERE DE DURETE	0.2823	(+/-	33.19 %)
DOSE KERMA (Rad)	0.0024	(+/-	10.78 %)

CHAMBRE E.T.:	12.00	+/-	0.20
COMPTEUR G.M.:	30141.00	+/-	340.00
TEMPERATURE	20.50		
PRESSION	982.50		

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0013 (+/- 154.1 %)
DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0225 (+/- 2.4 %)

RAFFORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 1.907

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 12

TEMPS DE CONSTAT (s) : 50.000
 MONITEUR (cps) : 0.000
 DISTANCE (m) : 2.020
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 10.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd ... : 382 +/- 5
 CHAMBRE No/Cd ... : 386 +/- 9
 CHAMBRE US/B10 ... : 472 +/- 15
 CHAMBRE Pu/Cd ... : 430 +/- 12

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd ... : 165 +/- 24 (14.18 %)
 CHAMBRE No/Cd ... : 353 +/- 22 (6.17 %)
 CHAMBRE US/B10 ... : 467 +/- 31 (6.54 %)
 CHAMBRE Pu/Cd ... : 416 +/- 25 (6.12 %)

PHI1 (0.5 eV 0.2 keV) = 1.50E+006 (+/- 11.12 %)
 PHI2 (>0.2 keV) = 1.49E+006 (+/- 11.54 %)
 PHI3 (>0.5 MeV) = 4.23E+005 (+/- 11.17 %)
 PHI4 (>1.35 MeV) = 3.98E+005 (+/- 19.18 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.2833
 PHI4/PHI2 ... = 0.2665

SECTION EFFICACE APPARENTE NP (Barn) ... : 0.5137 (+/- 12.71 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) ... : 0.1492 (+/- 20.72 %)
 CRITERE DE DURETE : 0.3029 (+/- 20.36 %)
 DOSE KERMA (Rad) : 0.0016 (+/- 7.98 %)

CHAMBRE E.T. : 10.60 +/- 0.02
 COMPTEUR G.M. : 26017.00 +/- 159.00
 TEMPERATURE : 20.50
 PRESSION : 982.00

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : -0.0000 (+/- 2010.3 %)
 DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0209 (+/- 1.2 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : -

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 5

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
 MONITEUR (cps) : 0.000
 DISTANCE (m) : 2.020
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 30.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 4390 +/- 83
 CHAMBRE No/Cd : 6613 +/- 110
 CHAMBRE US/B10 ... : 20580 +/- 117
 CHAMBRE Fu/Cd : 12280 +/- 115

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd : 1074 +/- 509 (47.35 %)
 CHAMBRE No/Cd : 5680 +/- 318 (5.60 %)
 CHAMBRE US/B10 ... : 20534 +/- 240 (1.17 %)
 CHAMBRE Fu/Cd : 11663 +/- 292 (2.50 %)

PHI1 (0.5 eV 0.2 keV) = 4.20E+007 (+/- 7.50 %)
 PHI2 (>0.2 keV) = 8.57E+007 (+/- 6.17 %)
 PHI3 (>0.6 MeV) = 6.82E+006 (+/- 10.60 %)
 PHI4 (>1.35 MeV) = 2.58E+006 (+/- 52.36 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.1037
 PHI4/PHI2 ... = 0.0392

SECTION EFFICACE APPARENTE NP (Barn) .. : 0.1381 (+/- 6.77 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) .. : 0.0220 (+/- 48.52 %)
 CRITERE DE DURETE : 0.1218 (+/- 52.96 %)
 DOSE KERMA (Rad) : 0.0316 (+/- 19.50 %)

CHAMBRE E.T. : 40.80 +/- 0.10
 COMPTEUR G.M. : 76953.00 +/- 510.00
 TEMPERATURE : 25.50
 PRESSION : 987.50

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0252 (+/- 22.3 %)
 DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0590 (+/- 1.5 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 1.258

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 6

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
 MONITEUR (cps) : 0.000
 DISTANCE (m) : 2.020
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 30.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 3511 +/- 19
 CHAMBRE Na/Cd : 4668 +/- 58
 CHAMBRE US/B10 ... : 12395 +/- 100
 CHAMBRE Pu/Cd : 8647 +/- 96

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd : 976 +/- 298 (30.50 %)
 CHAMBRE Na/Cd : 4906 +/- 188 (4.38 %)
 CHAMBRE US/B10 ... : 12357 +/- 210 (1.70 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 8275 +/- 229 (2.77 %)

PH11 (0.5 eV - 0.2 keV) = 2.98E+007 (+/- 7.77 %)
 PH12 (0.2 keV) = 3.95E+007 (+/- 8.79 %)
 PH13 (>0.6 MeV) = 4.81E+006 (+/- 9.67 %)
 PH14 (>1.35 MeV) = 2.34E+006 (+/- 35.50 %)

PH13/PH12 ... = 0.1216
 PH14/PH12 ... = 0.0593

SECTION EFFICACE APPARENTE NP (Barn) ... : 0.0204 (+/- 8.78 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE UB (Barn) ... : 0.0332 (+/- 32.20 %)

CRITERE DE DURETE : 0.1570 (+/- 35.19 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.0159 (+/- 4.89 %)

CHAMBRE E.T. : 37.50 +/- 0.10
 COMPTEUR G.M. : 76205.00 +/- 427.00
 TEMPERATURE : 18.00
 PRESSION : 996.50

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.01e5 (+/- 30.2 %)

DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0584 (+/- 1.3 %)

RAFFORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 0.9e1

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 7

TEMPS DE COMPTAGE (s) :	30.000
MONITEUR (cps)	0.000
DISTANCE (m)	2.020
HAUTEUR (m)	2.500
PUISSANCE (W)	30.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE UB/Cd ... :	2526	+/-	48
CHAMBRE Nb/Cd ... :	3378	+/-	75
CHAMBRE US/B10 ... :	7529	+/-	100
CHAMBRE Pu/Cd ... :	6248	+/-	26

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE UB/Cd ... :	839	+/-	266	(31.67 %)
CHAMBRE Nb/Cd ... :	2897	+/-	199	(6.86 %)
CHAMBRE US/B10 ... :	7799	+/-	203	(2.61 %)
CHAMBRE Pu/Cd ... :	6013	+/-	76	(1.26 %)

PHI1 (0.5 eV 0.2 keV) ..=	2.16E+007	(+/-	6.26 %)
PHI2 (>0.2 keV)	2.50E+007	(+/-	7.61 %)
PHI3 (>0.6 MeV)	3.48E+006	(+/-	11.86 %)
PHI4 (>1.35 MeV)	2.01E+006	(+/-	36.67 %)

PHI3/PHI2 ...= 0.1393
PHI4/PHI2 ...= 0.0807

SECTION EFFICACE APPARENTE NF (Barn) ...:	0.2526	(+/-	9.46 %)
SECTION EFFICACE APPARENTE UB (Barn) ...:	0.0452	(+/-	34.28 %)
CRITERE DE DURETE	0.1865	(+/-	38.52 %)
DOSE KERMA (Rad)	0.0115	(+/-	6.86 %)

CHAMBRE S.T.:	34.50	+/-	0.08
COMPTEUR G.M.:	75776.00	+/-	363.00
TEMPERATURE	20.00		
PRESSION	985.50		

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0107 (+/- 42.7 %)
DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0581 (+/- 1.1 %)

RAFFORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 1.075

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 8

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
 MONITEUR (cps) : 0.000
 DISTANCE (m) : 2.020
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 20.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 1896 +/- 26
 CHAMBRE Na/Cd : 2531 +/- 63
 CHAMBRE U5/B10 ... : 4956 +/- 56
 CHAMBRE Pu/Cd : 4320 +/- 56

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd : 730 +/- 177 (24.23 %)
 CHAMBRE Na/Cd : 2197 +/- 161 (7.33 %)
 CHAMBRE U5/B10 ... : 4931 +/- 115 (2.33 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 4171 +/- 127 (3.04 %)

PHI1 (0.5 eV - 0.2 keV) = 1.50E+007 (+/- 8.04 %)
 PHI2 (>0.2 keV) = 1.58E+007 (+/- 7.33 %)
 PHI3 (>0.6 MeV) = 2.64E+006 (+/- 12.33 %)
 PHI4 (>1.35 MeV) = 1.75E+006 (+/- 29.23 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.1671
 PHI4/PHI2 ... = 0.1110

SECTION EFFICACE APPARENTE NF (Barn) ... : 0.0030 (+/- 9.36 %)

SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) ... : 0.0021 (+/- 26.56 %)

CRITERE DE DURETE : 0.2108 (+/- 31.56 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.0087 (+/- 7.33 %)

CHAMBRE E.T. : 31.58 +/- 0.10
 COMPTEUR G.M. : 70208.00 +/- 337.00
 TEMPERATURE : 20.00
 PRESSION : 984.50

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0065 (+/- 64.3 %)

DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0061 (+/- 1.0 %)

RAFFORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 1.041

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 9

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
 MONITEUR (cps) : 0.000
 DISTANCE (m) : 2.020
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 30.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 1444 +/- 41
 CHAMBRE Nb/Cd : 1919 +/- 85
 CHAMBRE US/S10 ... : 3198 +/- 27
 CHAMBRE Pu/Cd : 2938 +/- 65

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd : 651 +/- 169 (25.90 %)
 CHAMBRE Nb/Cd : 1692 +/- 194 (11.48 %)
 CHAMBRE US/S10 ... : 3177 +/- 57 (1.79 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 2842 +/- 140 (4.91 %)

PHI1 (0.5 eV - 0.2 keV) = 1.02E+007 (+/- 9.91 %)
 PHI2 (>0.2 keV) = 1.02E+007 (+/- 6.79 %)
 PHI3 (>0.6 MeV) = 2.03E+006 (+/- 16.48 %)
 PHI4 (>1.25 MeV) = 1.56E+006 (+/- 30.90 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.1997

PHI4/PHI2 ... = 0.1536

SECTION EFFICACE APPARENTE NP (Barn) ... : 0.3621 (+/- 13.27 %)

SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) ... : 0.0860 (+/- 27.69 %)

CRITERE DE DURETE : 0.2477 (+/- 37.38 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.0067 (+/- 11.48 %)

CHAMBRE E.T. : 29.90 +/- 0.50
 COMPTEUR G.M. : 70923.00 +/- 350.00
 TEMPERATURE : 20.50
 PRESSION : 982.50

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0051 (+/- 78.8 %)

DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0542 (+/- 1.1 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 1.312

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 7

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
 MONITEUR (cps) : 0.000
 DISTANCE (m) : 2.020
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 60.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 4708 +/- 77
 CHAMBRE Na/Cd : 6533 +/- 37
 CHAMBRE US/B10 ... : 14562 +/- 94
 CHAMBRE Pu/Cd : 11720 +/- 90

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd : 1574 +/- 478 (30.37 %)
 CHAMBRE Na/Cd : 5630 +/- 172 (3.06 %)
 CHAMBRE US/B10 ... : 14505 +/- 195 (1.34 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 11283 +/- 224 (1.98 %)

PH11 (0.5 eV , 0.2 keV) . = 4.06E+007 (+/- 6.98 %)
 PH12 (>0.2 keV) = 4.64E+007 (+/- 6.34 %)
 PH13 (>0.6 MeV) = 6.76E+006 (+/- 8.06 %)
 PH14 (>1.35 MeV) = 3.78E+006 (+/- 35.37 %)

PH13/PH12 ... = 0.1456
 PH14/PH12 ... = 0.0814

SECTION EFFICACE APPARENTE NP (Barn) ... : 0.2640 (+/- 4.41 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) ... : 0.0456 (+/- 31.72 %)
 CRITERE DE DURETE : 0.1800 (+/- 33.43 %)
 DOSE KERMA (Rad) : 0.0224 (+/- 3.06 %)

CHAMBRE E.T. : 85.10 +/- 0.20
 COMPTEUR G.M. : 136226.00 +/- 852.00
 TEMPERATURE : 20.00
 PRESSION : 986.50

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0210 (+/- 43.3 %)
 DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.1067 (+/- 1.5 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 1.06E

* HARMONIE SEPT 83 *

ÉPAISSEUR POLYETHYLENE : 8

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
 MONITEUR (cps) : 0.000
 DISTANCE (m) : 2.020
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 60.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE U8/Cd : 3570 +/- 50
 CHAMBRE No/Cd : 4807 +/- 50
 CHAMBRE U5/S10 ... : 9300 +/- 130
 CHAMBRE Pu/Cd : 8297 +/- 121

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE U8/Cd : 1300 +/- 343 (25.83 %)
 CHAMBRE No/Cd : 4166 +/- 192 (4.60 %)
 CHAMBRE U5/S10 ... : 9254 +/- 265 (2.86 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 8018 +/- 270 (3.37 %)

PHI1 (0.5 eV - 0.2 keV) = 2.89E+007 (+/- 8.37 %)
 PHI2 (>0.2 keV) = 2.96E+007 (+/- 7.86 %)
 PHI3 (>0.6 MeV) = 5.00E+006 (+/- 9.60 %)
 PHI4 (>1.35 MeV) = 3.19E+006 (+/- 30.83 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.1688
 PHI4/PHI2 ... = 0.1078

SECTION EFFICACE APPARENTE NR (Barn) ... : 0.3061 (+/- 7.47 %)

SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) ... : 0.0604 (+/- 18.69 %)

CRITERE DE DURETE : 0.2054 (+/- 30.43 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.0165 (+/- 4.60 %)

CHAMBRE E.T. : 59.70 +/- 0.20
 COMPTEUR G.M. : 132234.00 +/- 439.00
 TEMPERATURE : 20.00
 PRESSION : 784.70

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0131 (+/- 58.3 %)

DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.1053 (+/- 0.3 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 1.059

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 10

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
 MONITEUR (cps) : 6.000
 DISTANCE (m) : 2.020
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 60.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 2084 +/- 73
 CHAMBRE Nb/Cd : 2805 +/- 78
 CHAMBRE US/B10 : 4065 +/- 82
 CHAMBRE Pu/Cd : 3742 +/- 30

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd : 1074 +/- 248 (23.09 %)
 CHAMBRE Nb/Cd : 2515 +/- 185 (7.37 %)
 CHAMBRE US/B10 : 4031 +/- 168 (4.16 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 3620 +/- 72 (2.00 %)

PHI1 (0.5 eV - 0.2 keV) = 1.30E+007 (+/- 7.00 %)
 PHI2 (>0.2 keV) = 1.29E+007 (+/- 9.16 %)
 PHI3 (>0.6 MeV) = 3.02E+006 (+/- 12.37 %)
 PHI4 (>1.35 MeV) = 2.58E+006 (+/- 29.09 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.2340

PHI4/PHI2 ... = 0.1997

SECTION EFFICACE APPARENTE NP (Barn) : 0.4247 (+/- 11.53 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) : 0.1111 (+/- 17.26 %)

CRITERE DE DURETE : 0.2749 (+/- 20.46 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.111 (+/- 10.93 %)

CHAMBRE E.T. : 53.9 +/- 0.40
 COMPTEUR G.M. : 125421.0 +/- 1275.00
 TEMPERATURE : 21.0
 PRESSION : 982.5

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0076 (+/- 14.6 %)

DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0994 (+/- 2.3 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 1.470

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 12

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
 MONITEUR (cos) 0.000
 DISTANCE (m) 2.000
 HAUTEUR (m) 2.500
 PUISSANCE (W) 60.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE U8/Cd : 1271 +/- 12
 CHAMBRE N8/Cd : 1758 +/- 14
 CHAMBRE U5/B10 ... : 2141 +/- 17
 CHAMBRE Pu/Cd : 1928 +/- 30

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE U8/Cd : 750 +/- 81 (10.80 %)
 CHAMBRE N8/Cd : 1609 +/- 45 (2.79 %)
 CHAMBRE U5/B10 ... : 2118 +/- 37 (1.72 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 1864 +/- 66 (3.56 %)

PHI1 (0.5 eV 0.2 keV) = 6.71E+006 (+/- 8.56 %)
 PHI2 (>0.2 keV) = 6.78E+006 (+/- 6.72 %)
 PHI3 (>0.6 MeV) = 1.93E+006 (+/- 7.79 %)
 PHI4 (>1.35 MeV) = 1.80E+006 (+/- 15.80 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.2849

PHI4/PHI2 ... = 0.2657

SECTION EFFICACE APPARENTE HP (Barn) .. : 0.5165 (+/- 4.61 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) .. : 0.1480 (+/- 12.32 %)

CRITERE DE DURETE : 0.5004 (+/- 10.68 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.0072 (+/- 4.15 %)

CHAMBRE E.T. : 48.10 +/- 0.30
 COMPTEUR G.M. : 117612.00 +/- 676.00
 TEMPERATURE : 21.00
 PRESSION : 982.50

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0021 (+/- 342.3 %)

DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0928 (+/- 1.8 %)

RAFFORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 3.360

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 0

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
 MONITEUR (cos) : 0.000
 DISTANCE (m) : 5.450
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 60.00E+000

VALEURS LUES

CHAMBRE U8/Cd ... : 3851 +/- 46
 CHAMBRE Nb/Cd ... : 15639 +/- 69
 CHAMBRE U5/B10 ... : 39654 +/- 586
 CHAMBRE Pu/Cd ... : 4706 +/- 180

VALEURS CORRIGES

CHAMBRE U8/Cd ... : 2580 +/- 261 (10.11 %)
 CHAMBRE Nb/Cd ... : 15658 +/- 186 (1.20 %)
 CHAMBRE U5/B10 ... : 39535 +/- 1184 (2.99 %)
 CHAMBRE Pu/Cd ... : 3516 +/- 481 (13.67 %)

PHI1 (0.5 eV - 0.2 keV) = 1.27E+007 (+/- 19.67 %)
 PHI2 (>0.2 keV) = 1.27E+008 (+/- 7.99 %)
 PHI3 (>0.6 MeV) = 1.87E+007 (+/- 6.20 %)
 PHI4 (>1.25 MeV) = 5.19E+006 (+/- 15.11 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.1476
 PHI4/PHI2 ... = 0.0490

SECTION EFFICACE APPARENTE NF (Barn) ... : 0.2676 (+/- 4.19 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE U8 (Barn) ... : 0.0274 (+/- 13.11 %)

CRITERE DE DURETE : 0.10e8 (+/- 11.31 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.0816 (+/- 4.37 %)

CHAMBRE E.T. : 42.90 +/- 0.60
 COMPTEUR G.M. : 15250.00 +/- 166.00
 TEMPERATURE : 21.00
 PRESSION : 981.00

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0862 (+/- 6.1 %)
 DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0108 (+/- 2.5 %)

RAFFORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 0.947

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 8

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
MONITEUR (cos) : 0.000
DISTANCE (m) : 5.250
HAUTEUR (m) : 2.500
PUISSANCE (W) : 30.00E+001

VALEURS LUES

CHAMBRE UB/Cd : 2509 +/- 77
CHAMBRE Na/Cd : 3595 +/- 56
CHAMBRE US/B10 ... : 5903 +/- 75
CHAMBRE Pu/Cd : 5714 +/- 61

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE UB/Cd : 766 +/- 312 (40.69 %)
CHAMBRE Na/Cd : 3152 +/- 178 (5.65 %)
CHAMBRE US/B10 ... : 5874 +/- 154 (2.62 %)
CHAMBRE Pu/Cd : 5537 +/- 140 (2.52 %)

PHI1 (>0.5 eV _ 0.2 keV) = 1.99E+007 (+/- 7.52 %)
PHI2 (>0.2 keV) = 1.88E+007 (+/- 7.62 %)
PHI3 (>0.6 MeV) = 3.78E+006 (+/- 10.65 %)
PHI4 (>1.35 MeV) = 1.84E+006 (+/- 45.69 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.2012
PHI4/PHI2 ... = 0.0978

SECTION EFFICACE APPARENTE NP (Barn) ... : 0.3649 (+/- 8.27 %)
SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) ... : 0.0548 (+/- 43.31 %)

CRITERE DE DURETE : 0.1565 (+/- 46.34 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.0125 (+/- 5.65 %)

CHAMBRE E.T. : 40.30 +/- 0.10
COMPTEUR G.M. : 89208.00 +/- 336.00
TEMPERATURE : 21.00
PRESSION : 981.30

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0117 (+/- 44.4 %)
DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.0690 (+/- 0.9 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 1.065

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 6

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
 MONITEUR (cps) : 0.000
 DISTANCE (m) : 5.450
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 60.00E+001

VALEURS LUES

CHAMBRE US/Cd : 4264 +/- 114
 CHAMBRE No/Cd : 6621 +/- 117
 CHAMBRE US/B10 : 10874 +/- 164
 CHAMBRE Pu/Cd : 10504 +/- 168

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE US/Cd : 1428 +/- 529 (37.05 %)
 CHAMBRE No/Cd : 5807 +/- 323 (5.56 %)
 CHAMBRE US/B10 : 10819 +/- 334 (3.09 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 10178 +/- 369 (3.62 %)

PHI1 (0.5 eV - 0.2 keV) .= 3.66E+007 (+/- 8.62 %)
 PHI2 (>0.2 keV) = 3.46E+007 (+/- 3.09 %)
 PHI3 (>0.6 MeV) = 6.97E+006 (+/- 10.56 %)
 PHI4 (>1.35 MeV) = 3.43E+006 (+/- 42.05 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.2013

PHI4/PHI2 ... = 0.0990

SECTION EFFICACE APPARENTE NF (Barn) .. : 0.3650 (+/- 8.65 %)

SECTION EFFICACE APPARENTE US (Barn) .. : 0.2554 (+/- 40.14 %)

CRITERE DE DURETE : 0.1584 (+/- 42.60 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.0231 (+/- 5.56 %)

CHAMBRE E.T. : 73.80 +/- 1.20
 COMPTEUR G.M. : 155526.00 +/- 2454.00
 TEMPERATURE : 21.00
 PRESSION : 981.80

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0222 (+/- 60.8 %)

DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.1258 (+/- 3.7 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 1.002

* HARMONIE SEPT 83 *

EPAISSEUR POLYETHYLENE : 8

TEMPS DE COMPTAGE (s) : 60.000
 MONITEUR (cps) : 0.000
 DISTANCE (m) : 5.450
 HAUTEUR (m) : 2.500
 PUISSANCE (W) : 10.00E+002

VALEURS LUES

CHAMBRE U8/Cd : 9340 +/- 75
 CHAMBRE No/Cd : 14192 +/- 92
 CHAMBRE U5/B10 ... : 23372 +/- 91
 CHAMBRE Pu/Cd : 22657 +/- 116

VALEURS CORRIGÉES

CHAMBRE U8/Cd : 3223 +/- 774 (24.03 %)
 CHAMBRE No/Cd : 12436 +/- 347 (2.79 %)
 CHAMBRE U5/B10 ... : 23251 +/- 199 (0.85 %)
 CHAMBRE Pu/Cd : 21956 +/- 302 (1.38 %)

PHI1 (0.5 eV - 0.2 keV) = 7.90E+007 (+/- 6.38 %)
 PHI2 (>0.2 keV) = 7.44E+007 (+/- 5.95 %)
 PHI3 (>0.6 MeV) = 1.49E+007 (+/- 7.79 %)
 PHI4 (>1.35 MeV) = 7.70E+006 (+/- 29.03 %)

PHI3/PHI2 ... = 0.2006

PHI4/PHI2 ... = 0.1039

SECTION EFFICACE APPARENTE NP (Barn) ... : 0.3637 (+/- 3.64 %)
 SECTION EFFICACE APPARENTE U8 (Barn) ... : 0.0582 (+/- 24.88 %)

CRITERE DE DURETE : 0.1669 (+/- 26.81 %)

DOSE KERMA (Rad) : 0.0494 (+/- 2.79 %)

CHAMBRE E.T. : 158.60 +/- 0.40
 COMPTEUR G.M. : 298809.00 +/- 646.00
 TEMPERATURE : 21.00
 PRESSION : 981.80

DOSE KERMA NEUTRON (Rad) : 0.0507 (+/- 39.8 %)

DOSE KERMA GAMMA (Rad) : 0.2677 (+/- 0.8 %)

RAPPORT DOSES NEUTRON MESUREES PAR LES DEUX METHODES : 0.974