

EXERCICE D'INTERCOMPARAISON AVEC LE SPECTROMETRE ROTATIF NEUTRON « ROSPEC »

P. Crovisier¹, G. Pelcot², L. Van-Ryckeghem², A. Cadiou³,
H. Truffert³, J.E. Groetz⁴, M. Benmosbah⁴

¹ *CEA/DAM/VA/DSTA – Service de Protection contre les Rayonnement
Centre de Valduc, 21120 Is sur Tille.*

² *IRSN, Laboratoire de métrologie des neutrons - 13115 Saint Paul Lez Durance .*

³ *COGEMA- Service de prévention et de radioprotection - 50444 Beaumont - Hague*

⁴ *Laboratoire de Microanalyses Nucléaires, Université de Franche Comté (UFC)
25030 Besançon*

I - Contexte

Les différents utilisateurs français du spectromètre neutron rotatif "ROSPEC" ont constitué en 2001 un groupe de travail ayant pour objectif l'évaluation des performances de cet appareil habituellement utilisé dans les installations nucléaires de la COGEMA, du CEA Valduc et de la Défense pour caractériser les postes de travail .

Des champs neutroniques parfaitement caractérisés ont été utilisés pour tester les performances des ROSPEC appartenant :

- au **S**ervice de **P**révention et de **R**adioprotection de la **COGEMA La Hague**,
- au **S**ervice de **P**rotection contre les **R**ayonnements ionisants du **CEA Valduc**,
- au **L**aboratoire de **M**étrologie **D**es **N**eutrons de l'**IRSN**.

Les campagnes de mesures ont été réalisées courant 2003 auprès des sources de ²⁵²Cf, (²⁵²Cf+D₂O)_{Cd}, ²⁴¹Am-Be et l'assemblage "SIGMA" faisant partie de l'installation CEZANNE du LMDN (Cadarache) qui est associé au Bureau National de Métrologie .

Il a été décidé que l'exercice d'intercomparaison ne concernerait que l'étude de cet appareil dans son mode de fonctionnement nominal à savoir le "mode rotatif".

II – Description du spectromètre neutron «ROSPEC »

Le spectromètre rotatif neutron « ROSPEC » dans sa première version (1990) était destiné à la mesure des spectres neutroniques pour une gamme d'énergie comprise entre 50 keV et 4,5 MeV. Ensuite, deux compteurs à He3 ont été ajoutés pour étendre la gamme de mesures vers les énergies thermique et épithermique. Actuellement, cet appareil est constitué de 6 compteurs proportionnels sphériques remplis de gaz à des pressions différentes placés sur une plate-forme tournante (4 tours/min.) permettant d'exposer chaque détecteur à la source neutronique à mesurer.

Le Logiciel de déconvolution du ROSPEC nommé ZSPEC 4 permet de déconvoluer séquentiellement les 6 spectres de proton de recul et ainsi de calculer les paramètres dosimétriques associés (H*(10), Hp(10,0) et le ke rma air) au spectre neutronique obtenu.

Afin de pouvoir comparer les performances intrinsèques des différents appareils, il a été décidé d'utiliser la même procédure de déconvolution pour chaque système ROSPEC.

III - Résultats

Les appareils testés lors de cette intercomparaison sont nommés ROS 1, ROS 2 et ROS 3.

III.1 - Spectres neutroniques

Une bonne homogénéité apparaît entre les différents appareils pour les sources $^{241}\text{AmBe}$ et ^{252}Cf (figures 1, 2 et tableau 3). On notera, pour le spectre de la source de californium, la présence de valeurs de fluence négatives pour des groupes d'énergie voisins de 100 keV (figure 2). Ceci n'est pas imputable à un manque de statistique (taux de comptage importants) mais à un problème dans la déconvolution des spectres de protons de recul. En ce qui concerne les sources "modérées", la figure 3 montre que dans les domaines thermique et épithermique chaque ROSPEC fourni des valeurs très différentes. En effet, l'appareil ROS 3 indique une fluence plus importante dans le domaine thermique que dans l'épithermique, alors que cette tendance est inversée pour les autres ROSPEC.

Pour les énergies comprises entre 50 keV et 16 MeV, les résultats obtenus sont en bon accord avec les valeurs de références. De plus, on peut remarquer sur la figure 3 les deux résonances de l'oxygène à 0,4 et 0,9 MeV ; ceci souligne le fait que cet appareil a une bonne résolution pour la gamme d'énergie comprise entre 100 keV et 4,5 MeV.

Pour les mesures concernant l'assemblage SIGMA, la figure 4 indique que la valeur maximale mesurée est proche de celle de référence, cependant, la valeur intégrale est surestimée approximativement d'un facteur 2.

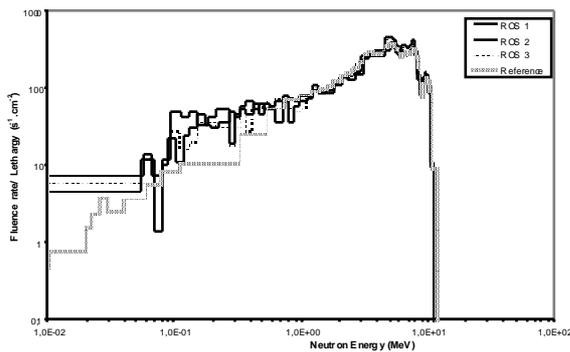


Figure 1. Source d' $^{241}\text{AmBe}$

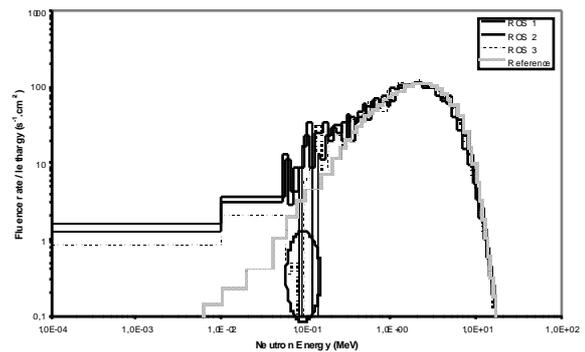


Figure 2. Source ^{252}Cf

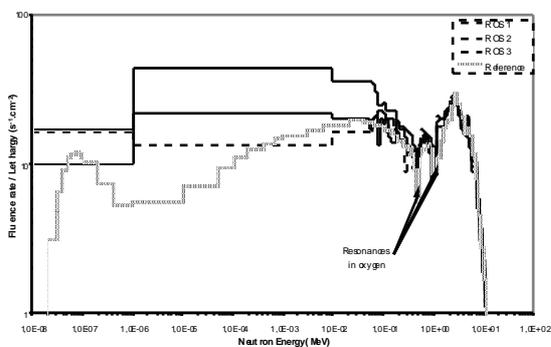


Figure 3. Source de $^{252}\text{Cf} + \text{D}_2\text{O}$

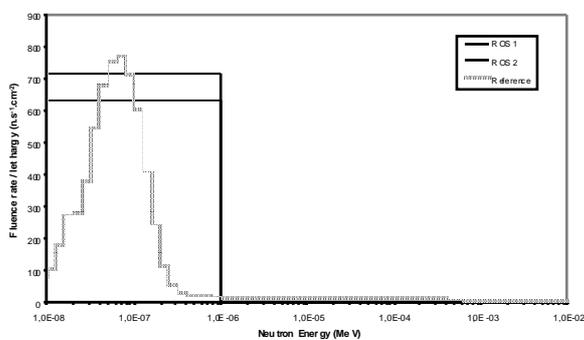


Figure 4. Assemblage "SIGMA"

III.2 - Fluence et débit d'équivalent de dose

Gamme d'énergie "0.01 eV - 16 MeV"

Alors que pour les sources d'AmBe et de Californium, les valeurs obtenues sont relativement proches des références (entre 4% et 11% for H*(10), entre 12% et 24% pour la fluence), une importante surestimation apparaît pour les sources thermiques à savoir "SIGMA", ($^{252}\text{Cf}+\text{D}_2\text{O}$) et ($^{252}\text{Cf}+\text{D}_2\text{O}$)_{Cd} (17% - 40% pour H*(10), 30%-150% pour la fluence).

Gamme d'énergie « 50 keV - 16 MeV »

Pour les sources d'AmBe et de Californium, les différences « mesure - valeur de référence » sont proches de celles observées précédemment pour la gamme d'énergie "0.01eV-16 MeV". Ceci s'explique par un manque de fluence neutronique dans les domaines thermique et épithermique.

En ce qui concerne les sources de californium modérées, tous les appareils ROSPEC surestiment significativement le débit d'équivalent de dose ambiant (entre 11% et 20%) et le débit de fluence (entre 10% et 38%). Cependant, on peut affirmer que la réponse de cet appareil est bien adaptée pour mesurer les spectres dans une gamme d'énergie comprise entre 50 keV et 16 MeV.

Gamme d'énergie "0.01 eV - 50 keV"

Le tableau 1 montre que le débit de fluence et d'équivalent de dose ambiant sont largement surestimés pour toutes les configurations de mesure (entre 40% et 235% pour la fluence, 38% à 490% pour H*(10)). De plus, les résultats des comptages obtenus pour chaque compteur He3 de tous les appareils sont dans certains cas incohérents. L'origine de ces problèmes peut être une calibration incorrecte de ces compteurs ou une erreur dans le logiciel de deconvolution ZSPEC4.

	Rapport de fluences					Rapport de H*(10)				
	AmBe	Cf	(Cf+D ₂ O)/cd	Cf+D ₂ O	SIGMA	AmBe	Cf	(Cf+D ₂ O)/cd	Cf+D ₂ O	SIGMA
<i>Gamme d'énergie "0.01 eV - 16 MeV"</i>						<i>Gamme d'énergie "0.01 eV - 16 MeV"</i>				
ROS 1	1.12	1.18	1.74	1.66	2.02	1.04	1.08	1.18	1.20	1.40
ROS 2	1.14	1.24	2.52	2.51	1.78	1.08	1.11	1.29	1.32	1.34
ROS 3	1.12	1.12	1.46	1.31	/	1.09	1.11	1.17	1.20	/
<i>Gamme d'énergie "50 keV - 16 MeV"</i>						<i>Gamme d'énergie "50 keV - 16 MeV"</i>				
ROS 1	1.06	1.11	1.10	1.11	0.93	1.04	1.07	1.14	1.11	0.91
ROS 2	1.11	1.15	1.28	1.22	1.06	1.09	1.11	1.20	1.15	1.02
ROS 3	1.07	1.11	1.11	1.12	/	1.09	1.11	1.16	1.14	/
<i>Gamme d'énergie "0.01 eV - 50 keV"</i>						<i>Gamme d'énergie "0.01 eV - 50 keV"</i>				
ROS 1	NS	NS	2.18	1.93	2.06	NS	NS	1.70	3.70	1.93
ROS 2	NS	NS	3.35	3.11	1.81	NS	NS	2.60	5.90	1.70
ROS 3	NS	NS	1.69	1.40	/	NS	NS	1.38	2.83	/

NS : non significatif

Tableau 1. Comparaison « Mesures / références » en terme de débit de fluence neutron et H*(10)

V - Conclusions

Les résultats montrent :

- pour les sources dites à « spectre rapide » ($^{241}\text{Am-Be}$ et ^{252}Cf), un très bon accord entre les mesures et les valeurs de référence à la fois en terme de débit d'équivalent de dose (environ 10 %) que de fluence (15%).
- pour les sources « thermalisées » (Californium modérée, "SIGMA"), que les valeurs de débit d'équivalent mesurées restent acceptables (surestimation de 20 à 40 %) alors que les valeurs de débit de fluence dans les groupes d'énergie "0.01 eV-50 keV" sont dans tous les cas largement surestimées (entre 40% et 235%).
- certains problèmes concernant la mesure de la fluence (valeurs négatives) vers 100 keV.

Actuellement, une thèse initiée par le groupe de travail doit permettre l'amélioration des performances de ce spectromètre dans les domaines thermique et épithermique et rapide (calibrations des compteurs, nouveau logiciel de déconvolution ,)