

SILENE : SOURCE DE RAYONNEMENTS DE REFERENCE

R. MEDIONI* - F. BARBRY**
CEA/Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
*Département de Protection de la santé
de l'Homme et de Dosimétrie
**Département de Recherches en Sécurité

SILENE, A SOURCE OF REFERENCE RADIATION FIELDS

The Silène reactor is an experimental facility designed to investigate the sequence of events and the consequences of criticality accident from both physical and radiological standpoints.

The small core volume, the use of shields of various sizes and materials, the properties of the leakage radiation and particularly the neutron/gamma dose ratios, the wide range of dose rate values, and the variety of operating modes make the unit a powerful research tool to meet the requirements of physicists, neutronics or dosimetry specialists and biologists.

I - INTRODUCTION -

Dans le but d'étudier le déroulement et les conséquences des accidents de criticité tant du point de vue physique que radiologique, l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire du CEA a conçu et réalisé un dispositif expérimental sur le site de Valduc [1].

La source SILENE est un réacteur à combustible liquide qui présente à la fois une grande souplesse d'utilisation et une sûreté intrinsèque de haut niveau.

Le faible volume du coeur, l'utilisation d'écrans de nature et de dimensions diverses, l'intensité des rayonnements gamma et neutron émis ainsi que les divers modes de fonctionnement possibles en font un outil très puissant, susceptible de répondre à l'attente de nombreux expérimentateurs qu'ils soient physiciens, neutroniciens, dosimétristes ou biologistes.

II - LE REACTEUR SILENE - SES POSSIBILITES -

1 - Le coeur : c'est une cuve annulaire de 36 cm de diamètre traversée en son axe par un canal de 7 cm de diamètre. L'ensemble est placé au centre d'une cellule en béton de grandes dimensions (19 x 12 x 10 m).

Le réacteur utilise comme combustible une solution fissile de nitrate d'uranyle. Il en résulte deux avantages :

- une sûreté intrinsèque grâce à deux mécanismes de contre-réaction (échauffement de la solution et effet de vide dû à l'apparition de gaz de radiolyse).

- une grande souplesse d'exploitation (adaptation des caractéristiques du coeur à toute configuration expérimentale).

Le fonctionnement est obtenu en introduisant la solution fissile dans la cuve du coeur. L'excursion de puissance est réalisée par extraction d'une barre de réactivité se déplaçant dans le canal central.

En fin d'expérience la solution fissile irradiée est vidangée dans une cuve spéciale placée dans un local blindé ce qui autorise un accès rapide dans la cellule.

2 - Les modes de fonctionnement : Silène est conçu pour fonctionner selon trois modes :

- . en "salve" : l'excursion de puissance est brève (quelques millisecondes) mais très énergétique (jusqu'à 1000 mégawatts),
- . en "libre évolution" : on laisse évoluer librement l'excursion de puissance pour simuler un accident de criticité,
- . en "palier" : le réacteur fonctionne à une puissance stable prédéterminée (niveau compris entre 10^{-2} watt et 10^4 watts) pendant le temps désiré. Dans ce mode, le débit de dose due aux neutrons peut varier, suivant la puissance choisie de 5.10^{-9} à 5.10^{-3} Gy.s⁻¹ (à une distance de 4 m du réacteur nu).

3 - Les écrans :

Des écrans cylindriques peuvent être disposés autour de la source de manière à modifier les caractéristiques des rayonnements de fuite, par exemple dégrader le spectre des neutrons et modifier le rapport de la dose γ à la dose neutron. A cet effet deux écrans, l'un en plomb, l'autre en polyéthylène ont été réalisés et étudiés. Un écran d'acier sera qualifié prochainement.

Le vaste espace environnant le coeur du réacteur (230 m² au sol) permet l'irradiation de fantômes ou d'objets volumineux sur des arcs correspondant à des isodoses. Des écrans supplémentaires (murs de béton) peuvent être disposés dans la salle d'irradiation pour simuler des situations particulières.

III - CARACTERISTIQUES DES RAYONNEMENTS EMIS [2] -

Grâce aux différents modes de fonctionnement possibles, Silène offre une large gamme de débits de dose (10^{-8} Gy.s⁻¹ à 300 Gy.s⁻¹ pour la dose neutron à 4 mètres du réacteur nu). Cette large dynamique permet l'utilisation de détecteurs ou d'appareils de mesure de sensibilités très différentes.

La caractérisation du champ de rayonnement a été effectuée à l'aide de différentes techniques :

- . pour le spectre des neutrons : détecteurs à activation, chambres à fission, spectrométrie par protons de recul,
- . pour les doses neutrons : chambres d'ionisation (équivalent tissu et aluminium) et diodes avec comparaison des valeurs déduites de la spectrométrie,
- . pour les doses gamma : thermoluminescence, compteur Geiger Muller compensé en énergie.

Le tableau 1 indique les principales caractéristiques du champ mixte émis à 4 m de l'axe du réacteur nu ou muni d'écran pour une puissance de 4.10^{17} fissions développées dans le réacteur (énergie maximale pour une expérience).

Ecran	Dose neutron (Gy)	Dose gamma (Gy)	Dose gamma ----- Dose neutron
Sans	6,0	8,0	1,3
Plomb	5,2	1,1	0,2
Polyéthylène	~ 0,4	5,2	> 10

Tableau 1 : Caractéristiques du champ de rayonnement à 4 m du réacteur pour 4.10^{17} fissions.

Le tableau 2 donne la distribution relative en fluence et en kerma selon cinq bandes d'énergie de neutrons. On constate l'effet de déplacement du spectre dû aux écrans (plomb ou polyéthylène) par rapport à la configuration source nue.

Bande d'énergie	Source nue		Ecran de plomb		Ecran de polyéthylène	
	Fluence	Kerma	Fluence	Kerma	Fluence	Kerma
$E_n < 0,5 \text{eV}$	20,1	0,3	18,0	0,3	23,3	0,3
$0,5 \text{eV} < E_n < 50 \text{keV}$	35,4	1,1	33,4	1,2	33,4	1,0
$50 \text{keV} < E_n < 1 \text{MeV}$	19,8	24,6	29,4	40,2	14,3	15,4
$1 \text{MeV} < E_n < 5 \text{MeV}$	23,0	66,7	18,6	55,4	25,0	67,1
$5 \text{MeV} < E_n < 15,5 \text{MeV}$	1,6	7,3	0,6	2,9	4,0	16,2

Tableau 2 : Distribution relative de la fluence et du kerma exprimée en pour cent.

IV - EXEMPLES D'APPLICATIONS -

Les caractéristiques de la source (forme des spectres, rapport γ/n) et les grandes dimensions de l'espace libre environnant le coeur permettent des applications extrêmement nombreuses dans les programmes liés à la protection de l'homme. On peut citer :

1 - Dosimétrie :

- réalisation d'exercices pour l'entraînement des équipes chargées de la dosimétrie d'accident de criticité,
- étude et développement de nouveaux moyens de mesure,
- étalonnage d'instruments de radioprotection.

2 - Intervention :

- étude de la stratégie à appliquer en matière d'intervention après un accident de criticité,
- réponse et qualification de détecteurs d'alarme de criticité.

3 - Activation du sodium :

- étude de l'activation du sodium du sang et détermination de coefficients permettant l'évaluation des doses reçues par des individus en cas d'accident (influence de la forme du spectre et de l'orientation).

4 - Radiobiologie :

- étude de l'efficacité biologique des neutrons sur différents systèmes, induction de cancer, anomalies chromosomiques etc...,
- irradiation d'animaux de grande taille.

V - CONCLUSION -

Les possibilités d'irradiation simultanée de nombreux objets sur une même isodose, les spectres variés disponibles, la souplesse de l'installation permettent de proposer Silène comme source de référence au niveau international.

Actuellement, dans le cadre d'un groupe de travail de la Commission des Communautés Européennes (Eurados W.G 9) la source Silène a été retenue pour l'organisation d'une intercomparaison internationale des systèmes de dosimétrie utilisés en cas d'accident de criticité [3]. Cette intercomparaison est également cautionnée par l'AIEA et se déroulera au Centre d'Etudes de Valduc en 1993.

VI - BIBLIOGRAPHIE -

- [1] Commissariat à l'Energie Atomique.
"Silène, source de rayonnements de référence".
Plaquette d'information réalisée au sein de l'IPSN, 1987.
- [2] F. Barbry and R. Médioni ; Silène, a source of reference radiation fields. 7th Symposium on neutron dosimetry, 14-18 October 1991, Berlin.
- [3] R. Médioni, M. Buxerolle, H.J. Delafield and C.A. Perks ; Reference measurements of the leakage radiation field from the Silène reactor (lead shield) for an international intercomparaison of criticality accident dosimetry systems. 7th Symposium on neutron dosimetry, 14-18 October 1991, Berlin.