

2
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE SACLAY

Service de Documentation

F91191 GIF SUR YVETTE CEDEX

CEA-CONF - -8002

R1

AMELIORATION DE LA SURVEILLANCE DE LA CUVE D'UN REACTEUR
A EAU PRESSURISEE DE LA S.E.N.A.

A.BEVILACQUA¹ - M. CAMPANI² - C.DUPONT³ - R.LLORET¹ - J-C.NIMAL³
M.POITOU⁴ - R.RIEHL⁵.

1-CEA Service des Piles de Grenoble 85 X 38041 Grenoble Cedex.
2-EDF Service de Contrôle des Matériaux Irradiés BP 23 37420 AVOINE.
3-CEA-SERMA-LEPF CEN/SACLAY - 91191 Gif-sur-Yvette.
4-FRAMATOME. Tour Fiat 1,Pl. de la Coupole - 92084 La Défense.
5-S.E.N.A. - BP 60 - 08600 Givet.

Communication présentée à 5. ASTM-EURATOM symposium on reactor dosimetry
Geesthacht(Germany,FR)
24-28 Sep 1984

AMELIORATION DE LA SURVEILLANCE DE LA CUVE D'UN REACTEUR
A EAU PRESSURISEE DE LA S.E.N.A..

A.BEVILACQUA¹, M.CAMPANI², C.DUPONT³, R.LLORET¹, J-C.NIMAL³,
M.POITOU⁴, R.RIEHL⁵.

1-CEA Service des Piles de Grenoble. 85 X .38041 Grenoble Cedex.
2-EDF Service de Contrôle des Matériaux Irradiés.BP23 37420 Chinon.
3-CEA-SERMA-LEPF. CEN-SACLAY - 91191 Gif-sur-Yvette.
4-FRAMATOME. Tour Fiat. 1 Place de la Coupole - 92084 La Défense.
5-S.E.N.A. BP 60 - 08600 Givet.

ABSTRACT

This paper describes a new dosimetry, installed inside and outside the Pressure Vessel of CHOOZ Nuclear Power Plant of the Société d'Energie Nucléaire Franco-Belge des Ardennes (S.E.N.A.), during its 1982-83 operation cycle.

The inner dosimetry deals with a simulated capsule located like those of the previous program, under the reactor plate, and includes copper, nickel, iron, niobium, copper-cobalt, neptunium and uranium dosimeters. Its aim is to qualify the information given by the existing copper dosimetry which is up till now the only way to characterise the fluence determinations of the specimens. The spectrum used with these measurements is obtained by the 1 D ANISN Code and BIP-N 2 library.

The outer dosimetry is the fluence determination along the outer wall of the vessel. Two tubes, equiped by neutron dosimeters, seven meters long, were fixed along the vessel. On the median plane, the results are compared to a 2 D DOT transport calculation.

Preliminary results are given which improve the vessel and specimens neutronic characterisation.

INTRODUCTION

Afin d'apprécier les marges de sécurité vis-à-vis du risque de rupture de la cuve de la Centrale Nucléaire des Ardennes (SENA), située à CHOOZ, les autorités de sureté ont demandé de mieux évaluer les principaux paramètres qui s'y rapportent, et en particulier, la fluence de neutrons rapides intégrée par la cuve.

Ce réacteur à eau sous pression, après quelques mois de fonctionnement, a subi en 1968-1970 des modifications de structures internes. La suppression de l'écran thermique a entraîné le retrait des éprouvettes de surveillance du métal de la cuve situées en périphérie du coeur. En remplacement, un autre programme de surveillance a été mis sur pied comportant de nouvelles capsules situées, celles-ci, sous le coeur, et équipées seulement de dosimètres en cuivre. L'exploitation de ce second programme après 12 ans d'irradiation, utilisant les spectres neutroniques disponibles, a mis en évidence que les flux neutroniques déterminés par la mesure, sont inférieurs de 30% aux flux calculés.

En vue d'affiner ces résultats, la démarche suivante est entreprise :

- reprise de l'étude du flux et du spectre de neutrons au droit des éprouvettes d'irradiation et de la paroi de la cuve, à l'aide de calculs actuels mieux adaptés.

- amélioration de la connaissance des flux et spectres de neutrons par la mise en place de deux mesures nouvelles, l'une dans une capsule et l'autre à l'extérieur de la cuve, basées sur un jeu de dosimètres couvrant plus largement le spectre.

- réévaluation de la fluence du métal de cuve.

Ce sont les étapes principales de cette démarche qui sont rapportées ici.

PROGRAMME DE TRAVAIL ADOPTE.

L'exploitation des capsules irradiées pendant 2, 5, 10 et 12 ans a fourni des résultats d'une grande régularité, mais d'un caractère peu représentatif. On a donc cherché à rendre significative la dosimétrie du programme de surveillance existant par une procédure de qualification des déterminations de flux et fluences neutroniques aussi bien au niveau des éprouvettes (sous le coeur) qu'à l'extérieur de la cuve. Ce travail a mis en jeu la coopération d'équipes de divers organismes, de l'exploitant de la centrale au fournisseur de la cuve, assistées de divers services de l'EDF et du CEA. La partie expérimentale eut lieu au cours du douzième cycle du réacteur, de septembre 1982 à avril 1983.

- 1-Evaluation du flux à l'extérieur de la cuve.

A - Calcul des flux et spectres.

Le calcul des flux de neutrons du coeur à l'extérieur de la cuve dans le plan médian horizontal a été effectué à l'aide du code DOT de transport multigroupe à deux dimensions et aux ordonnées discrètes. Il a été utilisé en géométrie R, θ , les contours du coeur et du baffle étant approximatés par des portions de cylindre. Le découpage en R a comporté 100 pas de $R = 85$ cm

à $R = 247$ cm. Seuls 50 cm de la protection thermique en eau située autour de la cuve ont été pris en compte. Ils sont suffisants pour assurer la validité du spectre de neutrons autour de la cuve. Le découpage en θ a comporté 38 pas de $\theta = 0^\circ$ à $\theta = 45^\circ$. La discrétisation en direction utilise un découpage en S6. L'anisotropie des sections efficaces est traitée en P1. Le découpage en énergie comporte 21 groupes de 10 MeV à l'énergie thermique dont 9 au-dessus de 1 MeV. Le programme DOT, en géométrie R, θ , suppose une distribution de source constante dans la direction z . La valeur utilisée est la valeur moyenne (source totale divisée par la hauteur du coeur). Un pic axial égal à 1,2 (intermédiaire entre début de vie et fin de vie-sans barres) a été utilisé pour obtenir les fluences maximales.

B - Mesures.

Deux dispositifs ont été fixés contre la face externe du calorifuge de la cuve suivant deux génératrices à 90° (fig 1). Ils se trouvent dans des positions azimutales équivalentes à flux maximum (distance combustible-cuve minimum) car des difficultés de positionnement n'ont pas permis d'atteindre un emplacement à flux minimum. Sur chacune des génératrices sont disposés, tous les 50 cm sur une hauteur de 7 m, un ensemble de dosimètres comprenant un fil d'alliage Al-(0,483%)Co alternativement nu et sous cadmium, un fil de nickel et un fil de fer. Les activités sont mesurées à mieux que 3% dans la zone centrale, là où le calcul du spectre est valide. Aux extrémités, l'incertitude se dégrade jusqu'à 6% pour les plus faibles activités (par exemple en ^{54}Mn , $0,06 \text{ Bq.mg}^{-1}$ de fer). Le rapport cadmium est obtenu par interpolation avec une précision de l'ordre de 10%.

C - Résultats.

La figure 2 donne un aperçu des résultats obtenus, à partir de sections efficaces moyennes calculées d'après IRDF 82 /1/.

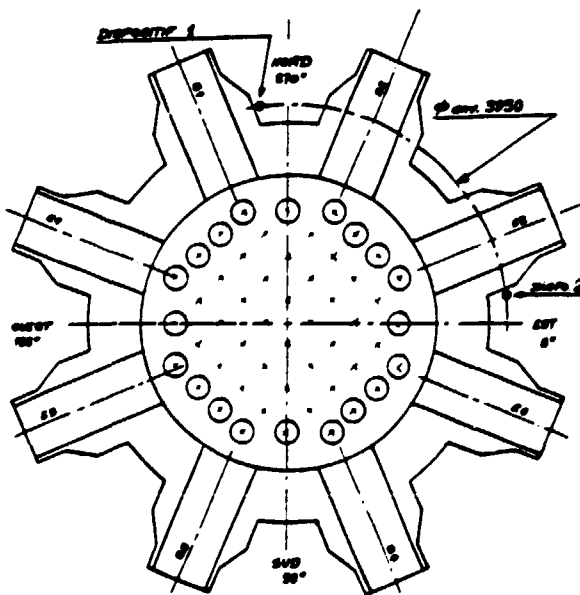


Fig 1 - IMPLANTATION RADIALE DES DISPOSITIFS EXTERNES

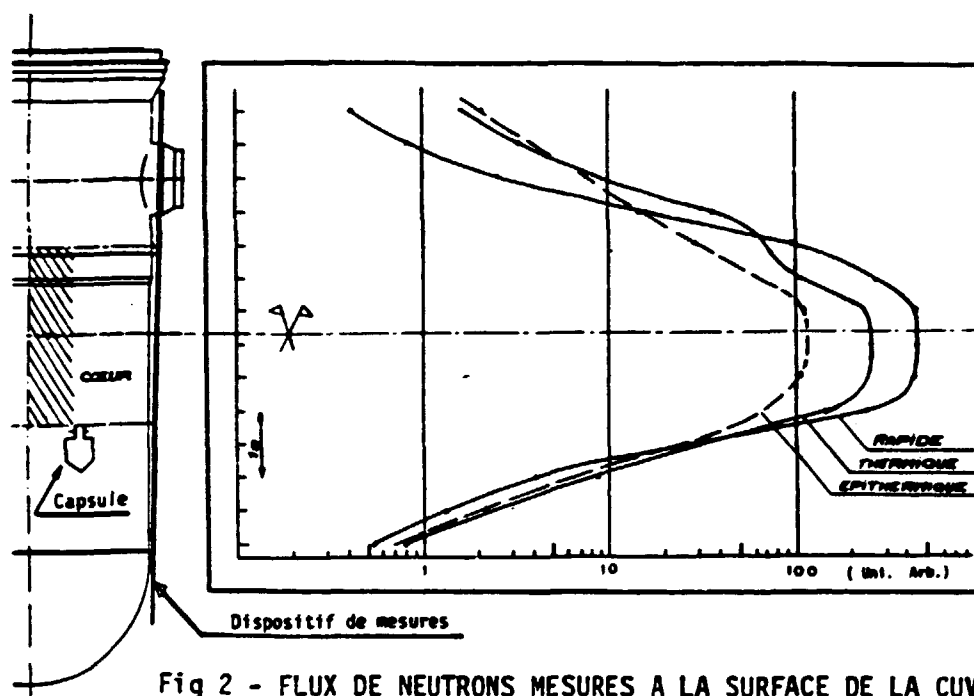


Fig 2 - FLUX DE NEUTRONS MESURES A LA SURFACE DE LA CUVE

Au plan médian, on obtient pour le flux supérieur à 1 MeV :
 mesure/calcul = 1,09 pour le nickel, 1,02 pour le fer.
 Cet accord nous permet de dire que la cohérence entre la forme et l'intensité du spectre calculé et les sections efficaces utilisées pour traiter les activités est tout à fait satisfaisante. Ainsi qualifié à la surface externe de la cuve, le calcul du spectre et de la fluence sur la face interne voit sa représentativité étayée. Il est représenté figure 3.

2-Evaluation des flux dans les capsules de surveillance.

A - Calcul des flux et spectres.

Le spectre des neutrons et différents paramètres (flux supérieur à 1 MeV, énergie cédée au réseau), ont été calculés à l'emplacement des éprouvettes de surveillance à l'aide du code ANISN (2). Il résout l'équation de Boltzmann à une dimension (dans notre cas en géométrie plane) par la méthode des ordonnées discrètes. Les calculs ont été effectués en S16 P3. Les sections efficaces sont calculées à partir de la bibliothèque binaires BIP-N2 (3) tirée de ENDF/B IV dans un découpage à 100 groupes.

La géométrie du calcul ANISN est constituée de 6 milieux homogènes : coeur, zone des bouchons de crayons, embout d'assem-

blage, zone des ailettes d'entrée d'eau, plaque inférieure, eau située sous la plaque. Notons que les éprouvettes ont été négligées ce qui induit un léger durcissement du spectre en partie basse. Un calcul de Monte-Carlo (4) aurait permis d'en tenir compte. Par contre, le domaine d'énergie étendu jusqu'à 15 MeV couvre mieux la zone de sensibilité du cuivre. Un calcul d'évolution par APOLLO (5) a fourni les répartitions de fission sur les différents isotopes fissiles au cours de la vie du réacteur. Ceci permet d'obtenir, en moyenne sur la vie du réacteur, un nombre de neutrons émis par fission et leur spectre. Le spectre ANISN est représenté fig.3.

B - Définitions des mesures.

Le dispositif est une capsule simulée, en acier, équipée de jeux de dosimètres à trois niveaux. Les dosimètres à activation (nickel, cuivre, fer, niobium, alliage Cu-0,1% Co) sont encapsulés dans des boîtiers en aluminium. Les dosimètres fissiles (pastilles de 20 mg de $^{238}\text{U}_3\text{O}_8$ et de $^{237}\text{NpO}_2$) sont encapsulés sous nickel et 2 mm d'oxyde de cadmium. Un tel équipement de dosimètres répond aux objectifs suivants :

- qualifier les fluences mesurées par le cuivre seul.
- assurer la cohérence de la dosimétrie du programme de surveillance de la SENA avec ceux des réacteurs de l'EDF.
- utiliser un moyen expérimental imposé par les circonstances pour obtenir un maximum d'information.

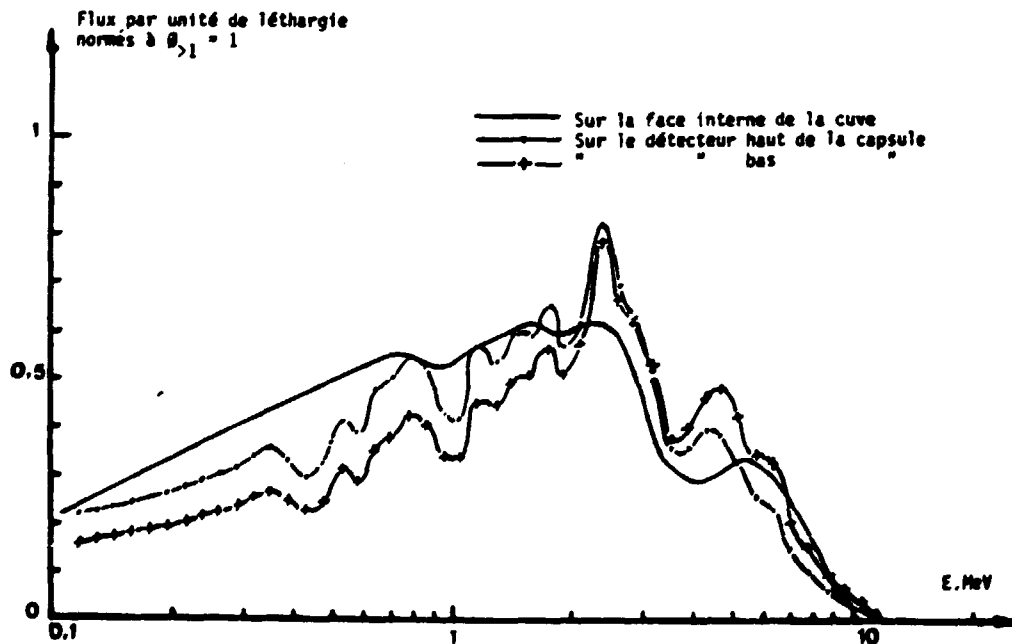


Fig 3 - SPECTRES DES NEUTRONS D'ENERGIE SUPERIEURE A 0,1 Mev

La capsule a été introduite lors de l'arrêt de tranche en août 1982, à la place occupée par celle retirée après le 1er cycle. Les sections moyennes ont été calculées sur les spectres de la figure 3 au moyen de IRDF 82.

C - Principaux résultats.

Certains résultats provisoires sont représentés figure 4. La mesure définitive des activités est prévue pour fin 1984. Elle sera suivie d'une analyse détaillée qui fournira l'évaluation des fluences reçues par les éprouvettes. Pour l'heure, les flux reportés sont déduits de mesures masquées par l'activité des boîtiers en nickel. La tendance observée est la suivante :

$$\text{- nickel/niobium} = 1,05 \pm 0,03$$

$$\text{- fer/niobium} = 0,94 \pm 0,02.$$

Cette cohérence est mise à profit pour adopter la moyenne (Nb-Ni-Fe) comme terme de comparaison. Comme on peut le voir sur la figure 4, le cuivre s'écarte de plus de 15% de cette moyenne dans le sens qui pourrait confirmer la tendance du calcul à trop durcir le spectre en partie basse. L'information des dosimètres fissiles

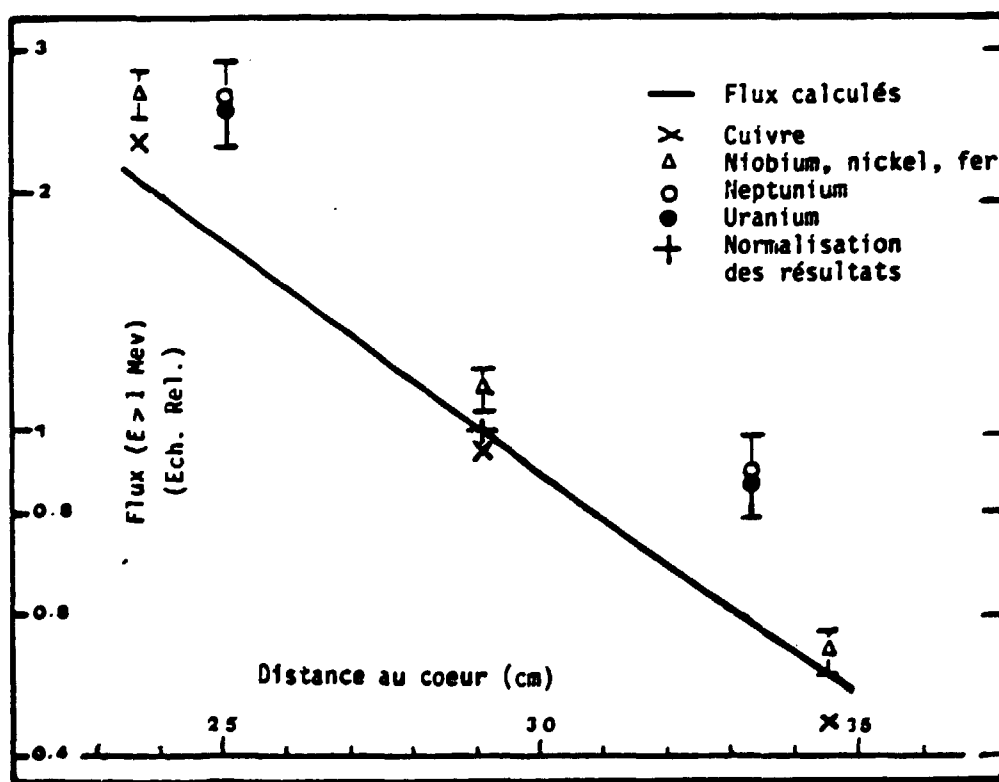


Fig 4 - RESULTATS PROVISOIRES DANS LA CAPSULE.

sera analysée sur les résultats définitifs. Néanmoins, on peut dire d'ores et déjà qu'il est justifié de procéder à une réévaluation des fluences reçues par toutes les éprouvettes sorties.

CONCLUSION.

La démarche qui a été rapportée ici avec quelques résultats provisoires obtenus avait pour objectif de mieux évaluer les paramètres d'irradiation de la cuve et éprouvettes de surveillance. Pour la cuve, les mesures réalisées à la surface extérieure qualifient le calcul à cet endroit et permettent de penser qu'il est représentatif sur la paroi interne. Pour les éprouvettes, l'évaluation est en cours à partir des informations recueillies. Elles permettront une réévaluation plus satisfaisante des fluences reçues par toutes les éprouvettes du programme.

Ce travail, réalisé par les actions concourantes d'équipes de plusieurs organismes (SENA, CEA, FRAMATOME, EDF), montre que l'on peut remédier avec succès à certains "défauts de jeunesse" de réacteur à eau pressurisée, même s'il faut utiliser des moyens de calcul et de mesure que leur finesse réserve en général aux études de maquette en laboratoire ou en réacteur de recherche.

REFERENCES

- 1 - D.E.Cullen, N. Kocherov, P.M.Mc Lauglin. International Reactor Dosimetry File. IAEA-NDS-42.R.
- 2 - C.Devillers. Description et mode d'utilisation du programme aux ordonnées discrètes ANISN. Note CEA.N.1358 (1970).
- 3 - Bibliothèque binaire multigroupe neutron BIP-N2. Note SERMA/LEP/81.195 (1981).
- 4 - A.Baur, L. Bourdet, G. Dejonghe, J. Gonnord, A. Monnier, J-C.Nimal, T. VERGNAUD. TRIPOLI 2 - Note CEA à paraître.
- 5 - A.Hoffman, F. Jeanpierre, A.Kavenoky, M. Livolant, H. Lorain. APOLLO. Code multigroupe de résolution de l'équation du transport Note CEA.N.1610.