

2. Symposium on reactor dosimetry: dosimetry methods
for fuels, cladding and structural materials.
Palo Alto, Calif., USA, 3-7 October 1977
CEA-CONF--4166

S.A.)

UFE

- 4166

IRRADIATIONS D'ACIERS DE CUVES EN FRANCE : APERCU DU PROGRAMME
ET DES METHODES DE DOSIMETRIE

(Jean-Marie CERLES , Services des piles de Saclay -
Pierre SOULAT , Service de Recherches Métallurgiques Appliquées -
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay)

I - PROGRAMME D'IRRADIATION :

Un important programme d'irradiations d'aciers de cuves a été
entrepris en France depuis les environs de 1970. Ce programme est réa-
lisé par le Service de Recherches Métallurgiques ^{Appliquées} du C.E.A.

Il s'agit essentiellement :

1) d'irradiations proprement dites sur les aciers :

. irradiations d'acier A 533 B américain. Programme A.I.E.A.

Cette première étude (4 irradiations) a permis de comparer les
résultats à ceux d'autres laboratoires (Japon, Royaume Uni, etc.).

. caractérisation d'aciers de cuves des premiers réacteurs
français (8 irradiations).

Cette étude, terminée, a permis de préciser la faible sensi-
bilité à l'irradiation des aciers français. Deux soudures ont été
incluses dans ce programme.

. irradiations en cours ou programmées de tôles de référence
(4 irradiations).

. un programme qui débute sur les aciers de cuve ainsi que les soudures. Il comporte :

- des irradiations pour la détermination du J1c et du K1d,
- des irradiations pour vitesse de propagation de fissures dans l'air et en milieu PWR,
- une irradiation pour caractériser les matériaux en ... V, CHARPY V préfissuré et traction.

2) d'études d'améliorations des aciers de cuve :

On étudie l'effet d'addition de nickel. 7 irradiations sont prévues jusqu'en 1978. Une soudure est étudiée.

3) d'études de compréhension :

- 4 irradiations sur l'étude de l'effet du cuivre,
- 2 irradiations sur la restauration de l'effet d'irradiation.

4) de mises au point d'essais mécaniques :

3 irradiations pour la mise au point d'essais de mécanique de la rupture pour la détermination du K1c, du J1c et du K1d afin d'adapter le programme de surveillance des cuves.

2 irradiations pour l'étude de la vitesse de propagation d'une fissure par fatigue.

5) programme A.I.E.A. :

L'AIEA organise un nouveau programme sur l'effet de l'irradiation sur les aciers de cuve de réacteurs. Il est prévu d'examiner dans au moins 5 pays, 2 aciers français, 2 aciers japonais et 2 soudures. On prévoit 6 irradiations pour la participation française.

II - MESURE DES FLUENCES DE DOMMAGES DANS LES IRRADIATIONS

D'ACIERS.

Dans la mesure de la fluence reçue par une irradiation d'acier, nous distinguerons deux étapes principales :

- . une dosimétrie préalable,
- . le comptage des intégrateurs accompagnant l'irradiation et permettant de connaître les conditions précises du déroulement de cette irradiation.

L'étape principale pour l'interprétation est en fait la dosimétrie préalable, le dépouillement des comptages des intégrateurs servant uniquement à connaître la valeur absolue de la dose reçue à partir de laquelle les résultats de la dosimétrie préalable permettront de passer à la dose de dommages reçue par l'acier.

Ces irradiations d'aciers sont effectuées en périphérie du coeur du réacteur piscine TRITON.

1) dosimétrie préalable :

La dosimétrie préalable se divise elle-même en deux parties :

- . une dosimétrie à débit de fluence faible, ou basse puissance, au cours de laquelle sont irradiés des détecteurs de dommage au graphite (G.A.M.I.N.) accompagnés de détecteurs au Ni.
- . une dosimétrie à débit de fluence élevé, ou haute puissance, pour la détermination de l'indice Cu/Ni et la détermination du niveau du flux thermique (détecteur de Co) ou du rapport $\phi_{\text{rapide}} / \phi_{\text{thermique}}$. L'indice Cu/Ni permettra le dépouillement des comptages des détecteurs de cuivre accompagnant l'irradiation elle-même.

Par la mesure de la variation relative de la résistivité électrique du graphite ($\frac{\Delta R}{R}$) sur laquelle les corrections, nécessitées par la température de l'irradiation, la fluence reçue et le délai entre l'irradiation et le comptage, sont effectuées, et par le comptage des détecteurs

de nickel, on détermine un indice r :

$$r = \frac{10^{-7} \Delta R/R}{A_{Ni}}$$

Il existe une relation entre r et $\frac{\phi_G^f}{\phi_{Ni}^f}$. Pour le graphite utilisé, sur

un nombre élevé d'échantillons, après vérification sur un nombre important de réacteurs, une relation expérimentale entre r et ϕ_G^f / ϕ_{Ni}^f a été établie :

$$\frac{\phi_G^f}{\phi_{Ni}^f} = 0,5.$$

On a adopté la fonction w_G recommandée par EURATOM et le spectre de fission de CRANBERG.

De la mesure, on déduit donc $\frac{\phi_G^f}{\phi_{Ni}^f}$ révision du niveau de ϕ_{Ni}^f ,

et l'indice Cu / Ni.

2) dommages aciers :

Le passage du ϕ_G^f ou ϕ_{Ni}^f à la fonction de dommage des aciers est basé sur les résultats d'un certain nombre d'études préalables, en particulier des comparaisons de calculs de flux de dommage acier et de flux de fission graphite pour les spectres dans les emplacements de première et deuxième périphérie d'un réacteur piscine.

La fonction de dommage retenue pour représenter les variations des propriétés mécaniques des aciers est la création de zones de déplacement à partir d'un atome primaire d'énergie minimale de 3 keV.

L'utilisation de cette fonction de dommage montre que le flux de fission équivalent pour la création de zones de déplacement ($E > 3$ keV) dans l'acier, est égal à ϕ_G^f à mieux que 3 % dans les conditions ci-dessus.

Il est donc possible, à partir de la dosimétrie, d'obtenir directement la fluence de dommage acier.

Une vérification calculée est toujours possible. Un calcul du spectre dans l'expérience, par un calcul de transport à 1 dimension ou 2 dimensions, et une vérification de ce calcul par l'indice ϕ_G^f / ϕ_{Ni}^f sont toujours possibles. On en déduit alors les flux de dommage pour l'acier par introduction de ce spectre dans le code P.I. (1).

(1) "Programme P.I. - Catalogue de spectres et calcul de paramètres d'irradiation"