

DIX ANS D'EXPERIENCE DANS LA FABRICATION
DES ELEMENTS COMBUSTIBLES AU PLUTONIUM

H.BAILLY, M.GANIVET, H.GUILLET, G. MAGAUD, J.R. PAJOT, J.L. VIALARD

Commissariat à l'Energie Atomique
Cadarache

1. INTRODUCTION

Le fonctionnement des réacteurs à Neutrons Rapides de la Filière Française, Rapsodie, Phénix et ultérieurement Super-Phénix, nécessite la mise en oeuvre de quantités importantes de plutonium pour la fabrication des éléments combustibles.

Les éléments combustibles de ces réacteurs se présentent sous forme d'assemblages composés essentiellement d'un faisceau de tubes en acier, remplis d'un empilement de pastilles frittées en oxyde mixte d'uranium et de plutonium. Leur fabrication est réalisée dans les installations du CEA, à Cadarache, à l'intérieur du Complexe de Fabrication des Eléments Combustibles au Plutonium, qui comprend un atelier de fabrication et un laboratoire d'analyses et de retraitement de déchets.

Depuis plus de 10 ans, cette installation a traité la presque totalité du plutonium civil français, soit environ 4 t de plutonium. Son fonctionnement est assuré par environ 140 agents du CEA.

La mise en oeuvre progressive de quantités de plus en plus importantes de plutonium a pu être réalisée grâce à l'évolution des équipements et des procédés, tout en poursuivant une amélioration constante de la sécurité et de la protection des opérateurs.

Les risques d'origine nucléaire auxquels sont soumis les opérateurs pendant la transformation du plutonium en éléments combustibles sont essentiellement : le risque de contamination, le risque d'irradiation et le risque d'accident de criticité.

2. RESULTATS D'EXPLOITATION DU COMPLEXE DE FABRICATION

Les résultats d'exploitation sont donnés ci-après, pour la contamination et pour l'irradiation.

2.1 Incidents de contamination

Le confinement du plutonium est réalisé classiquement par l'utilisation des boîtes à gants que l'on appellera "BAG" dans la suite du texte. La BAG est une enceinte étanche, maintenue en dépression par rapport à l'atmosphère, munie de gants par l'intermédiaire desquels s'effectue le travail. Un incident de contamination correspond à une rupture locale de l'étanchéité avec dispersion d'aérosols d'oxyde de plutonium dans le local de travail. Un tel incident survient le plus fréquemment au niveau du gant, barrière la plus fragile, très sollicitée au cours du travail.

La contamination qui résulte de cet incident atteint l'opérateur au niveau de ses vêtements de protection ou au niveau cutané et peut atteindre essentiellement les poumons par la voie respiratoire. La fréquence et la gravité de ce type d'incident sont des éléments d'appréciation importants pour le fonctionnement d'un atelier de fabrication. Le tableau 1 indique l'évolution de la fréquence de ces incidents pour l'ensemble du Complexe de Fabrication pour la période 1966-1975.

TABLEAU N° 1
EVOLUTION DE LA FREQUENCE DES INCIDENTS DE CONTAMINATION

	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
Fréquence rapportée à un individu	1,25	0,42	1,24	1,00	1,01	1,64	1,92	1,18	0,97	0,53
Même fréquence rapportée à 100 kg de Pu traités	2,08	0,89	0,52	0,50	1,48	0,53	0,49	0,30	0,14	0,08

2.2 Incidents de contamination ayant entraîné une contamination interne

Les incidents de contamination ayant entraîné une contamination interne significative ont été assez rares jusque vers 1971. Dans les cinq dernières années ils se situent au niveau de 2 % environ du total des incidents de contamination.

La dose d'irradiation annuelle correspondante est en moyenne pour les 4 dernières années de l'ordre de 10 % de la limite annuelle internationale autorisée, avec un point maximal situé à 27 % de cette limite, comme indiqué dans le tableau n° 2.

TABLEAU N° 2

EVOLUTION DE LA DOSE D'IRRADIATION INTERNE INDUITE AU NIVEAU DU
POUMON, RAPPORTEE A LA LIMITE ANNUELLE INTERNATIONALE AUTORISEE
(15 000 mrem)

Années	72	73	74	75
Pourcentage d'individus concernés	3	5	10	10
Dose moyenne par individu concerné (%)	10	5	7	6
Dose autorisée				
Dose maximale reçue (%)	20	13	26	27
Dose autorisée				

On peut constater que depuis 1971, année à partir de laquelle ont été réalisées des productions à caractère industriel, portant sur des quantités annuelles de Pu supérieures à 300 kg, la fréquence rapportée à 100 kg traités a été divisée par un facteur 5. Pendant cette même période le nombre d'incidents n'a pas augmenté de manière significative alors que la production était multipliée par 4 et les incidents ayant entraîné une contamination interne restent dans des limites très faibles.

2.3 Irradiation

Le risque d'irradiation est dû essentiellement aux rayonnements X et γ des isotopes du plutonium, de l'américium et aux produits de fission à l'état de traces et, en présence de masses de Pu importantes, aux neutrons de fission spontanée ou résultant de réactions (α, n). La surveillance permanente de l'irradiation subie par le personnel est assurée par le port constant à la poitrine, aux poignets et aux doigts, pendant la durée du travail en zone contrôlée, de films dosimètres ou de détecteurs adaptés au type de rayonnement prépondérant.

Ces films donnent la dose reçue mensuellement par l'opérateur. Le tableau n° 3 indique l'évolution de la dose reçue, en valeur absolue et rapportée à 100 kg de plutonium traités pour les cinq dernières années, les valeurs antérieures étant trop faibles pour être représentatives.

TABLEAU N° 3

EVOLUTION DE L'IRRADIATION EXTERNE RAPPORTEE A LA LIMITE ANNUELLE
AUTORISEE POUR L'ENSEMBLE DU CORPS (5000 mrem) ET POUR 100 KG
DE Pu TRAITES

Années	71	72	73	74	75
Dose moyenne par agent (%)	13	14	9	10	8
Dose autorisée					
Dose en (h x rem) pour 100 kg de Pu traités	30	27	17	10	8

La dose moyenne par agent a diminué en valeur absolue d'environ 50 % et, rapportée à 100 kg de Pu traités, elle est divisée par 4. Les valeurs maximales constatées n'ont jamais dépassé 80 % de la dose limite annuelle autorisée.

3. ACTIONS D'AMELIORATION DES CONDITIONS DE TRAVAIL

Les résultats indiqués ci-avant ont pu être atteints grâce aux améliorations apportées aux conditions de travail et à une formation continue du personnel. Les points essentiels sur lesquels s'est développée l'action d'amélioration peuvent être indiqués ci-après.

3.1 Diminution de la fréquence des incidents

- Aménagement rationnel des lignes de fabrication, avec généralisation de transferts sans rupture de charge entre les différentes BAG ou lignes de fabrication.
- Limitation du nombre de points d'entrée des produits de départ et de sortie des déchets.
- Utilisation de gants de BAG bien adaptés à chaque poste de travail, ayant une bonne tenue au vieillissement sous irradiation, accompagnée d'un programme de changement de gants.
- Mécanisation des opérations en BAG, lorsque cela est possible.
- Maintien d'une propreté intérieure rigoureuse et éventuellement confinement secondaire des produits à l'intérieur de la BAG.

3.2 Amélioration de la surveillance de la contamination atmosphérique

L'exposition de l'opérateur à une contamination atmosphérique est d'autant plus limitée qu'il peut réagir rapidement et correctement.

Aussi, afin de se prémunir contre un défaut d'étanchéité non immédiatement détectable par l'opérateur, un équipement de surveillance et d'alarme a-t-il été mis en service dans les locaux soumis à un tel risque. La multiplication des points de prélèvements, le choix judicieux des emplacements auprès des postes de travail, permettent d'obtenir une surveillance suffisante des zones de travail.

Cependant, la mise en oeuvre de plutonium issus des réacteurs LWR, qui autorisent un fort taux de combustion, entraînant une augmentation importante de l'activité des isotopes du plutonium, Pu 238, Pu 240, Pu 241, nous incite à poursuivre l'effort d'amélioration en ce domaine et à rechercher, outre une surveillance constante de l'ambiance, une certaine diminution du temps de séjour de l'opérateur dans le local de travail, par des moyens divers tels par exemple, la conduite à distance des appareils.

3.3 Diminution des doses d'irradiation

La limitation des doses reçues est obtenue par la mise en place sur les panneaux des BAG de protections biologiques, écrans en feuilles de plomb ou panneaux de polyéthylène. Ces aménagements limitent le niveau de l'irradiation locale et ambiante.

Par ailleurs, toutes les améliorations mentionnées plus haut ont évidemment une influence sur la dose reçue par l'opérateur : prêtés des BAG, changements de gants fréquents, mécanisation ou automatisations, regroupement des masses de matières fissiles dans des stockages en ligne protégés.

4. CRITICITE

Au delà des risques indiqués ci-avant, se situe le risque d'accident de criticité qui conduirait à des irradiations très importantes des opérateurs placés à proximité.

La sûreté vis-à-vis de ce type d'accident repose sur des études préalables, conduites au niveau de la conception et du dessin des équipements en prenant en compte toutes les conditions accidentelles envisageables. Après autorisation de mise en service, délivrée par les Commissions compétentes, la sécurité de l'exploitation repose essentiellement sur la qualité du personnel, sa connaissance détaillée et approfondie des règles et consignes de criticité et sur son sens des responsabilités. En effet, bien qu'un système informatique centralisé tienne à jour l'état permanent des stocks de matières fissiles par poste de travail, et puisse aider l'opérateur dans le choix de ses décisions, chaque transfert de matières fissiles est placé sous la responsabilité directe de l'opérateur qui l'exécute. Un tel système, pratiqué et amélioré depuis plus de 10 ans, couvre en années normales, environ 20 000 transferts de matières fissiles sans que l'on ait constaté d'erreur notable.

L'ensemble des résultats acquis depuis plus de 10 ans au cours du fonctionnement de cet atelier industriel, nous a aidé dans la conception d'un atelier de capacité plus importante destiné à la fabrication des assemblages combustibles de Super-Phénix, en adoptant comme un des principaux objectifs une nouvelle diminution des risques encourus par le personnel. Tout permet de penser que ce but sera atteint.