

Contrôle du risque d'exposition aux radioéléments émetteurs alpha lors de l'arrêt de tranche 3 de la centrale nucléaire de Cattenom.

B. Le Guen¹, A. Roupioz², B. Rabu³, A. Bouvy⁴, J.F. Labouglie⁴, Y. Garcier²

- 1- Electricité de France (EDF), Laboratoire d'analyses médicales et de radiotoxicologie, SCAST, Bat Becquerel, 6, Rue Ampère, 93203, Saint Denis
- 2- Electricité de France (EDF), EDF Industrie, DPN, 1 Place Pleyel, 93282 Saint Denis Cedex
- 3- Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), Laboratoire de Transfert de Contamination, SCCC/DEC/ DEN/, Centre de Cadarache, 13108 Saint Paul Lez Durance, cedex
- 4- Electricité de France (EDF), CNPE de Cattenom, BP41, 57570 Cattenom, France

I - INTRODUCTION

I.1 - Problématique

La contamination par des radionucléides émetteurs alpha sur les tranches nucléaires du Parc EDF en exploitation résulte de la présence de matière fissile dans le circuit primaire. Cette matière fissile soumise au flux neutronique entraîne la formation d'actinides dont les plus couramment rencontrés sont les Plutoniums (Pu), les Américiums (Am), les Curiums (Cm), les Uraniums (U).

Il y a deux types de contamination du circuit primaire :

- celle du fluide lui-même, dont le suivi radiochimique repose sur la recherche d'iode 134 (indicateur de présence de matière fissile) et des radioéléments α présents dans le circuit primaire.
- celle des parois du circuit primaire hors flux, qui s'accumule au fur et à mesure de la vie de la centrale, et qui dépend donc tout autant de l'histoire de la tranche et des défauts survenus lors des cycles précédents que de l'état du gainage combustible dans le cycle en cours.

La tranche 3 de Cattenom a été déclarée en RGS (Rupture de Gaines Sérieuse) avant son arrêt décennal qui a débuté le 24 janvier 2001. Dès novembre 2000, un groupe de travail pluridisciplinaire (ingénieur en radioprotection et médecins) sur le site a mis en place une organisation pour atteindre les deux objectifs suivants : pas de contamination interne alpha du personnel, et pas de dissémination de radioéléments émetteurs alpha sur les autres tranches de la centrale ou les autres sites.

I.2 - La prévention du risque α pour les travailleurs

Les intervenants peuvent être soumis à un risque de contamination interne, par des actinides, au cours des travaux sur les composants de l'installation. Ce risque de contamination apparaît essentiellement lors des opérations de maintenance, lorsque, les couches d'oxydes des circuits en contact avec le fluide primaire, subissent des attaques mécaniques (par meulage, découpe, etc...) ou lorsque le balayage par l'air ambiant, remet en suspension les particules non fixées de la contamination surfacique. Les poussières sous forme d'aérosols peuvent se déposer sur d'autres parties de l'installation si le chantier n'est pas confiné, élargissant ainsi la zone de risque de contamination.

Toutes les installations ne présentent pas le même niveau de risque α . Celui-ci est en effet directement lié à l'historique de fonctionnement de l'installation et à la nature des travaux à réaliser. On estime que, pour les réacteurs à eau sous pression (REP), le niveau moyen de contamination surfacique en radioéléments émetteurs alpha des circuits pour une tranche dite « propre » est de l'ordre de 0,5 à 1 Bq/cm².

EDF a décidé de se doter d'un dispositif de surveillance systématique des installations à trois niveaux d'investigation:

- surveillance en fonctionnement de l'eau primaire et des piscines, en tant que premier indicateur d'alerte et d'anticipation des dispositions particulières à prendre,
- surveillance en début d'arrêt de tranche de certaines surfaces de l'installations particulièrement exposées, telles que boîtes à eau de Générateur de Vapeur (GV) ou le couvercle de cuve.

- si le deuxième niveau est positif, surveillance de l'éventuelle contamination α des chantiers susceptibles de l'être.

II- CLASSEMENT D'UN CHANTIER A RISQUE "ALPHA"

Afin de confirmer la classification des chantiers à risque " α ", une cartographie de la contamination surfacique a été réalisée sur les parties actives des circuits à leur ouverture ou sur les matériels en début de chantier. Ces mesures serviront :

- à réaliser la cartographie « alpha » de la tranche,
- à confirmer ou infirmer le classement du chantier à risque « alpha »
- à établir le rapport Bêta/Alpha,
- à mesurer l'évolution de la contamination d'un arrêt de tranche à l'autre .

Tableau 1 : mesures et rapports Bêta/Alpha lors de l'arrêt de tranche 3 de Cattenom(2001) Les valeurs indiquées sont des moyennes réalisées à partir de plusieurs mesures

| Point de mesure | Date | Contamination Bêta Bq/cm ² | Contamination Alpha Bq/cm ² | Rapport Bêta/Alpha |
|------------------------------------|------|--|---|-----------------------|
| Couvercle cuve | 23/2 | 9000 | 50 | 180 |
| GV Boite à Eau (BE) coté sortie | 5/4 | 3500 | 50 | 70 |
| GV B.E. coté entrée | 5/4 | 5200 | 80 | 65 |
| Pressuriseur | 23/3 | 6500 | 50 | 130 |
| Piscine Bat Réacteur | 28/2 | 2500 | 50 | 50 |
| Robinetterie (valeur moyenne) | | 3000 | 25 | 120 |

Le rapport β/α le plus contraignant a été identifié sur les parois de la piscine du réacteur (50) et sur les surfaces d'échange thermique (Boite à Eau Générateur de Vapeur (GV) (65 et 70). Ces valeurs ne sont applicables que pour la tranche 3 de Cattenom et que pour le cycle en cours car le rapport β/α varie d'une tranche à une autre en fonction de son histoire et de l'ancienneté de la rupture de gaine .

III- Justification de l'utilisation du facteur de mise en suspension de 10^{-6} m^{-1} grâce à une expérimentation sur la tranche 3 :

La maîtrise du risque alpha sur les chantiers repose sur l'identification et la quantification de la contamination dont découlent les dispositions de protection appropriées. Peu d'études existent sur ce sujet, aussi EDF a entrepris de valider le choix d'un facteur de mise en suspension par une expérimentation sur la tranche 3 du site de Cattenom. Une expérimentation a permis la définition d'un facteur réaliste validé par un Comité Scientifique (Publication soumise). La mise en suspension est due au balayage des particules de contamination non fixée par l'air ambiant.

Les expérimentations ont pu être menées en 3 points :

- **Ouverture du trou d'homme du pressuriseur.**
- **Boîtes à eau des Générateurs de Vapeur (GV)**
- **Paroi de la piscine du Bâtiment Réacteur (BR) après vidange (paroi sèche).**

Ces résultats ont permis de fixer **la valeur la plus probable du facteur de mise en suspension des particules radioactives à 10^{-6} m^{-1} .**

Granulométrie

Un impacteur utilisé sur un chantier (GV en phase sèche) a permis de connaître la taille des aérosols du prélèvement atmosphérique: les particules majoritaires sont de taille inférieure à 1 micron tandis que les particules minoritaires sont de taille supérieure à 10 μm , soit un DAMA moyen de 1 μm . La répartition granulométrique des radioéléments

émetteurs alpha est assez homogène avec celle des émetteurs gamma, ce qui est cohérent avec l'hypothèse que ces radioéléments sont présents sur les mêmes aérosols.

IV- Présence alpha sur les installations REP en exploitation

Un chantier est confirmé à risque « α » lorsque l'activité surfacique α non fixée est susceptible d'entraîner une contamination atmosphérique égale à 1 LDCA. Dans ces conditions, les mesures de prévention du risque d'exposition interne sont à mettre en œuvre sur le chantier.

Le seuil d'activité surfacique non fixée est calculé à partir de la LDCA alpha la plus pénalisante (Am-241) en prenant 10^{-6} m^{-1} comme facteur de mise en suspension est de 8 Bq/cm² sur la base de la Publication 30 de la CIPR. La Directive Européenne 96/29 est moins pénalisante pour l'americium-241 (31 Bq/cm²) et peut amener une réflexion sur la modification de ce référentiel.

Contamination volumique

La surveillance de la contamination atmosphérique se fait en temps réel et en continu par une balise de surveillance aérosols alpha et bêta installée à l'extérieur des chantiers confinés pour s'assurer du confinement effectif de la contamination volumique à l'intérieur du chantier garantissant ainsi la non contamination des intervenants présents sans protection respiratoire dans le reste du Bâtiment Réacteur.

Lorsque la contamination radioactive atteint des enceintes de grand volume, type bâtiment réacteur, des balises de surveillance aérosols alpha et bêta sont complétées par des Appareils de Prélèvement permanent d'Aérosols (APA) avec mesure différée pour apprécier les évolutions lentes et permettre la détection des faibles activités.

V- Protections prévues pour les chantiers

V.1 - Protection collective

En fonction de la nature des travaux, la zone à risque peut se limiter à :

- une délimitation surfacique avec saut de zone.
- un confinement dynamique de la zone de travail
- un confinement stato-dynamique de la zone de travail

L'objectif est de garantir la non dispersion de la contamination des radioéléments émetteurs alpha hors des zones de travail, particulièrement lors des interventions.

Tout chantier « alpha », quel que soit son niveau d'activité, fait l'objet de :

- contrôles en sortie de chantier (mains-pieds) sur détecteur bêta/alpha, en plus des contrôles habituels en service permanent sur les installations
- contrôle sortie de zone contrôlée sur portique gamma en tenue de travail
- contrôles corps entier, en sous-vêtement, en sortie de zone contrôlée sur portique bêta ,

Une attention toute particulière est portée au cours du déshabillage afin d'éviter toute contamination

V-2 Protection individuelle

1. La protection du personnel intervenant est obligatoirement assurée par une protection respiratoire lorsque la contamination surfacique alpha est susceptible d'entraîner une contamination atmosphérique de 1 LDCA.

2. Au-delà de 100 LDCA, et pour les pénétrations en capacité, cette protection est obligatoirement assurée par une tenue étanche ventilée.

3. Cas particuliers pour les chantiers en milieu humide, la sur-tenue est étanche à l'eau. Pour des chantiers de courte durée une tenue vinyle peut être utilisée. Au-delà, elle est remplacée par une tenue étanche ventilée. Le médecin du travail fixe la durée limite d'intervention en tenue vinyle en fonction des conditions de température et de pénibilité du travail.

VI - Surveillance des travailleurs exposés à un risque d'inhalation d'actinide

La surveillance radiotoxicologique des travailleurs exposés au risque actinides de type oxyde a deux objectifs:

- Au titre collectif, garantir que dans les situations habituelles de travail sur l'ensemble de l'installation les expositions restent conformes aux limites réglementaires. Pour ce faire, des analyses radiotoxicologiques sont réalisées sur un échantillonnage représentatif du groupe de travailleurs exposés, permettant de s'affranchir de toute surveillance individuelle pour le personnel non directement exposé. Cette surveillance complète les mesures d'ambiance qu'elle valide.

- Au titre individuel, avoir la possibilité d'estimations dosimétriques précises dans toutes les situations de travail où le risque d'exposition peut conduire à des doses supérieures à 1 mSv sur l'année.

Si l'on compare, en cas d'inhalation d'oxyde, les valeurs d'excrétion urinaires et fécales, étant donné la limite de détection de la spectrométrie, il est évident que la surveillance par les fèces est incontournable. Pour être représentatif de l'excrétion fécale sur 24 heures, compte tenu des fluctuations quotidiennes du transit, le prélèvement doit être effectué sur 3 jours consécutifs et le résultat sera moyenné sur ces trois jours. Du fait du grand nombre d'intervenants et pour suivre en continu le chantier, il a fallu mettre en place un principe de sélection des intervenants qui ont fait l'objet d'investigations (examens radiotoxicologiques fécales).

VI-1 Mouchages en sortie de zone

Un suivi opérationnel par mouchage peut être mis en place en parallèle de la surveillance atmosphérique. L'analyse de risque du chantier doit permettre de cibler les intervenants en fonction de leur poste de travail.

Sur le site de Cattenom, lors de l'arrêt de tranche 2001, 665 prélèvements par mouchage ont été analysés en laboratoire correspondant à 470 intervenants différents. Une mesure β et α total a été effectuée. 9 mouchages étaient positifs en alpha entre 0.22 Bq et 0.03 Bq (seuil de détection). Tous les intervenants qui avaient des mouchages positifs en comptage alpha étaient positifs en comptage β .

VI-2 Examens radiotoxicologiques des selles

La recherche d'une contamination interne par des actinides ne peut être confirmée que par une recherche de radioéléments émetteurs alpha dans les selles.

Les critères retenus pour prescrire des examens radiotoxicologiques des selles lors de l'arrêt de tranche ont été les suivants :

- Suite à suspicion d'incident (déclenchement de balise aérosols « alpha », déclenchement des portiques de détection β/γ de sortie de zone contrôlée car la contamination alpha peut être associé)
- Suite à détection d'une contamination interne par des radioéléments émetteurs gamma.
- Suite à des mouchoirs positifs en comptage alpha.

Pour ne pas risquer de majorer l'estimation de la dose à partir d'un résultat unique, les prélèvements ont été réalisés après une période d'exclusion du poste de travail de 4 à 10 jours, ce qui a permis de s'affranchir de la période de décroissance rapide des courbes d'excrétion. Quarante prélèvements ont été analysés par spectrométrie gamma et alpha correspondant à 16 travailleurs. Quatre analyses de selles se sont révélées positives en gamma mais uniquement des produits d'activations ont été retrouvées. Aucune selle n'a mis en évidence une contamination alpha.

VII- Conclusion

Cette étude en centrale nucléaire avait pour objet de montrer comment prendre en compte le risque alpha au même titre que les autres types de rayonnement. L'information grâce à une plaquette distribuée et la formation du personnel intervenant ont été fondamentales pour la réussite de l'arrêt de tranche 3. Cette organisation a pu être reprise en 2002 lors d'un arrêt de tranche sur Penly.