

Fontenay-aux-Roses, le 5 avril 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis/IRSN N°** 2016-00102

**Objet :** INB 24 - CABRI - Fragilisation par oxydation de la gaine des crayons (engagement 2.2.E2) - Programme de surveillance des crayons combustibles du cœur nourricier

**Réf.** Lettre ASN CODEP-DRD-2010-010428 du 22 février 2010 : « INB 24 - CABRI - Fragilisation par oxydation de la gaine des crayons (engagement 2.2.E2) - Programme de surveillance des crayons combustibles du cœur nourricier ».

En réponse à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a évalué les sujets suivants concernant le réacteur expérimental CABRI exploité par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) :

- ✓ la conclusion du CEA qui exclut la nécessité de fixer un critère pour se prémunir de la fragilisation de la gaine des crayons combustibles par oxydation à haute température ;
- ✓ l'acceptabilité du programme de surveillance des crayons combustibles du cœur nourricier CABRI.

### Rappel du contexte

Suite à l'événement significatif du 12 janvier 2004 relatif à la dégradation du combustible du cœur nourricier du réacteur de recherche CABRI, le CEA a transmis des éléments visant à expliquer les phénomènes ayant conduit, d'une part à la fusion locale du combustible et d'autre part, à des déformations du gainage de certains crayons et à la formations de plis. Après l'expertise de ces éléments, l'ASN a formulé, en 2006, la demande suivante : « *indépendamment des études en cours, il apparaît par ailleurs nécessaire que, sur la base d'un - point zéro - à réaliser, un programme périodique de surveillance de l'état du cœur soit mis en place. Vous proposerez des crayons témoins adéquats ainsi qu'une fréquence et un type de contrôles adaptés à son programme d'essais* ». Le programme de surveillance des crayons du cœur nourricier CABRI a pour objectif de prévenir l'occurrence ou le développement de comportements imprévus des crayons tels que des déformations de gaine. En 2009, le CEA a transmis un programme de surveillance.

De plus, suite aux transitoires réalisés par le passé (avant 2004), les crayons extraits du cœur CABRI pour expertise ont présenté des traces d'oxydation sur certaines gaines. Dans le cadre de l'instruction pour le redémarrage de l'installation modifiée CABRI en 2008, le risque de fragilisation de la gaine en acier inoxydable 304(L) des crayons qui résulterait de l'oxydation à haute température lors de

**Adresse courrier**  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

**Siège social**  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre B 440 546 018

l'assèchement local de la gaine (passage en flux critique lors de transitoires de puissance) a été abordé. Sur ce point, la démarche mise en œuvre par le CEA pour vérifier l'aptitude du cœur nourricier à subir les futurs transitoires de puissance inclut un assèchement momentané de la gaine des crayons combustibles. A cet égard, le CEA s'est engagé à se prononcer sur l'intérêt d'un critère visant à se prémunir de la fragilisation de la gaine par oxydation et a effectué une analyse qualitative basée sur des observations expérimentales montrant que le risque de fragilisation par oxydation est résiduel.

Ces deux engagements s'inscrivent dans le cadre du futur programme expérimental CIP (CABRI international program) réalisé dans la boucle à eau du réacteur CABRI qui prévoit dix essais de type injection de réactivité.

#### **Dossier de l'exploitant**

Le programme de surveillance des crayons combustibles du cœur nourricier CABRI est basé sur la réalisation de profilométries de mesures diamétrales de crayons avant le rechargement du cœur CABRI puis sur un des crayons à la fin du programme expérimental CIP. Ce programme prévoit qu'en cas d'évolution notable de la hauteur de plis des crayons, supérieure à 100 µm, une extension de l'inspection à un autre crayon soit engagée.

Pour le réacteur CABRI, la démonstration de sûreté est basée sur l'absence de fusion et le maintien de l'étanchéité des gaines des crayons combustibles du cœur nourricier lors des transitoires de puissance. Le risque de fragilisation de la gaine en acier inoxydable 304(L) par oxydation à haute température résultant du passage en flux critique lors de ces essais doit également être analysé. Or, les essais du programme expérimental CIP conduiront à une durée d'assèchement de la gaine inférieure à 4 s et à une température de gaine inférieure à 1300°C. La démarche proposée par le CEA pour évaluer ce risque de fragilisation repose sur une analyse qualitative basée sur des observations expérimentales. La base expérimentale est constituée de trois types d'essais réalisés au laboratoire de Saclay sur des matériaux représentatifs de la gaine des crayons du cœur CABRI en acier inoxydable 304(L). Grâce à l'interprétation de ces essais, l'exploitant exclut la nécessité de fixer un critère pour se prémunir de la fragilisation des gaines par oxydation à haute température.

#### **Analyse de l'IRSN**

L'instruction technique de l'IRSN a essentiellement porté sur la complétude et l'acceptabilité des éléments transmis par le CEA au regard des enjeux de sûreté liés au futur programme expérimental CIP.

Le programme de surveillance des crayons du cœur CABRI prévoit qu'en cas d'évolution notable de la hauteur de plissement, supérieure à 100 µm pour le CEA, une extension de l'inspection à un autre crayon soit engagée. En effet, une évolution mineure du plissement est naturellement attendue puisque que les crayons de substitution n'étaient pas, par définition, à l'emplacement du point chaud. Compte tenu de l'intervalle de prédiction du plissement attendu (60-100 µm) et suite à une question de l'IRSN au cours de l'instruction technique, le CEA s'est engagé à réviser son programme de surveillance par la réalisation de l'examen d'un deuxième crayon dans le cas où la hauteur de plissement mesurée sur le premier crayon serait supérieure à 60 µm. En conclusion, l'IRSN estime

acceptable le programme de surveillance des crayons du cœur CABRI sous réserve du respect de l'engagement du CEA.

Pour ce qui concerne la conclusion de l'exploitant qui exclut la nécessité de fixer un critère pour se prémunir de la fragilisation de la gaine par oxydation, l'IRSN estime que les éléments du CEA permettent effectivement de considérer résiduel le risque de fragilisation par oxydation à haute température de la gaine en acier inoxydable 304(L) des crayons combustibles du cœur CABRI. Cette conclusion est valide aux gammes de température et de durée d'assèchement prévues dans le cadre du futur programme d'essais CIP. En effet, dans le cadre de ce dossier, le CEA a choisi de retenir, pour évaluer ce risque, une approche qualitative basée sur les caractéristiques des essais du programme CIP plutôt qu'une approche quantitative en déterminant un seuil de non-rupture de gaine par oxydation à haute température. En conséquence, le risque de fragilisation par oxydation à haute température de la gaine en acier inoxydable 304(L) des crayons de combustible du cœur CABRI devra être réexaminé en préalable à tout autre programme d'essais qui serait décidé à l'issue du programme CIP.

### **Conclusion**

En conclusion, l'IRSN estime acceptables le programme de surveillance révisé des crayons combustibles du cœur nourricier CABRI et la conclusion du CEA relative à l'absence de nécessité de fixer un critère pour se prémunir de la fragilisation de la gaine par oxydation à haute température et ce, dans le cadre des dix essais CIP prévus dans la boucle à eau du réacteur CABRI.

Pour le Directeur général de l'IRSN, par ordre

Franck BIGOT

Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté