

Fontenay-aux-Roses, le 14 avril 2014

Monsieur le président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis/IRSN N°** 2014-00149

**Objet :** Réacteurs électronucléaires - EDF - Palier 1300 MWe - Déclaration d'une modification - Généralisation des assemblages à gainage M5

**Votre Réf.** Lettre ASN CODEP-DCN-2014-002681 du 15 janvier 2014

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur l'acceptabilité au plan de la sûreté de la généralisation de recharges d'assemblages AFA3GLAA-I à structure et gainage M5 sur les réacteurs du palier 1300 MWe en gestion de combustible Gemmes.

En 2005, l'ASN avait considéré que le retour d'expérience lié à l'irradiation de l'alliage M5 ainsi que les éléments justificatifs transmis, notamment vis-à-vis de l'impact de l'alliage M5 sur l'aval du cycle du combustible, n'étaient pas suffisants pour se prononcer sur sa généralisation. Aussi, dans l'attente de la transmission d'éléments complémentaires de la part d'EDF, l'ASN avait demandé à EDF en 2007 de limiter, pour le palier 1300 MWe, l'introduction de nouvelles recharges en alliage M5 aux réacteurs de Nogent 2, Cattenom 3 et Golfech 2.

EDF estime que le retour d'expérience obtenu sur ces réacteurs, ainsi que sur les paliers 900 et 1450 MWe permet désormais de confirmer le bon comportement des assemblages à structure et gainage M5, notamment vis-à-vis de la fiabilité des crayons à gainage M5 à l'égard des risques de perte d'étanchéité en réacteur, et donc d'envisager à nouveau leur généralisation sur les tranches du palier 1300 MWe exploitées en gestion de combustible Gemmes.

L'analyse de l'IRSN a porté sur les éléments identifiés comme préalables à la généralisation de l'alliage M5 par l'ASN en 2007, à savoir :

- le bilan du retour d'expérience national et international d'exploitation des assemblages contenant des crayons à gainage M5 ;
- l'analyse des mesures de grandissement des crayons et des assemblages en regard des lois de comportement utilisées pour la conception ;
- l'analyse des mesures d'activité de l'eau du circuit primaire en  $^{94}\text{Nb}$  permettant la validation expérimentale du ratio  $^{94}\text{Nb}/^{60}\text{Co}$  utilisé pour déterminer de façon indirecte l'activité en  $^{94}\text{Nb}$  des colis de déchets par mesure du  $^{60}\text{Co}$  .

Les évolutions de conception des assemblages AFA3GLAA-I par rapport aux assemblages AFA3GLr-AA consistent en un renforcement des tubes guides et du tube d'instrumentation, sous la forme d'un épaissement de ces tubes sans changement de leur diamètre extérieur. Cette conception a pour but de limiter les déformations latérales des assemblages au cours de l'irradiation. Ce choix 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

conception d'assemblages n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN. L'IRSN note qu'un programme de mesure des déformations des assemblages est prévu par EDF pour évaluer le gain apporté par cette évolution de conception sur les déformations d'assemblages en cœur. Ce programme n'ayant pas été transmis par l'exploitant, l'IRSN émet la recommandation n° 1.

Pour ce qui concerne la fiabilité du combustible à gainage M5, l'IRSN note que l'origine des défauts récurrents et spécifiques au gainage M5 (défaut de soudage des queusots, défaut de soudure circulaire des bouchons et petits percements précoces) a été identifiée et que des actions correctives ont été mises en œuvre par le fabricant à l'usine de Romans. Sur la base du retour d'expérience acquis depuis 2005, l'IRSN estime que ces actions correctives ont permis d'améliorer significativement le taux de fiabilité des crayons combustibles à gainage M5. Aussi, l'IRSN estime que le retour d'expérience actuellement disponible issu de l'irradiation de crayons fabriqués à Romans permet d'envisager la généralisation des crayons à gainage M5 sur le palier 1300 MWe. Toutefois, pour le cas où EDF envisagerait de diversifier ses approvisionnements en combustible à gainage M5, l'IRSN souligne qu'une telle diversification devrait être réalisée avec la plus grande prudence compte tenu des différents problèmes de fabrication rencontrés par le passé.

Pour ce qui concerne le programme de surveillance des assemblages M5, l'IRSN constate que le retour d'expérience du comportement en irradiation des assemblages et des crayons en alliage M5 est satisfaisant. L'IRSN remarque cependant que pour certaines grilles M5 un grandissement supérieur à la courbe enveloppe de conception a été observé en milieu de vie. Selon l'IRSN, ce grandissement de grilles supérieur à l'attendu pourrait conduire à augmenter le risque d'accrochage des grilles lors des opérations de manutention, bien qu'il soit possible d'accommoder un dépassement faible de la courbe enveloppe en milieu de vie du fait des marges prises à la conception de l'assemblage. Ce constat a amené l'IRSN à formuler la recommandation n° 2.

L'IRSN souligne que, conformément aux dispositions prévues dans le rapport de sûreté, l'ensemble des documents applicables à la conception AFA3GLAA-I doit être référencé dans l'addendum combustible au Dossier général d'évaluation de la sûreté des recharges (DGES) qui constitue un document de référence. Les études de conception thermomécanique des crayons combustibles à gainage M5 exploités en gestion Gemmes ont été réalisées en 2001 à l'aide d'un logiciel thermomécanique qui a depuis été remplacé. De plus, ces études se basaient sur un retour d'expérience d'irradiation de l'alliage M5 limité. L'IRSN constate que l'addendum combustible au DGES ne mentionne pas de rapport de conception thermomécanique du crayon combustible à gainage M5 exploité en gestion Gemmes, d'où la recommandation n° 3.

Pour ce qui concerne le bilan d'activité en  $^{94}\text{Nb}$  du circuit primaire, l'IRSN note qu'EDF a bien réalisé des mesures d'activité sur des prélèvements d'eau provenant du circuit primaire de réacteurs équipés de crayons à gainage M5. Ces mesures permettent de valider expérimentalement le ratio  $^{94}\text{Nb}/^{60}\text{Co}$  utilisé pour déterminer de façon indirecte l'activité en  $^{94}\text{Nb}$  par mesure du  $^{60}\text{Co}$  des colis de déchets destinés à être stockés au centre de stockage de l'Aube (CSA). L'IRSN note la volonté d'EDF de poursuivre ses analyses sur des tranches approvisionnées en alliage M5, d'où l'observation n° 1.

A ce propos, il n'est pas observé d'augmentation du ratio  $^{94}\text{Nb}/^{60}\text{Co}$  lié à l'introduction de gaines en alliage M5, aussi la généralisation de l'introduction d'assemblages à structure et gainage M5 n'est pas

de nature à remettre en cause l'activité en  $^{94}\text{Nb}$  des colis de déchets qui seront évacués des réacteurs concernés.

Par ailleurs, l'IRSN a analysé l'impact de l'expérimentation d'injection de zinc dans le circuit primaire sur les assemblages à structure et gainage M5. Cette expérimentation consiste à injecter de l'acétate de zinc de manière continue dans le circuit primaire afin d'obtenir des gains en radioprotection en limitant la contamination des zones hors flux neutronique et de préserver les installations en retardant l'amorçage de la corrosion sous contrainte des alliages à base de nickel. A ce sujet, l'IRSN constate qu'un suivi des épaisseurs de corrosion atteintes par les crayons à gainage M5 les plus irradiés a été mis en place par EDF. D'après les premiers résultats transmis par l'exploitant, l'injection de zinc n'a pas d'effet significatif sur la corrosion du gainage M5.

L'IRSN a également examiné les résultats des nouveaux essais d'érouissage-relaxation réalisés par EDF suite à une demande de l'ASN sur des échantillons provenant de deux coulées différentes d'alliage M5. Les résultats obtenus montrent que les propriétés en érouissage-relaxation ne dépendent pas de la coulée retenue, dans la limite des spécifications chimiques de l'alliage M5. Aussi, l'IRSN estime que ces éléments confirment l'applicabilité des modèles de fluage forte contrainte développés sur la base d'essai réalisés sur des coulées M5 ALIX et PENTIX à la modélisation du comportement du gainage M5 en régime transitoire.

En conclusion, l'IRSN estime acceptable, du point de vue de la sûreté, la modification relative à la généralisation des assemblages AFA3GLAA-I à structure et gainage M5 sur les tranches de 1300 MWe exploitées en gestion de combustible Gemmes, telle que déclarée par l'exploitant, sous réserve de la prise en compte des recommandations n° 1 à 3.

Pour le directeur général  
et par délégation

**F. MENAGE**

Annexe 1 à l'avis IRSN/2014-00149 du 14 avril 2014

Recommandations et observations

**Recommandation n° 1**

L'IRSN recommande qu'EDF transmette, sous six mois, le programme de mesure des déformations des assemblages AFA3GLAA-I prévu sur le palier 1300 MWe.

**Recommandation n° 2**

L'IRSN recommande qu'EDF continue d'acquérir du retour d'expérience vis-à-vis du grandissement des grilles M5 afin de s'assurer notamment que le grandissement maximal des grilles en fin de vie évalué avec la courbe enveloppe de conception n'est pas remis en cause.

**Recommandation n° 3**

L'IRSN recommande qu'EDF actualise le rapport de conception thermomécanique du crayon combustible M5 exploité en gestion Gemmes en cohérence avec les évolutions du logiciel thermomécanique utilisé pour les études de conception des crayons combustibles et avec le retour d'expérience acquis sur le comportement du gainage M5. Ce document devra être référencé dans l'addendum combustible du Dossier général de l'évaluation de la sûreté des recharges (DGES).

**Observation n° 1**

L'IRSN considère qu'EDF devrait indiquer les mesures complémentaires d'activité en <sup>94</sup>Nb du circuit primaire qui seront réalisées et présenter, au plus tôt, les résultats de ces analyses.