

Fontenay-aux-Roses, le 16 février 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2017-00061

- Objet : REP - Centrale nucléaire du Bugey - INB n° 89
Défauts d'étanchéité de l'enceinte de confinement du réacteur n°5 du Bugey (Ain)
- Réf. 1. Lettre ASN - CODEP-LYO-2016-022365 du 20 juillet 2016
2. Décision n° 2015-DC-0533 de l'ASN du 1^{er} décembre 2015
3. Décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié
4. Décision n° 2014-DC-0474 de l'ASN du 23 décembre 2014

Par la lettre citée en première référence, vous avez sollicité l'avis de l'IRSN concernant, d'une part, la suffisance des analyses menées par EDF pour caractériser et localiser les défauts d'étanchéité de l'enceinte de Bugey 5 constatés lors des essais réalisés en octobre 2015, d'autre part, la solution technique envisagée pour restaurer l'étanchéité de l'enceinte, sa méthode de mise en œuvre, les essais de qualifications proposés, ainsi que la surveillance et les entretiens en service.

L'analyse réalisée par l'IRSN s'appuie notamment sur l'examen du dossier transmis par EDF constitué par les réponses à la décision de l'ASN en référence 2 et la déclaration de modification au titre de l'article 26 du décret en référence 3 visant à « *étanchéifier le joint périphérique du radier des structures internes du bâtiment réacteur de Bugey 5* ».

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 8 440 546 018

L'enceinte de confinement du bâtiment réacteur de Bugey 5 est constituée d'une paroi en béton assurant la fonction de résistance mécanique, et d'une peau métallique, aussi nommée liner, placée sur le parement intérieur de la paroi et assurant la fonction d'étanchéité. Par suite des résultats au test d'étanchéité mené lors de l'arrêt du réacteur pour sa troisième visite décennale en 2011, qui ne permettait pas de garantir le respect des exigences de sûreté sur 10 ans, l'ASN a prescrit [4] la réalisation d'une épreuve enceinte au plus tard en 2016.

Investigations réalisées par EDF sur l'enceinte

EDF a ainsi procédé en octobre 2015 à deux pressurisations de l'enceinte de confinement du réacteur n°5 de Bugey afin de vérifier son étanchéité. L'aspersion d'un produit savonneux et l'observation de la formation de bulles sur le parement extérieur de l'enceinte pendant sa mise en pression, afin de localiser la ou les zones de fuites, ont accompagné les deux pressurisations.

Ces essais ont permis de constater un faible taux de fuite de l'enceinte uniquement lorsque le radier des structures internes de l'enceinte est recouvert par de l'eau¹, notamment lors de la deuxième pressurisation de l'enceinte.

Lors de la seconde pressurisation, le noyage du radier a été réalisé en deux phases (cf. Figure 1 en annexe). La première phase, qui a concerné le noyage uniquement de la partie centrale du radier, n'a pas entraîné de diminution du débit de fuite en air ce qui permet de considérer l'absence de défauts d'étanchéité dans cette zone. Lors de la seconde phase correspondant au noyage total du radier comprenant notamment la zone du joint périphérique, EDF a constaté une diminution significative du débit de fuite, ainsi qu'une diminution très nette de la quantité de bulles sur le parement vertical extérieur de l'enceinte. Sur la base de ces essais, EDF considère que le défaut d'étanchéité se situe au-dessous du niveau supérieur du radier des structures internes du bâtiment (-3,50 m), plus particulièrement au droit du joint de dilatation périphérique séparant le radier des structures internes et le liner de l'enceinte, sans pour autant avoir identifié précisément les défauts en cause.

Le joint de dilatation périphérique est un espace sub-vertical large de 2 cm, haut de 1 m et situé sur l'ensemble de la périphérie intérieure de l'enceinte, sur une longueur d'environ 110 m (cf. Figure 1). Ce joint est rempli de cire pétrolière depuis 1993.

Les investigations menées par EDF afin de caractériser l'origine de l'inétanchéité comprennent :

- un désencombrement du joint, ayant permis de dégager 90 % de la surface du liner présent dans cet espace ;
- un examen télévisuel du liner sur l'ensemble de la zone dégagée ;
- des examens complémentaires dans des zones singulières après réalisation de sept ouvertures dans le radier des structures internes.

Les investigations n'ont pas permis d'identifier précisément le ou les défauts à l'origine de la fuite. EDF conclut au bon état général de conservation du liner, puisqu'aucune corrosion significative n'a été constatée lors de ses investigations et que les dégradations identifiées sont localisées et de faibles dimensions. Par comparaison avec les défauts identifiés en 1993, EDF estime qu'il n'y a pas d'évolution de la corrosion du liner.

Avis de l'IRSN

L'IRSN estime que les opérations de recherche de fuite menées par EDF pendant les pressurisations successives de l'enceinte sont adaptées et que la localisation de l'origine de la fuite dans le joint périphérique est pertinente. Par ailleurs, l'IRSN estime qu'EDF a mis en œuvre des techniques d'investigation adaptées à la recherche à réaliser, permettant notamment de prévenir les risques d'endommagement du liner. L'absence de localisation précise du

¹ Le noyage du radier est autorisé pendant l'épreuve d'étanchéité pour représenter les conditions d'accident, notamment l'aspersion de sauvegarde de l'enceinte (système EAS).

défaut était toutefois prévisible du fait de la taille du défaut recherché (quelques mm²) et de l'état de propreté partielle dans certaines zones après désencombrement (présence résiduelle de cire et de ciment notamment). Néanmoins, sur la base des rapports d'investigation, l'IRSN considère qu'il ne peut être totalement exclu qu'une progression de la corrosion ait eu lieu dans les vingt dernières années. **À cet égard, l'IRSN estime que cet état de corrosion doit conduire à la mise en place d'une solution technique permettant de réduire la cinétique de corrosion du liner.**

Solution de réparation présentée par EDF

La solution de réparation, objet de la déclaration de modification présentée par EDF, a pour objectif de neutraliser, sous le niveau -3,50 m, les défauts du liner en mettant en œuvre une étanchéité complémentaire au niveau du joint périphérique. Cette solution est composée principalement d'un revêtement composite d'étanchéité en partie supérieure du joint périphérique et d'un lait de chaux remplissant la majeure partie de ce joint (cf. Figure 2 en annexe). Par ailleurs, EDF prévoit des adaptations dans les zones singulières identifiées.

Le revêtement est considéré par EDF comme un élément important pour la protection (EIP) permettant de restaurer l'étanchéité attendue du confinement en partie courante du bâtiment réacteur .

Le lait de chaux, composé d'une eau saturée en dihydroxyde de calcium présentant un pH égal à 12,5 à 25°C, permet d'assurer une protection du liner vis-à-vis de la corrosion par passivation de l'acier. Par ailleurs, les chemins de fuite résiduels qui pourraient subsister dans les singularités du radier des structures internes et déboucher dans le joint périphérique sont obstrués par le lait de chaux, ce qui contribue à la robustesse de la solution selon EDF.

EDF a vérifié que les éléments composant la solution de réparation n'engendrent pas un risque de régression de la sûreté, au sens où cela ne vient pas dégrader les éléments déjà en place. Par ailleurs, les caractéristiques chimiques du lait de chaux sont compatibles avec l'ambiance de l'enceinte. EDF considère que la solution de réparation présente un caractère réversible et que les éléments la constituant permettent son entretien à travers des actions de maintenance préventive comme curative.

S'agissant de la qualification de la solution, notamment aux conditions d'ambiance lors d'un accident, le revêtement d'étanchéité est un revêtement composite qui a déjà fait l'objet de qualification en tant que revêtement d'étanchéité pour l'enceinte interne des réacteurs de 1300 et 1450 MWe.

Lors de la mise en oeuvre de la modification, le lait de chaux est mis en place à l'aide de piquages² mettant en communication l'espace du joint périphérique avec le niveau le plus bas du bâtiment réacteur (cf. figure n°2). Ces piquages servent également à la vérification du niveau et aux prélèvements pour le contrôle du pH. D'autres piquages servent d'évents. EDF a vérifié qu'au-dessus du niveau -3,70 m, le lait de chaux pourrait circuler librement sur toute la longueur du joint périphérique. En dessous de ce niveau, des obstacles peuvent s'opposer à cette circulation. Par ailleurs, EDF a identifié trois causes de consommation possibles du lait de chaux, dont la principale est l'absorption par le béton du radier des structures internes. Ces mécanismes de consommation du lait de chaux devraient toutefois s'atténuer rapidement avec le temps. Au cours de l'instruction, EDF s'est engagé à effectuer des

² Tuyau métallique de faible diamètre

relevés du niveau du lait de chaux au cours du chantier et jusqu'au redémarrage du réacteur, pour vérifier que la période d'absorption initiale du lait de chaux par le béton est terminée et que l'extrapolation jusqu'au prochain arrêt du réacteur ne conduit pas à un niveau du lait de chaux inférieur à -3,70 m. Ce niveau correspond à une diminution de 5 cm de la hauteur du lait de chaux, et à une perte de volume d'environ 110 l. Ce point fait l'objet de l'observation n° 1 formulée en annexe.

Enfin, la solution de réparation dans son ensemble fera l'objet d'une requalification au travers d'une épreuve enceinte, sans noyage du radier avant le redémarrage du réacteur.

S'agissant de la surveillance de la solution de réparation en exploitation normale, les contrôles associés au revêtement composite, et leur périodicité, sont du même type que ceux mis en œuvre sur les revêtements placés à l'intrados des enceintes à double paroi des réacteurs d'EDF.

Par ailleurs, les contrôles et les ajustements du niveau de lait de chaux, ainsi que le maintien de ses caractéristiques, à travers le suivi du pH et de l'absence de développement bactérien, seront réalisés par EDF à chaque arrêt du réacteur à partir de prélèvements. Au cours du premier cycle de fonctionnement du réacteur suivant son redémarrage, EDF procédera à trois contrôles périodiques complémentaires du niveau de lait de chaux nécessitant pour chacun une entrée dans le bâtiment réacteur. Le premier sera réalisé deux mois après le couplage, les deux autres durant le cycle. À terme, EDF envisage la mise en place d'un système de mesure de niveau déporté, permettant d'éviter une entrée dans le bâtiment. En complément, des contrôles visuels seront réalisés lors de rondes périodiques, afin de repérer des traces éventuelles de lait de chaux sur le parement externe de l'enceinte. La périodicité initiale des rondes est fixée à quinze jours pendant un trimestre, puis à un mois pendant un semestre, puis à trois mois jusqu'à l'arrêt du réacteur. Au cours de l'instruction, EDF s'est engagé à vérifier que la consommation de lait de chaux au cours des cycles soit compatible avec les exigences associées à la solution, et limitée à une baisse de niveau à 5 cm. Ce point fait l'objet de l'observation n° 2.

Par ailleurs, le seuil d'acceptation retenu par EDF dans son dossier pour le contrôle du pH du lait est égal à 9,5, ce qui correspond au domaine de passivation de l'acier.

Avis de l'IRSN

Le défaut présent dans le liner affecte l'exigence d'étanchéité associée à la fonction de confinement de l'enceinte, sans concerner l'exigence de résistance mécanique assurée par la paroi en béton précontraint. En conséquence, la solution de réparation a pour but de restaurer localement l'étanchéité assurée par le liner.

Concernant les exigences attribuées à la solution de réparation, seul le revêtement composite est considéré par EDF comme un élément important pour la protection (EIP) associé à la troisième barrière. **L'exigence d'étanchéité attribuée par EDF au revêtement composite n'appelle pas d'observation.** Toutefois, l'IRSN souligne que cette disposition n'est pas suffisante, à elle seule, pour assurer l'exigence d'étanchéité dans son ensemble, car un contournement du revêtement par un chemin de fuite à travers le radier des structures internes ne peut être exclu. Un tel chemin de fuite est physiquement bloqué par le lait de chaux présent dans le joint. **Par conséquent, l'IRSN**

considère que l'exigence d'étanchéité au niveau du joint périphérique est portée par le revêtement composite associé au lait de chaux. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 formulée en annexe.

Par ailleurs, l'IRSN estime que l'utilisation du lait de chaux comme protection du liner contre la corrosion par passivation de l'acier est pertinente.

Concernant la mise en œuvre de la modification, l'IRSN a pu vérifier, au cours d'une visite du bâtiment réacteur de Bugey 5, l'accessibilité de l'ensemble du joint périphérique, la complétude des zones singulières identifiées par EDF et apprécier les espaces disponibles pour la réalisation des travaux **ce qui n'amène pas de remarque particulière.**

Concernant la qualification de la solution, le respect des exigences attendues du revêtement composite a été démontrée lors des essais de qualification réalisés pour les enceintes à double paroi, **ce qui n'appelle pas de remarque.** La pérennité du lait de chaux dépend des mécanismes de consommation dont la cinétique ne pourra être confirmée qu'après déploiement sur site. **A cet égard, la méthodologie proposée par EDF afin de déterminer une projection de la consommation jusqu'au prochain rechargement est satisfaisante.** En outre, l'IRSN estime que le critère limite de baisse du niveau du lait de chaux est cohérent avec sa faible consommation attendue. Enfin, la requalification prévue par EDF, au travers notamment d'une épreuve enceinte, est satisfaisante.

S'agissant de la surveillance de la solution de réparation, les contrôles proposés par EDF sur le revêtement composite, et leur périodicité, sont identiques à ceux des revêtements placés à l'intrados des enceintes à double paroi, **ce qui est satisfaisant.**

Concernant le niveau de lait de chaux, l'étanchéité et la protection contre la corrosion ne sont durablement assurées par le lait de chaux que sous réserve de sa présence permanente dans le joint. Par conséquent, l'IRSN considère que ceci doit constituer une exigence associée à la solution de réparation. En particulier, l'IRSN estime que la pérennité et l'acceptabilité de la solution reposent notamment sur une très faible consommation de lait de chaux, qui lui confère un caractère quasi passif. Il est donc nécessaire d'évaluer, avant la divergence du réacteur, la cinétique de consommation et de vérifier son maintien durant l'exploitation. **À cet égard, l'IRSN estime que les contrôles proposés par EDF, leur périodicité et les critères d'acceptation associés sont satisfaisants.** S'agissant du seuil de pH retenu par EDF pour limiter la corrosion du liner, l'IRSN considère la valeur de 9,5 comme trop basse, car elle est à la limite de la perte de passivation des aciers. De plus, atteindre un pH de 9,5 traduirait une évolution très importante de la chimie du lait de chaux, sachant que son pH initial est prévu à 12,5. **Aussi, EDF devra établir un critère pour le pH, plus proche de la valeur initiale. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 formulée en annexe.** Par ailleurs, il conviendrait qu'EDF s'assure de la représentativité d'une mesure de pH à partir d'un seul prélèvement pour l'ensemble du joint périphérique. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3 formulée en annexe.** Enfin, l'IRSN estime que, lors des mesures de niveaux réalisées au cours du premier cycle par des entrées dans le bâtiment réacteur, des prélèvements de lait de chaux pour le contrôle de son pH et de l'absence

de développement bactérien doivent être réalisés. **Ce point fait l'objet de la recommandation n°4 formulée en annexe.**

Enfin, l'IRSN considère que le respect de l'exigence d'étanchéité au niveau du joint périphérique est assurée par le revêtement composite associé au lait de chaux. A cet égard, l'IRSN estime que la surveillance du niveau et du pH du lait de chaux relève du chapitre IX des RGE. De même, l'exigence portée par le lait de chaux doit faire l'objet de prescriptions dans le chapitre III des RGE ainsi que de conduites à tenir en cas de non-respect. **Ce point fait l'objet de la recommandation n°5 formulée en annexe.**

Conclusion

L'IRSN estime acceptable, du point de vue de la sûreté, la solution de réparation telle que déclarée par EDF visant à restaurer l'étanchéité à l'air de la troisième barrière du réacteur n°5 du site du Bugey, sous réserve de la prise en compte des recommandations et des observations formulées en annexes 1 et 2.

Pour le Directeur général et par délégation,

Franck BIGOT

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN/2017-00061 du 16 février 2017

Recommandations

Recommandation n° 1 :

L'IRSN recommande qu'EDF intègre aux éléments importants pour la protection des intérêts du réacteur n°5 de Bugey, le lait de chaux présent dans le joint périphérique entre le liner et le radier des structures internes du bâtiment réacteur.

Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande qu'EDF définisse un critère pour le pH du lait de chaux cohérent avec la valeur initiale de 12,5 et présentant une certaine marge par rapport à la limite de la perte de passivité des aciers de 9,5.

Recommandation n° 3 :

L'IRSN recommande qu'EDF s'assure de la représentativité d'une seule mesure de pH pour caractériser le lait de chaux présent dans l'ensemble du joint périphérique.

Recommandation n° 4 :

L'IRSN recommande qu'EDF réalise des prélèvements de lait de chaux pour le contrôle du pH et de l'absence de développement bactérien lors des entrées dans le bâtiment réacteur au cours du premier cycle de fonctionnement du réacteur suivant son redémarrage.

Recommandation n° 5 :

L'IRSN recommande qu'EDF définisse les essais périodiques et les spécifications techniques d'exploitation relatifs aux exigences de sûreté portées par le lait de chaux présent dans le joint périphérique situé entre le liner et le radier des structures internes de l'enceinte du réacteur n°5 de Bugey.

Annexe 2 à l'Avis IRSN/2017-00061 du 16 février 2017

Observations

Observation n° 1 :

EDF s'est engagé à vérifier « *avant redémarrage du réacteur que l'extrapolation constatée de lait de chaux jusqu'au prochain arrêt de tranche est compatible avec les exigences associées à la solution, avec une valeur cible de 5 cm. En complément, EDF s'assurera de l'absence de points durs susceptibles de gêner la continuité du lait de chaux au-dessus du niveau - 3,70 m* ».

Observation n° 2 :

EDF s'est engagé à vérifier « *au cours des cycles de fonctionnement du réacteur que la consommation de lait de chaux reste compatible avec les exigences associées à la solution, avec une valeur cible de 5 cm.* ».

Annexe 3 à l'Avis IRSN/2017-00061 du 16 février 2017

Figures

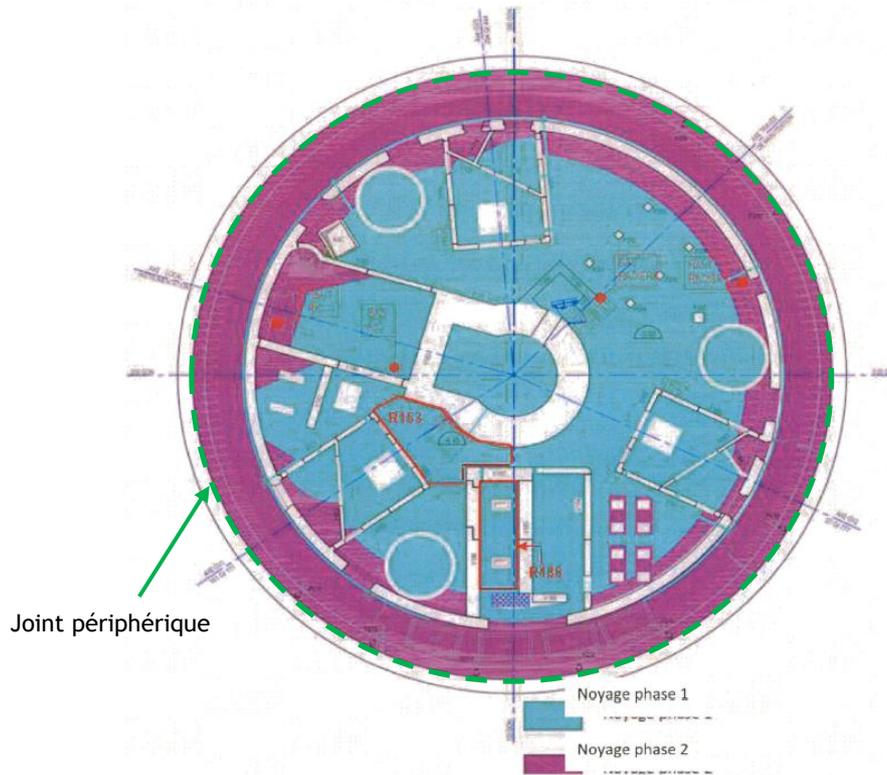


Figure 1 : Niveau d'eau atteint lors des deux phases du noyage

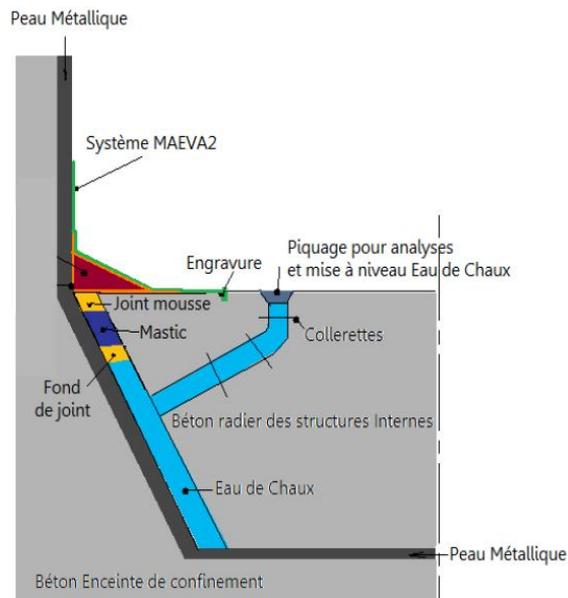


Figure 2 : Schéma de la solution de réparation