

Fontenay-aux-Roses, le 25 mars 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00062

Objet : EDF - REP - Centrale nucléaire du Bugey (INB n° 78 et n° 89)
Dégradation du joint intérieur de l'anneau d'étanchéité du réacteur n° 2

Réf. : Saisine ASN - CODEP-LYO-2022-014178 du 21 mars 2022.

Lors de la mise à l'arrêt programmé du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire du Bugey pour renouvellement du combustible en février 2022, EDF a détecté une dégradation importante d'un joint silicone positionné sous le batardeau interne de l'anneau d'étanchéité installé entre la bride de cuve et le fond de la piscine du bâtiment réacteur (BR). L'anneau d'étanchéité a pour fonction d'empêcher le ruissellement d'eau vers l'espace libre entre la cuve et le fond de la piscine du BR en cas d'aspersion de l'enceinte. Il est constitué de deux batardeaux, un dit « interne », positionné sur la bride de cuve et un dit « externe », positionné sur le fond de la piscine du BR. La fonction d'étanchéité de chacun de ces batardeaux est complétée par un joint qui est remplacé à chaque arrêt du réacteur lorsque la cuve est ouverte.

L'anneau d'étanchéité fait partie des modifications mises en œuvre lors de la quatrième visite décennale des réacteurs du Bugey pour limiter le risque de percement du radier de l'enceinte par interaction entre le béton et le corium. La stratégie adoptée par EDF pour limiter ce risque consiste, après la rupture de la cuve, en une phase d'étalement à sec du corium, tout d'abord sur le radier du puits de cuve puis, après ablation d'une trappe fusible, sur le radier du local de l'instrumentation interne du cœur (RIC) adjacent au puits de cuve. Cet étalement est suivi d'une phase de noyage passif du corium par de l'eau déclenché par la fusion d'un câble entraînant l'ouverture de trappes de noyage.

Le maintien à sec de la zone d'étalement du corium vise à :

- éviter l'occurrence du phénomène d'explosion de vapeur hors cuve résultant d'échanges thermiques rapides et intenses entre l'eau et le corium au moment de la rupture de la cuve. Une telle explosion pourrait menacer l'intégrité des structures de l'enceinte ou remettre en cause les bénéfices des dispositions retenues par EDF pour limiter le risque de percée du radier ;
- favoriser l'étalement complet du corium. En effet la présence d'eau dans le puits de cuve peut conduire, par refroidissement transitoire du corium, à limiter son étalement et ainsi augmenter l'épaisseur de radier ablaté par interaction entre le béton et le corium et donc les risques de percée du radier.

La dégradation du joint entre le batardeau « interne » et la bride de la cuve observée en fin de cycle est susceptible de remettre en cause la capacité de l'anneau à assurer sa fonction d'étanchéité pour les scénarios accidentels impliquant l'utilisation du dispositif d'aspersion de l'enceinte, l'EAS.

À la suite de la détection de la dégradation de ce joint, EDF a présenté son analyse matérielle et fonctionnelle vis-à-vis de l'objectif d'absence d'eau dans le puits de cuve en cas d'accident grave, ainsi que ses conclusions vis-à-vis d'une dégradation éventuelle du joint intérieur de l'anneau d'étanchéité sur les réacteurs qui en sont équipés actuellement (réacteurs n° 2, n° 4 et n° 5).

1. SAISINE DE L'ASN

L'ASN sollicite, par la saisine en référence, l'avis de l'IRSN « *quant à la remise en question, pour une durée d'un cycle de fonctionnement sur le réacteur n° 5 de la centrale nucléaire du Bugey, de l'objectif fonctionnel de stabilisation du corium sur le radier du bâtiment réacteur dans le cas d'une dégradation du joint intérieur de l'anneau d'étanchéité telle que constatée sur le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire du Bugey* ».

L'ASN demande notamment si :

- *« l'essai d'une portion de joint dégradé est représentatif et permet d'estimer de façon enveloppe le débit de fuite global du joint de l'anneau ;*
- *les hypothèses d'estimation des conséquences des dégradations de l'anneau, en considérant les défauts de planéité de l'anneau et de la gorge de joint, sont conservatives ;*
- *la hauteur d'eau susceptible d'atteindre le puits de cuve, prenant en compte les éléments susmentionnés, permet de maintenir l'objectif fonctionnel de stabilisation du corium sur le radier du BR et d'éviter son percement en cas de fusion partielle ou totale du cœur ;*
- *le risque d'explosion de vapeur est maîtrisé vis-à-vis de l'objectif global de préservation du confinement. »*

2. DOSSIER D'EDF

Le dossier technique d'EDF contient :

- une présentation des composants existants dans le bâtiment réacteur et constituant des écrans pouvant réduire la quantité d'eau d'aspersion du dispositif EAS susceptible d'atteindre l'anneau d'étanchéité ;
- une expertise du joint dégradé réalisée les 27 et 28 février 2022 indiquant que la partie inférieure est craquelée mais que, selon EDF, la partie supérieure en contact avec le batardeau conserve ses propriétés mécaniques et limite le passage de l'eau ;
- le rapport d'essai d'étanchéité réalisé sur une section de l'anneau à l'échelle 1:1 avec l'utilisation du joint dégradé récupéré sur le réacteur n° 2 du Bugey ;
- la présentation de la goulotte située sous le batardeau intérieur qui constitue une disposition permettant de récupérer les fuites jusqu'à un certain débit et de les évacuer gravitairement vers le circuit de reprise des purges, événements et exhaures nucléaires (RPE) ;
- une estimation du débit de fuite à travers le joint intérieur compte tenu de ses dégradations, ainsi qu'une estimation de la hauteur d'eau qui en résulte dans le puits de cuve ;
- une analyse de l'impact de la présence d'eau dans le puits de cuve vis-à-vis des risques d'explosion de vapeur hors cuve et de mauvais étalement du corium.

3. ANALYSE DE L'IRSN

Les composants mentionnés par EDF qui peuvent constituer des écrans de protection au-dessus de l'anneau d'étanchéité vis-à-vis de l'aspersion dans l'enceinte sont des composants amovibles, déposés et reposés à chaque arrêt de réacteur lorsque la cuve est ouverte. Lors de ces arrêts, l'exigence de maintien à sec du puits de cuve est toujours applicable alors que ces dispositions ne sont pas en place au-dessus de l'anneau. De plus, elles ne présentent pas une étanchéité parfaite. Pour ces raisons, EDF n'a pas valorisé le bénéfice de ces composants qui font partiellement écran dans ses évaluations du débit d'eau qui pourrait parvenir dans le puits de cuve, **ce que l'IRSN estime satisfaisant.**

Concernant, l'analyse du joint dégradé, EDF a indiqué que des craquelures ont été observées sur la totalité de la périphérie du joint. Une légère réduction dimensionnelle du joint a par ailleurs été constatée. EDF ajoute que si un durcissement a été observé sur la base du joint intérieur, là où il est en contact avec la cuve, la partie supérieure en contact avec le batardeau semble conserver ses propriétés mécaniques. En revanche, EDF n'a pas pu apporter d'information quant à la cinétique de dégradation du joint. C'est pourquoi l'IRSN estime que si, en cours de cycle, EDF était amené à procéder à l'arrêt programmé d'un des réacteurs du Bugey équipés d'un anneau d'étanchéité, celui-ci devrait procéder à l'expertise du joint et, le cas échéant, le remplacer. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe.**

Afin de déterminer l'impact de la dégradation du joint sur le débit de fuite, EDF a réalisé deux essais d'étanchéité sur une maquette à l'échelle 1:1 représentant une section du dispositif d'étanchéité d'une longueur de 1 m. Pour ces essais, EDF a réutilisé un segment du joint dégradé après un cycle de fonctionnement sur le réacteur n° 2 du Bugey. Ces essais montrent l'existence d'un débit de fuite limité malgré la dégradation du joint. L'IRSN souligne l'intérêt didactique de ce type d'essai. Cependant, il est difficile d'établir le caractère représentatif de l'échantillon de joint utilisé et de sa mise en place dans la gorge de la maquette. De plus, la maquette ne permet pas de prendre en compte l'ensemble des défauts de planéité susceptibles d'être présents sur la circonférence totale de l'anneau et sur la bride de la cuve dans laquelle le joint est inséré. L'essai est en outre réalisé à température ambiante et n'intègre par les éventuelles dégradations supplémentaires du joint qui pourraient être occasionnées par une situation accidentelle évoluant vers un accident grave. L'IRSN estime donc que **les résultats de ces essais ne peuvent être utilisés pour estimer un débit de fuite représentatif du dispositif équipé d'un joint dégradé.**

Outre les résultats des essais sur le joint dégradé, EDF présente deux évaluations théoriques du débit de fuite à travers l'anneau d'étanchéité en considérant le joint interne dégradé :

- la première évaluation considère un effacement total du joint sur 20% de sa longueur (soit 3 m) conduisant à un espace libre entre l'anneau d'étanchéité et la bride de cuve ;
- la seconde évaluation considère un défaut d'étanchéité local sur une longueur d'environ 1 m estimé à partir de considérations géométriques intégrant les défauts de planéité de l'anneau d'étanchéité et de la bride de cuve, ainsi que les dimensions minimales mesurées sur le joint dégradé à l'issue d'un cycle de fonctionnement sur le réacteur n° 2 du Bugey.

À titre conservatif, EDF retient le débit maximal évalué. EDF considère ensuite qu'une partie du débit traversant le joint dégradé est recueilli dans la goulotte située sous le batardeau interne de l'anneau. Le débit d'entrée à la goulotte étant supérieur au débit pouvant être évacué par celle-ci, EDF en déduit par différence le débit d'eau arrivant dans le puits de cuve.

L'IRSN souligne que les hypothèses considérées par EDF pour l'évaluation du débit de fuite à travers l'anneau sont directement issues des conclusions qu'il déduit de l'analyse qualitative de la dégradation du joint ayant subi un cycle de fonctionnement normal dans le réacteur n° 2. Or compte tenu de la variabilité du comportement des

joints et des chargements notamment thermiques qu'ils subissent au cours du fonctionnement, il existe des incertitudes quant au comportement et à l'état de dégradation du joint. Par ailleurs, il est difficile d'anticiper les éventuelles dégradations supplémentaires que subirait le joint en condition d'accident grave. Ainsi, sur la base de ses propres évaluations intégrant des marges pour couvrir ces incertitudes, **l'IRSN considère que le débit de fuite dans le puits de cuve peut être significativement plus élevé que celui considéré par EDF dans son dossier.**

Les situations susceptibles de mener à la présence d'eau dans le puits de cuve sont celles pour lesquelles l'EAS fonctionne avant et pendant un hypothétique accident grave. La hauteur d'eau dans le puits de cuve est alors déterminée par le débit de fuite et par la durée de fonctionnement de l'aspersion avant la rupture de la cuve et l'étalement du corium. Pour son évaluation de la hauteur d'eau dans le puits de cuve, EDF a pris en compte une hypothèse sur la durée de fonctionnement de l'EAS. L'IRSN souligne, sur la base de ses évaluations, que pour certaines situations, la durée de fonctionnement de l'EAS avant rupture de la cuve peut être notablement plus importante que celle considérée par EDF, et que ces situations ne peuvent pas être exclues.

En conséquence, l'IRSN considère que les hypothèses d'estimation des conséquences des dégradations de l'anneau retenues par EDF ne sont pas conservatives.

En cas de présence d'eau dans le puits de cuve, les risques liés à une explosion de vapeur ne peuvent pas être exclus. Cependant, l'ampleur de l'explosion sera d'autant plus faible et ses conséquences limitées que cette quantité d'eau est faible. Une hauteur d'eau de 1 m dans le puits de cuve constitue une limite en dessous de laquelle l'IRSN considère que les conséquences liées à l'occurrence d'une explosion de vapeur dans le puits de cuve ne sont pas susceptibles de menacer l'intégrité des structures de l'enceinte ou de remettre en cause les bénéfices des dispositions retenues par EDF pour limiter le risque de percée du radier. **À cet égard, des évaluations intégrant des marges pour couvrir les incertitudes du débit d'eau arrivant dans le puits de cuve réalisées par l'IRSN indiquent qu'il est suffisamment modéré pour ne pas conduire à dépasser cette hauteur de 1 m d'eau pour une majorité de scénarios d'accidents graves. Toutefois, certains scénarios d'accidents graves sont associés à un fonctionnement prolongé de l'aspersion de l'enceinte avant la rupture de la cuve et pourrait conduire à des hauteurs d'eau dans le puits de cuve pouvant conduire à des explosions de vapeurs susceptibles de menacer l'intégrité des structures de l'enceinte ou de remettre en cause les bénéfices des dispositions retenues par EDF pour limiter le risque de percée du radier.** À ce titre, l'IRSN estime nécessaire, à titre de mesure compensatoire pour le prochain cycle de fonctionnement du réacteur n° 5 de la centrale nucléaire du Bugey, qu'EDF adapte la conduite du système d'aspersion de l'enceinte pour intégrer le risque d'explosion de vapeur lors de la coulée du corium depuis la cuve. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.**

La présence d'eau dans le puits de cuve peut limiter l'étalement du corium, remettant en cause d'une part l'étalement du corium dans le local RIC et d'autre part l'efficacité du système de noyage passif. Dans son dossier, EDF prend en considération une rétention du corium limitée au seul puits de cuve et considère que la présence d'un câble fusible à l'intérieur du puits de cuve permet d'assurer le noyage passif du corium dans cette zone. L'IRSN estime en revanche qu'en cas de présence d'eau dans le puits de cuve, une situation où le corium n'atteint pas le câble fusible et ne déclenche pas le noyage passif ne peut être totalement exclue. Cette situation n'est pas envisagée par EDF. Dans un tel cas, l'IRSN considère qu'une action de noyage du corium par la cuve serait nécessaire. Les extraits du guide d'intervention en accident grave (GIAG) transmis par EDF au cours de l'expertise ne permettent pas de s'assurer qu'une telle action serait engagée, l'IRSN n'ayant pas eu accès à l'ensemble du GIAG au cours de l'expertise. **Toutefois, des évaluations de l'IRSN indiquent que, même si l'étalement du corium ne permet pas de couvrir entièrement le puits de cuve, le percement du radier des réacteurs du Bugey pourrait être évité si le noyage du corium intervient suffisamment tôt.** C'est pourquoi l'IRSN estime que, à titre de mesure compensatoire, EDF doit sensibiliser l'ensemble des équipes de crise nationales et locales, dès le redémarrage du réacteur n° 5, à la nécessité de procéder dans les meilleurs délais, en cas de situation d'accident

grave affectant le réacteur, à un noyage du corium par injection directe dans la cuve en cas d'échec du noyage passif du corium. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3 en annexe.**

4. CONCLUSION

L'IRSN considère qu'une solution pérenne, permettant de disposer d'un dispositif d'étanchéité apte à assurer ses fonctions et garantissant le maintien d'un puits de cuve sec dans toutes les situations, est à retrouver dans les meilleurs délais.

In fine, sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe, **l'IRSN estime que l'objectif fonctionnel de stabilisation du corium sur le radier du bâtiment réacteur dans le cas d'une dégradation du joint intérieur de l'anneau d'étanchéité** telle que constatée sur le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire du Bugey **n'est pas remis en cause** et que cette situation temporaire est acceptable pour une durée d'un cycle de fonctionnement sur le réacteur n° 5 de la centrale nucléaire du Bugey.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2022-00062 DU 25 MARS 2022

Recommandations de l'IRSN

Recommandation N° 1

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie l'intégrité du joint en place et, le cas échéant, procède à son remplacement, dans le cas où un arrêt programmé suffisamment long d'un des réacteurs de la centrale nucléaire du Bugey équipé d'un anneau d'étanchéité serait réalisé, plus de six mois après son redémarrage.

Recommandation N° 2

L'IRSN recommande qu'EDF adapte, pour le prochain cycle de fonctionnement du réacteur n° 5 de la centrale nucléaire du Bugey, la conduite prévue du système d'aspersion de l'enceinte dans les procédures accidentelles, afin d'éviter son utilisation prolongée et ainsi limiter la hauteur d'eau dans le puits de cuve à un niveau suffisamment bas pour éviter les risques d'explosion de vapeur en situation d'accident grave.

Recommandation N° 3

L'IRSN recommande qu'EDF sensibilise l'ensemble des équipes de crise nationales et locales, dès le redémarrage du réacteur n° 5, à la nécessité de procéder dans les meilleurs délais, en cas de situation d'accident grave affectant le réacteur, à un noyage du corium par injection directe dans la cuve en cas d'échec du noyage passif du corium, le noyage passif n'étant pas garanti du fait de l'anomalie constatée concernant le comportement du joint d'étanchéité.