



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 19 juillet 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00115

Objet : EDF - Deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe – Inondation interne en toiture du BAS/BL

Réf. : [1] Lettre ASN – CODEP-DCN-2018-018786 du 22 novembre 2018.
[2] Lettre ASN – CODEP-DCN-2023-027014 du 4 octobre 2023.

Lors des expertises des études réalisées par Électricité de France (EDF) dans le cadre de la phase générique du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe (RP2 N4), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) avait relevé qu'EDF n'avait pas étudié les conséquences d'une inondation résultant d'une rupture d'une tuyauterie ARE¹ ou VPU² en toiture du bâtiment BAS/BL³.

Or l'inondation induite par une telle rupture, compte tenu du débit de fuite engendré, est susceptible de se propager aux niveaux inférieurs du bâtiment qui abrite des équipements et locaux à fort enjeu de sûreté (notamment les armoires électriques de contrôle-commande, les systèmes de ventilation DVL⁴ et DVZ⁵, la salle de commande).

Ceci a amené l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) à demander [1] à EDF d'étudier les conséquences d'une inondation postulée de manière déterministe sur une des tuyauteries susmentionnées, en considérant le scénario maximisant le débit de l'inondation.

En réponse, EDF a produit, en 2020, une première étude dont certaines données d'entrée et hypothèses ont été remises en question par l'IRSN. EDF a alors transmis, en 2022, une nouvelle étude.

Ainsi, l'ASN sollicite [2] l'avis de l'IRSN sur l'acceptabilité des hypothèses et des conclusions de la nouvelle étude d'EDF au regard de l'état réel des installations.

¹ ARE : circuit d'alimentation normale des générateurs de vapeur.

² VPU : circuit vapeur et purges.

³ Le bâtiment BAS/BL comprend le bâtiment électrique (BL) en partie supérieure et le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde (BAS) en partie inférieure.

⁴ DVL : système de ventilation des équipements électriques.

⁵ DVZ : système de ventilation des locaux électriques secourus.

MEMBRE DE
ETSON

Plus précisément, l'ASN souhaite que l'IRSN examine :

- l'étude thermohydraulique, présentée par EDF, du scénario de rupture de la tuyauterie ARE et notamment le profil de débit de fuite considéré pour maximiser le débit d'inondation, conformément à la demande de l'ASN ;
- le comportement des structures de génie civil sous la charge d'eau ;
- l'étude réalisée par EDF de la propagation de l'inondation et de ses conséquences fonctionnelles.

L'IRSN présente ci-après les conclusions de son expertise des points susmentionnés. L'IRSN a focalisé son analyse sur les scénarios induits par une rupture de tuyauterie ARE, les débits de fuite étant plus élevés que ceux résultant d'une rupture de tuyauterie VPU.

1. SCÉNARIO ET PROFIL DE DÉBIT DE FUITE CONSIDÉRÉ

Le scénario d'agression d'inondation interne considéré par EDF est la rupture guillotine d'une ligne ARE en toiture du BAS/BL, le point de rupture étant localisé entre les vannes de réglage du système ARE et le clapet anti-retour situé à l'extérieur de l'enceinte et en amont du générateur de vapeur. Pour l'IRSN, la localisation retenue de la rupture est bien celle qui conduit à maximiser le débit à la brèche et donc le volume d'eau susceptible de se propager dans les niveaux inférieurs du bâtiment.

Pour évaluer le profil de débit de fuite associé à ce scénario, EDF considère les différents automatismes et les actions des opérateurs prescrites dans les consignes de conduite, qui amènent à une fermeture tout d'abord partielle, puis complète des vannes ARE, cette dernière mettant fin à la source d'inondation.

EDF valorise en outre plusieurs phénomènes qui limitent le volume d'eau déversé à la brèche, notamment les pertes de charge au travers des vannes de réglage du système ARE. Il considère par ailleurs que la fraction de fluide vaporisée à la brèche (25 % du débit massique) ne participe pas à l'inondation.

A contrario, EDF retient un certain nombre de conservatismes pour évaluer le volume d'eau perdu à la brèche. En particulier, les pertes de charge par frottement du fluide le long des parois de la tuyauterie ARE ou liées à la présence de coudes sur la tuyauterie ARE ne sont pas considérées, de même que l'évacuation de l'eau par les siphons de sol dans la phase court terme.

L'IRSN estime que la méthodologie adoptée par EDF pour évaluer le débit de fuite et le volume associé est globalement satisfaisante. Il convient également qu'EDF retient certains conservatismes qui ne sont cependant pas quantifiés.

Toutefois, EDF considère, pour l'évaluation de ce débit de fuite, des valeurs réalistes pour plusieurs paramètres, notamment pour les coefficients caractéristiques des vannes de réglage (utilisés pour évaluer leurs pertes de charge), la pression en amont de ces vannes, le diamètre de la tuyauterie. EDF a évalué que l'impact des incertitudes associées à ces paramètres sur le débit de fuite est de l'ordre de 13 %.

Au regard de ces différents éléments, l'IRSN n'est pas en mesure de garantir que le débit de fuite retenu par EDF pour l'étude du scénario d'inondation interne induit par la rupture d'une tuyauterie ARE est suffisamment pénalisé pour répondre à la demande de l'ASN. **L'IRSN formule ainsi la recommandation présentée en annexe.**

2. COMPORTEMENT DU GÉNIE CIVIL SOUS LA CHARGE D'EAU

Les volumes d'eau déversés en toiture du BAS/BL à la suite de la rupture d'une tuyauterie ARE sont susceptibles d'impacter le génie civil.

Concernant le comportement de la toiture du BAS/BL, l'IRSN considère que la résistance des structures de génie civil sous une charge d'eau élevée est garantie, des situations de chargement plus pénalisantes telles que le séisme et la chute d'avion ayant été prises en compte lors des études de conception.

Seules les problématiques de propagation d'eau à travers les joints inter-bâtiments et les trémies rebouchées en toiture présentent finalement un enjeu, car elles peuvent conduire à l'inondation des niveaux inférieurs du BAS/BL qui comportent des équipements assurant des fonctions de sûreté importantes. Au cours de l'expertise, EDF a précisé les actions de surveillance en exploitation mises en œuvre pour s'assurer de l'étanchéité des joints inter-bâtiments et des trémies rebouchées situées en toiture du BAS/BL. **L'IRSN considère que ces actions sont adaptées à l'enjeu de sûreté.**

3. PROPAGATION DE L'INONDATION ET CONSÉQUENCES FONCTIONNELLES

Dans son étude d'inondation transmise en 2022, EDF concluait à l'absence d'immersion des équipements situés en toiture du BAS/BL. Cependant, lors d'une visite réalisée sur le site de Civaux, l'IRSN a constaté que certaines hypothèses d'études n'étaient pas conformes à la configuration réelle des locaux en toiture du BAS/BL. EDF a repris son étude en conséquence.

Dans la nouvelle étude transmise en 2024, d'autres ruptures de tuyauterie ARE sont également considérées dans les locaux situés en toiture du BAS/BL. De plus, EDF a proposé un nouveau découpage des zones d'étalement de l'eau. L'étude mise à jour conduit, dans tous les locaux situés en toiture, à des niveaux d'eau atteints plus importants que dans l'étude précédente. Ainsi, des équipements importants pour la sûreté présents en toiture sont désormais immergés. Toutefois, EDF a justifié que les matériels perdus ne sont fonctionnellement pas nécessaires pour le repli et le maintien à l'état sûr du réacteur.

Par ailleurs, EDF s'est aussi assuré que le déversement de l'eau depuis la toiture du BAS/BL vers les bâtiments adjacents n'entrave pas le repli et le maintien à l'état sûr du réacteur.

En ce qui concerne la propagation de l'eau depuis la toiture vers les niveaux inférieurs du bâtiment, EDF a identifié des voies de propagation via des gaines techniques et des ouvertures en toiture. De plus, l'IRSN avait identifié que la présence de trémies dans les niveaux inférieurs pouvait conduire à une inondation des locaux abritant des équipements du système DVS⁶. Sur ce point, EDF a indiqué que l'eau était en réalité évacuée directement au niveau inférieur via d'autres trémies. L'agression par immersion des ventilateurs du système DVS est ainsi écartée.

Sur la base de l'ensemble de ces éléments, l'IRSN convient que, sur le palier N4, les conséquences d'une inondation induite par la rupture d'une tuyauterie ARE en toiture du BAS/BL sont acceptables pour la sûreté, sous réserve qu'EDF justifie qu'il retient bien un débit de fuite pénalisé (voir paragraphe 1).

4. CONCLUSION

L'IRSN estime que le scénario et la méthodologie retenus par EDF pour évaluer, sur le palier N4, le débit de fuite induit par la rupture d'une tuyauterie ARE postulée en toiture du BAS/BL sont satisfaisants. Néanmoins, les éléments transmis ne permettent pas de s'assurer que le débit de fuite, et donc le volume d'eau déversé évalué par EDF, est suffisamment pénalisé pour l'étude des conséquences de l'inondation. Ainsi, des éléments complémentaires sont attendus sur ce sujet, ce qui fait l'objet d'une recommandation.

Par ailleurs, l'IRSN considère que la résistance des structures de génie civil sous une charge d'eau élevée est garantie, ces structures ayant été dimensionnées à la conception des réacteurs en retenant des situations plus pénalisantes. De plus, l'IRSN considère que la surveillance en exploitation de l'étanchéité des joints inter-bâtiments et des trémies rebouchées situées en toiture mise en œuvre par EDF est adaptée.

⁶ DVS : système de ventilation du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde.

Enfin, si, pour le débit de fuite évalué par EDF dans son étude de 2024, l'IRSN convient que les conséquences d'une inondation induite par la rupture d'une tuyauterie ARE en toiture du BAS/BL sur le palier N4 sont acceptables pour la sûreté, il appartiendra à EDF de vérifier que cette conclusion reste valide en cas d'évolution du débit pénalisé à retenir.

IRSN

Le Directeur général
Par délégation
Frédérique PICHEREAU
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2024-00115 DU 19 JUILLET 2024

Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande qu'EDF justifie que les conservatismes considérés pour l'évaluation du débit de fuite, source de l'inondation consécutive à la rupture d'une tuyauterie ARE en toiture du bâtiment électrique, couvrent les différents postes d'incertitudes. À défaut, EDF devra prendre en compte ces incertitudes dans l'évaluation du débit de fuite et vérifier que les conclusions de l'étude d'inondation restent valides.