

Monsieur le Directeur de la direction des centrales nucléaires

Fontenay-aux-Roses, le 23 juin 2025

AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00066 DU 23 JUIN 2025

Objet : EDF – REP – Tous paliers (hors EPR) – Prise en compte du retour d'expérience –
Accroissement du risque de fusion du cœur induit par une garde d'eau insuffisante dans
un puisard d'un système de sauvegarde lors du redémarrage de plusieurs réacteurs
en 2022.

Références : [1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2012-040076 du 11 mars 2013.
[2] Avis IRSN – 2022-00237 du 16 décembre 2022.

Dans le cadre de la saisine citée en première référence¹, la Direction de l'expertise en sûreté de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) a réalisé une analyse probabiliste de trois événements significatifs pour la sûreté (ESS) survenus sur les centrales nucléaires de Gravelines (réacteur n° 2), Cruas (réacteur n° 3) et Cattenom (réacteur n° 4), afin d'évaluer leur niveau de gravité. Ces ESS sont consécutifs à une garde d'eau insuffisante dans un puisard d'un système de sauvegarde RIS² ou EAS³ lors du redémarrage du réacteur en 2022.

Dans certaines situations accidentelles (notamment une brèche sur le circuit primaire ou une perte totale de l'alimentation en eau des générateurs de vapeur), une injection d'eau doit être effectuée dans le circuit primaire et dans l'enceinte respectivement par les circuits RIS et EAS. Pour l'ensemble des réacteurs du parc en exploitation (hors EPR), elle s'opère tout d'abord depuis la bêche PTR⁴, puis, dès l'atteinte d'un niveau bas dans cette bêche, l'eau accumulée dans les puisards RIS/EAS⁵ du bâtiment réacteur est réinjectée dans le circuit primaire et dans l'enceinte. Le passage vers ce mode de fonctionnement, appelé « en recirculation sur les puisards », nécessite l'ouverture des vannes d'isolement en pied de puisards, situées sur les tuyauteries d'aspiration des systèmes RIS et EAS.

Lors du fonctionnement normal, le niveau d'eau dans les puisards RIS et EAS doit être maintenu supérieur à une valeur minimale requise. Le but est d'éviter une montée en température des vannes d'isolement de ces puisards lors de l'arrivée du front d'eau chaude en provenance de l'enceinte de confinement, qui affecterait leur ouverture et empêcherait le passage en recirculation des systèmes de sauvegarde. Par conséquent, le niveau d'eau dans les puisards fait l'objet de contrôles. Par ailleurs, un constat de bas niveau dans un puisard lors d'un contrôle réalisé après une manœuvre d'ouverture de la vanne d'isolement du puisard peut témoigner de la présence d'air, en amont du contrôle, dans la ligne d'aspiration de la pompe RIS ou EAS depuis ce puisard, alors que cette

¹ La saisine en référence émise par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) portait sur l'examen par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) du retour d'expérience. Au 1^{er} janvier 2025, l'ASN et l'IRSN sont devenus l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Le présent avis de la Direction de l'expertise en sûreté de l'ASNR vient en réponse à la lettre citée en première référence.

² RIS : système d'injection de sécurité.

³ EAS : système d'aspersion dans l'enceinte.

⁴ PTR : système de traitement et de refroidissement de l'eau des piscines.

⁵ Les réacteurs de 900 MWe, tels que ceux de Gravelines et de Cruas, sont équipés chacun de quatre puisards (RIS voie A, RIS voie B, EAS voie A et EAS voie B), tandis que les réacteurs de 1300 MWe, tels que ceux de Cattenom, ainsi que les réacteurs du palier N4 sont équipés chacun de deux puisards (RIS voie A et RIS voie B), chaque puisard RIS alimentant une voie du système RIS et la voie correspondante du système EAS.

présence d'air aurait pu conduire au désamorçage de la pompe correspondante lors du passage en recirculation, si le système de sauvegarde avait été sollicité lors d'une situation accidentelle.

En utilisant un capteur radar ou une colonne de niveau RIS ou EAS, tel que requis par le chapitre IX des RGE⁶, EDF vérifie le respect de la valeur minimale requise de niveau d'eau dans les puisards RIS et EAS au cours des EP RPR⁷ effectués en arrêt à chaud lors du redémarrage du réacteur après un arrêt pour renouvellement du combustible, puis périodiquement lors du fonctionnement en puissance. Lors du redémarrage du réacteur, en amont des EP RPR, pour garantir un niveau d'eau suffisant dans les puisards RIS et EAS et l'absence d'air à l'aspiration des pompes de sauvegarde, la ligne de défense mise en place par EDF est la ronde quotidienne, lors de laquelle le contrôle de niveau est effectué en utilisant un capteur radar, tel que recommandé par un guide d'exploitation applicable à l'ensemble des réacteurs du parc en exploitation. Il convient de noter à cet égard que le contrôle de niveau avec la colonne d'eau ne peut être réalisé qu'après avoir effectué un lignage particulier, qui inclut notamment l'ouverture de la vanne d'isolement du puisard. En revanche, aucun lignage spécifique n'étant nécessaire pour contrôler le niveau avec le capteur radar, ce contrôle est réalisé sans ouvrir au préalable la vanne d'isolement du puisard.

1. ÉVÉNEMENTS SURVENUS EN 2022 SUR DES RÉACTEURS DE 900 MWE

Lors de l'arrêt du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Gravelines pour renouvellement du combustible en 2022, le puisard EAS de la voie A est rempli en eau le 15 juillet, alors que le réacteur est dans le domaine d'exploitation RCD⁸. Néanmoins, deux jours plus tard, la voie A du circuit EAS est consignée et vidangée en aval de la vanne d'isolement du puisard, qui est maintenue fermée. À la fin des travaux, le remplissage en eau de la ligne n'est que partiel. Le 24 juillet, l'essai de requalification de la voie A du circuit EAS nécessite d'ouvrir la vanne d'isolement du puisard. Le puisard EAS de la voie A se vide alors dans la ligne d'aspiration de la pompe EAS correspondante.

Le 8 août au soir, le réacteur passe dans le domaine d'exploitation AN/RRA⁹ (la voie A de l'EAS est désormais requise disponible par les STE¹⁰), sans que l'écart ne soit détecté. Le 27 août, alors que le réacteur est en arrêt à chaud, l'agent de terrain relève dans le puisard EAS de la voie A, lors de sa ronde quotidienne, une valeur de niveau d'eau qu'il estime inférieure à la valeur minimale requise. Le 29 août, la garde d'eau du puisard est confirmée insuffisante par une mesure du niveau réalisée en local. Un appoint au puisard permet en fin de journée de retrouver la disponibilité de la voie A de l'EAS.

De même, lors de l'arrêt du réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Cruas pour renouvellement du combustible en 2022, la réalisation d'un essai nécessite d'ouvrir la vanne d'isolement du puisard EAS de la voie A et conduit à une baisse importante du niveau d'eau dans ce puisard due à une présence d'air dans la tuyauterie, en amont de la vanne d'isolement. Ce niveau est contrôlé par la suite le 19 septembre, alors que la voie A de l'EAS n'est pas encore requise. L'exploitant ayant, depuis début 2021, des doutes sur le comportement du capteur radar, la vérification est effectuée en suivant les indications de la colonne de niveau EAS et un appoint au puisard est effectué. Néanmoins, du fait d'une erreur de lecture de la colonne de niveau EAS, l'appoint est arrêté trop tôt, sans que l'écart ne soit détecté. L'analyse *a posteriori* des relevés effectués sur le capteur radar, dont la disponibilité a bien été vérifiée le 5 novembre 2022, a montré, pour le puisard EAS de la voie A, un niveau d'eau très légèrement supérieur au niveau requis le 20 septembre, puis en baisse, du fait de l'évaporation de l'eau, jusqu'au 1^{er} novembre 2022.

Le 23 septembre, le réacteur passe dans le domaine d'exploitation AN/RRA (la voie A de l'EAS est désormais requise disponible par les STE), alors que le niveau d'eau dans le puisard EAS de la voie A est très probablement

⁶ RGE : règles générales d'exploitation.

⁷ EP RPR : essai périodique du système de protection du réacteur.

⁸ RCD : réacteur complètement déchargé.

⁹ AN/RRA : arrêt normal sur le système de refroidissement à l'arrêt.

¹⁰ STE : spécifications techniques d'exploitation.

déjà inférieur à la valeur minimale requise. L'écart n'est, quant à lui, détecté que le 1^{er} novembre, lors de la réalisation de l'EP RPR en arrêt à chaud. Un appoint d'eau au puisard permet de retrouver la disponibilité de la voie A de l'EAS.

2. ÉVÉNEMENT SURVENU EN 2022 SUR UN RÉACTEUR DE 1300 MWE

Lors de l'arrêt du réacteur n° 4 de la centrale nucléaire de Cattenom pour renouvellement du combustible en 2022, les puisards RIS des voies A et B sont remplis en eau début avril, alors que le réacteur est dans le domaine d'exploitation RCD. Néanmoins, le rechargement du combustible en cuve ne commence que fin octobre. Durant ce laps de temps, les niveaux dans les puisards RIS évoluent à la baisse, du fait de l'évaporation de l'eau, sans qu'un appoint ne soit effectué.

Le 30 octobre, le réacteur passe dans le domaine d'exploitation APR¹¹ (une voie RIS et une voie EAS sont désormais requises disponibles par les STE). Lors du fonctionnement dans ce domaine d'exploitation, le contrôle des niveaux des puisards RIS lors des rondes quotidiennes n'est pas effectué, car non demandé par les documents utilisés en support. Le 4 novembre, un appoint est néanmoins effectué au puisard RIS de la voie A, à la suite d'une requalification.

Le 5 novembre, le réacteur passe dans l'état API EO¹² dans le cadre d'un chantier de fermeture directe de cuve (les deux voies RIS en recirculation sont désormais requises disponibles par les STE). Les rondes quotidiennes du 5 et du 6 novembre ne relèvent pas d'écart pour le puisard RIS de la voie B, car les documents utilisés en support ne précisent pas de valeur minimale requise pour le niveau d'eau dans le puisard. Néanmoins, l'analyse *a posteriori* des valeurs relevées lors de ces rondes met en évidence un niveau d'eau dans ce puisard inférieur au niveau requis. Le 7 novembre, l'agent de terrain qui effectue la ronde quotidienne connaît la valeur minimale de niveau requise dans un puisard RIS, car il a participé à l'essai de requalification en voie A du 4 novembre. Il alerte la salle de commande sur l'insuffisance de la garde d'eau du puisard RIS de la voie B et un appoint est effectué à ce puisard.

3. ANALYSE PROBABILISTE - RÉSULTATS ET ENSEIGNEMENTS

En utilisant ses propres modèles EPS de niveau 1¹³, la Direction de l'expertise en sûreté a estimé l'accroissement du risque de fusion du cœur induit par la garde d'eau insuffisante dans le puisard EAS de la voie A du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Gravelines, dans le puisard EAS de la voie A du réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Cruas et dans le puisard RIS de la voie B du réacteur n° 4 de la centrale nucléaire de Cattenom, lors du redémarrage de ces réacteurs en 2022. Dans les trois cas, l'accroissement du risque de fusion du cœur induit est supérieur au seuil au-delà duquel un événement est considéré précurseur¹⁴.

Outre les trois ESS analysés ci-dessus, d'autres écarts de niveau d'eau ont été constatés sur le parc en exploitation dans un puisard RIS ou EAS. À cet égard, il convient de rappeler l'ESS déclaré début 2021 sur le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Cruas, relatif à une garde d'eau insuffisante dans le puisard RIS de la voie B, analysé par l'IRSN dans l'avis [2], ainsi que l'ESS déclaré fin 2024 sur le réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Gravelines, relatif à une garde d'eau insuffisante dans le puisard RIS de la voie A. La baisse du niveau d'eau dans le puisard a été provoquée, dans le premier cas, par une erreur d'éventage des circuits à l'issue d'une intervention et, dans le second cas, par une vidange inopportune du puisard. Pendant plusieurs semaines ou plusieurs mois, les contrôles de niveau ont été effectués à l'aide du capteur radar et ceci n'a pas permis de

¹¹ APR : arrêt pour rechargement.

¹² API EO : arrêt pour intervention (API), circuit primaire entrouvert.

¹³ EPS : études probabilistes de sûreté. Les EPS de niveau 1 permettent d'estimer la fréquence annuelle de fusion du cœur d'un réacteur.

¹⁴ L'analyse probabiliste apporte des éléments chiffrés qui permettent de mieux appréhender la gravité des événements. Elle aide ainsi à hiérarchiser les priorités dans le traitement des événements, à évaluer la pertinence des actions de retour d'expérience et l'efficacité des mesures correctives. Elle permet également de relativiser l'importance de certains incidents ou de mettre en évidence des situations qui auraient pu ne pas être identifiées à risque. Un événement est dit « précurseur » lorsque son occurrence sur un réacteur induit un accroissement du risque de fusion du cœur supérieur à 10^{-6} par rapport à la valeur de référence. Parmi ces événements, les événements pour lesquels le surcroît de risque est supérieur à 10^{-4} font l'objet d'une attention particulière : l'exploitant définit un traitement spécifique et des délais de mise en œuvre des mesures correctives.

corriger les écarts. Dans le premier cas, le capteur radar fonctionnait correctement, mais, étant donné que ce type de contrôle ne nécessite pas de manœuvrer la vanne d'isolement du puisard, qui est alors maintenue fermée, l'erreur d'éventage n'a pu être détectée que par le premier contrôle de niveau par la colonne d'eau. Dans le second cas, la mesure du capteur radar était figée à une valeur haute, sans que l'exploitant ne s'en rende compte.

Le retour d'expérience met donc en évidence qu'une erreur de remplissage ou d'éventage des circuits à l'issue d'une intervention de maintenance réalisée peut conduire à emprisonner de l'air dans les lignes d'aspiration des pompes RIS ou EAS depuis les puisards. La première manœuvre en ouverture de la vanne d'isolement du puisard provoquera alors une baisse soudaine de la garde d'eau du puisard. Par ailleurs, une vidange inopportune d'un puisard lorsque le réacteur est déchargé ou un fonctionnement prolongé dans cette configuration d'exploitation sans qu'un appoint en eau au puisard ne soit effectué peut, lui aussi, induire une garde d'eau insuffisante dans ce puisard, et rendre ainsi indisponible une voie RIS et/ou EAS.

Dans certains états d'arrêt¹⁵, l'indisponibilité d'une voie RIS ou EAS ayant un impact significatif sur la sûreté, tel que mis en évidence par la présente analyse, la Direction de l'expertise en sûreté a estimé que les contrôles réalisés à l'aide d'un capteur radar lors de la ronde quotidienne recommandée par le guide d'exploitation sont insuffisants pour garantir, lors du redémarrage du réacteur, un niveau d'eau suffisant dans les puisards RIS et EAS et l'absence d'air à l'aspiration des pompes de sauvegarde.

EDF s'est alors engagé à initier, en complément, avant fin juin 2025, une modification documentaire visant à prescrire, avant chaque premier changement d'état standard dans lequel un puisard RIS ou EAS est requis, un contrôle du niveau d'eau avec la colonne de niveau visible et la vanne d'isolement du puisard ouverte, au moins jusqu'à ce que les réacteurs soient équipés de mesures de niveau radar pourvues d'alarmes permettant de détecter un figeage de la mesure. Enfin, EDF a prévu d'expérimenter un nouveau modèle de capteur de niveau des puisards RIS et EAS. Si ce nouveau modèle apporte satisfaction, EDF examinera au 2^{ème} semestre 2026 la possibilité de le déployer sur l'ensemble des réacteurs.

La Direction de l'expertise en sûreté estime que ces actions, qui sont de nature à assurer la disponibilité des puisards RIS et EAS lors du redémarrage des réacteurs, sont acceptables. Néanmoins, elle considère que le contrôle du niveau d'eau dans les puisards doit être réalisé avec la vanne d'isolement du puisard ouverte, quel que soit le moyen de mesure utilisé.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise en sûreté

¹⁵ Par exemple, l'API lorsque le circuit primaire n'est pas fermé ou l'arrêt à chaud lorsque le poste d'eau est consigné et vidangé.