

Monsieur le Directeur de la direction des centrales nucléaires

Fontenay-aux-Roses, le 14 novembre 2025

AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00111 DU 14 NOVEMBRE 2025

Objet : EDF – REP – Analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires – Période 2023-2024.

Références : [1] Saisine ASN – CODEP-DCN-2024-036399 du 6 décembre 2024.
[2] Avis IRSN n° 2023-00079 du 8 juin 2023.

Conformément à la saisine en référence [1], la Direction de l'expertise en sûreté de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) a caractérisé les tendances issues de l'analyse de l'ensemble des événements significatifs pour la sûreté, la radioprotection et l'environnement déclarés par Électricité de France (EDF) en 2023 et 2024 pour l'ensemble de son parc électronucléaire.

Pour ce qui concerne l'exploitation des réacteurs français, cette analyse vise à apprécier la sûreté des réacteurs du parc EDF en fonctionnement ; elle se fonde pour cela sur diverses données issues du suivi de l'exploitation des réacteurs d'EDF, ainsi que sur l'examen des enseignements tirés du retour d'expérience (REX) international de l'exploitation des réacteurs électronucléaires (données provenant principalement de l'AIEA¹ et de la NRC²).

L'évaluation de la Direction de l'expertise en sûreté présentée ci-après prend ainsi en compte, d'une part, l'ensemble des événements significatifs pour la sûreté (ESS), pour la radioprotection (ESR) et pour l'environnement (ESE) déclarés par EDF, d'autre part, les informations issues des rapports d'inspection de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)³ et des expertises de l'Institut de radioprotection et sûreté nucléaire (IRSN) menées dans le cadre du suivi de l'exploitation des réacteurs d'EDF.

Elle repose sur des méthodes et des outils d'analyse du REX qui permettent d'appréhender le contexte global dans lequel un événement s'est produit et de comprendre les différents facteurs qui en sont à l'origine et ceux qui ont permis sa maîtrise, qu'ils soient de nature matérielle, organisationnelle ou humaine. Cette analyse met en évidence des points de fragilité qui sont développés ci-après.

Les principales conclusions de l'analyse réalisée par la Direction de l'expertise en sûreté du REX de l'exploitation des réacteurs électronucléaires en matière de sûreté, de radioprotection et d'environnement sur la période considérée sont présentées ci-après.

¹ AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique.

² NRC : Nuclear Regulatory Commission (USA).

³ Au 1^{er} janvier 2025, l'ASN et l'IRSN ont fusionné pour devenir l'ASNR.

1. ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE EN FONCTIONNEMENT POUR L'ANNÉE 2024

Pour l'année 2024⁴, la Direction de l'expertise en sûreté a analysé l'ensemble des ESS déclarés par EDF, en s'appuyant sur des informations complémentaires issues, notamment, des inspections menées par l'ASN.

La prise en compte du REX international par EDF a également fait l'objet d'une expertise. Cette dernière n'appelle pas de commentaire de la part de la Direction de l'expertise en sûreté, qui la juge satisfaisante sur la période considérée.

L'analyse a en outre porté sur les thématiques suivantes :

- les événements précurseurs⁵ ;
- les données de fiabilité des pompes et moteurs RIS-BP⁶ et RIS-MP⁷ ainsi que des pompes EAS⁸ ;
- la dilution homogène du circuit primaire.

Les principales conclusions de l'analyse réalisée par la Direction de l'expertise en sûreté sont présentées ci-après.

1.1. BILAN DES ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS POUR LA SÛRETÉ

1.1.1. Bilan quantitatif des événements significatifs pour la sûreté

Le nombre d'ESS déclarés par EDF en 2024 (755) est en augmentation d'environ 6 % par rapport à 2023 ; cette évolution est associée à la mise en service de l'EPR de Flamanville. En déduisant les 50 ESS déclarés en 2024 par l'exploitant de l'EPR de Flamanville, le nombre d'ESS déclarés en 2024 est équivalent à celui de l'année 2023. En outre, au regard du nombre d'ESS déclarés sur la période 2017-2024, l'année 2024 ne présente pas de singularité.

En 2024, la proportion d'ESS de niveau 1 sur l'échelle INES⁹ (65 ESS) reste stable à environ 9 % du nombre total d'ESS déclarés. Parmi ces ESS, près de 25 % ont été déclarés par l'exploitant de l'EPR de Flamanville. Aucun ESS de niveau 2 sur l'échelle INES n'a été déclaré pour l'année 2024.

1.1.2. Analyse transverse des événements significatifs pour la sûreté

En premier lieu, après la gestion de la pandémie liée au COVID et la découverte d'endommagement par corrosion sous contrainte de tuyauteries connectées au circuit primaire, les années 2023 et 2024 sont deux années sans événement générique ayant un impact majeur pour l'exploitation du parc.

S'agissant de la mise en service de l'EPR de Flamanville, l'examen des événements significatifs pour la sûreté déclarés en 2024 montre un nombre important de déclarations d'événements. Ces événements mettent en exergue les difficultés inhérentes au démarrage d'une installation nouvelle, mais aussi les enjeux liés à l'appropriation du référentiel d'exploitation de ce réacteur. **Pour la Direction de l'expertise en sûreté, ce point doit continuer à faire l'objet d'une attention particulière.**

L'examen des indicateurs définis par la Direction de l'expertise en sûreté pour suivre dans le temps certaines catégories d'événements met notamment en évidence, pour l'année 2024, une dégradation de la maîtrise des fondamentaux de la conduite des réacteurs, que la mise en service de l'EPR de Flamanville n'explique pas complètement. **Bien qu'un projet « performance de la conduite » soit intégré au programme START 2025, les faiblesses déjà identifiées par le passé perdurent.** La Direction de l'expertise en sûreté constate également

⁴ L'année 2023 a été analysée dans le cadre de l'avis IRSN 2024-00137 du 27 septembre 2024.

⁵ La gravité d'un ESS peut être évaluée en quantifiant l'accroissement du risque de fusion du cœur induit par l'occurrence de l'événement. Lorsque l'accroissement du risque de fusion du cœur est supérieur à 10^{-6} par an, l'événement est qualifié de « précurseur ».

⁶ RIS-BP : système d'injection de sécurité – basse pression.

⁷ RIS-MP : système d'injection de sécurité – moyenne pression.

⁸ EAS : système d'aspersion dans l'enceinte de confinement.

⁹ INES : International Nuclear Event Scale. L'échelle internationale de classement des événements nucléaires, dite échelle INES, permet d'aider la population et les médias à comprendre immédiatement la gravité d'un incident ou d'un accident dans le domaine nucléaire. Cette échelle compte huit niveaux de gravité notés de 0 à 7. Un écart est classé en niveau 0, un incident nucléaire est classé en niveau 1 à 3, et un accident nucléaire en niveau 4 à 7.

une augmentation du nombre d'ESS survenus lors de réglages sensibles, dont certains sont imputables au manque de robustesse et d'ergonomie de l'application ESPACE¹⁰.

Pour les modifications temporaires des spécifications techniques d'exploitation (MT STE), des mesures compensatoires sont définies eu égard au caractère dérogatoire de l'installation par rapport à son référentiel de sûreté pendant leur période d'application. Or, un nombre important d'événements montre le non-respect de mesures compensatoires. Compte tenu de l'enjeu de sûreté associé à ces mesures, **la Direction de l'expertise en sûreté considère qu'il appartient à EDF de prendre des dispositions afin de mieux assurer leur respect.**

Dans son analyse événementielle, la Direction de l'expertise en sûreté a identifié un certain nombre d'ESS dont l'origine est la défaillance matérielle de composants du système de contrôle-commande « Controbloc » (KCO) des réacteurs de 1300 MWe. Ce sujet a déjà été évoqué dans l'avis de l'IRSN traitant du REX de l'année 2021 [2]. La persistance de ces événements interroge sur l'efficacité des plans d'actions successifs conduits par EDF. **L'évolution des défaillances d'origine matérielle du système KCO reste donc un sujet d'attention, et l'efficacité des plans d'actions associés doit continuer à faire l'objet d'une surveillance.**

Pour ce qui concerne les événements résultant de défauts de configuration de circuit, la Direction de l'expertise en sûreté a focalisé son attention sur les ESS en lien avec la pose de condamnations administratives (CA) qui assurent le maintien en position d'un organe nécessaire à la démonstration de sûreté et dont l'information de position n'est pas retransmise en salle de commande. **La Direction de l'expertise en sûreté considère que, bien que le nombre d'ESS en lien avec les CA reste faible au regard du nombre de poses et de déposes de CA par an, le processus de pose et de dépose des CA pourrait être amélioré.** EDF a pris des engagements dans ce sens afin d'améliorer l'efficacité des dispositifs d'immobilisation des organes soumis à une CA, d'accélérer la réduction du nombre des CA sur les organes difficilement contrôlables et de renforcer la maintenance des dispositifs de contrôle de la position des organes soumis à une CA. **La Direction de l'expertise en sûreté estime ces engagements adaptés.**

Enfin, les défaillances de matériels de systèmes de sauvegarde ont fait l'objet d'un examen particulier. L'examen des ESS afférents a montré une prépondérance des défaillances qui ont affecté les systèmes d'alimentation électrique de secours¹¹ et le système d'injection de sécurité, comme pour les années précédentes.

Par ailleurs, les inspections menées par l'ASN sur ces matériels mettent en évidence un sujet générique de pollution de l'huile des turbopompes du système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (TPS ASG). En effet, EDF constate régulièrement que l'huile dans les caisses à huile de ces turbopompes est trouble, du fait de la remontée de vapeur d'eau au niveau des paliers des TPS. Il s'agit d'un problème de conception de la fonction de collecte et de surchauffe des condensats du circuit vapeur des turbopompes. Compte tenu de l'importance des TPS ASG pour la sûreté, *a fortiori* depuis leur valorisation comme éléments du noyau dur sur les réacteurs de 1300 MWe, **la Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF apporte une solution matérielle pérenne à court terme pour les TPS ASG sujettes à la présence d'eau dans l'huile (cf. recommandation en annexe).**

Par ailleurs, lors d'inspections réalisées en 2023 et 2024, il a été observé que des échafaudages pouvaient rester installés au-dessus ou à proximité de systèmes de sauvegarde pendant de longues périodes. **Compte tenu des difficultés du maintien de la conformité des échafaudages dans le temps et que certains échafaudages peuvent rester en place pendant une longue période, la Direction de l'expertise en sûreté estime que la pose d'échafaudages au-dessus des matériels redondants devrait être évitée, en particulier lorsque ceux-ci sont valorisés sur le chemin sûr**¹².

¹⁰ ESPACE est l'application informatique utilisée par les CNPE et les services centraux d'EDF dans le cadre des essais physiques prescrits par le chapitre X des RGE pour l'ensemble du parc nucléaire français.

¹¹ Groupe électrogène à moteur Diesel et turbine à combustion.

¹² Chemin sûr : enchaînement d'actions de conduite associées à une liste de matériels dont l'efficacité et la suffisance pour ramener un réacteur électronucléaire depuis une situation d'accident définie vers un « état sûr » sont démontrées.

1.2. ÉVÉNEMENTS PRÉCURSEURS

La gravité d'un ESS peut être évaluée en quantifiant l'accroissement du risque de fusion du cœur induit par l'occurrence de l'événement. Lorsque l'accroissement du risque de fusion du cœur est supérieur à 10^{-6} par an, l'événement est qualifié de « précurseur ». Cette méthode d'analyse, où l'estimation du risque est réalisée au moyen des études probabilistes de sûreté (EPS) en prenant en compte l'état réel de l'installation, est utilisée en complément des méthodes classiques d'analyse du REX afin de caractériser la gravité d'un événement.

Ainsi, la Direction de l'expertise en sûreté a identifié 13 ESS précurseurs ayant affecté les réacteurs entre le 1^{er} juillet 2022 et le 30 juin 2023, ce qui représente un peu moins de 2 % des ESS déclarés pendant la même période.

Malgré le fait que, depuis septembre 2022, EDF a mis en place une nouvelle organisation pour améliorer l'identification des événements précurseurs, ce processus, bien qu'en amélioration, reste perfectible. En effet, plusieurs événements dont les conséquences sur la sûreté ont été estimées significatives par la Direction de l'expertise en sûreté ne sont pas retenus dans le programme précurseur d'EDF. Pour ces derniers, les échanges techniques initiés par la Direction de l'expertise en sûreté ont été plus approfondis que lors des exercices précédents et ont conduit EDF à prendre un certain nombre d'engagements visant à améliorer la sûreté.

1.3. DONNÉES DE FIABILITÉ DES POMPES ET MOTEURS RIS-BP ET RIS-MP ET DES POMPES EAS

Dans le cadre de la présente expertise, la Direction de l'expertise en sûreté a examiné la déclinaison de la méthodologie d'EDF pour l'élaboration des données de fiabilité aux pompes des systèmes RIS et EAS et aux moteurs du système RIS. Cette méthodologie permet à EDF d'évaluer les taux de défaillance des équipements, au démarrage ou en fonctionnement, en distinguant les défaillances indépendantes et par mode commun.

L'augmentation du nombre de défaillances observées sur les pompes RIS-MP dans les notes de suivi annuel d'EDF constitue un point de vigilance, malgré le caractère conservatif des données issues de ces notes.

De manière générale, EDF continue ses actions visant à améliorer la collecte des anomalies survenant sur les matériels, au niveau des sites. Des améliorations organisationnelles sont également définies pour réduire les délais de mise à jour des données de fiabilité. Enfin, la Direction de l'expertise en sûreté considère que les réflexions visant à quantifier la fiabilité des fonctions de sûreté dans leur globalité doivent être poursuivies (par exemple la fiabilité de la fonction injection de sécurité, en distinguant le fonctionnement en injection directe et en recirculation).

1.4. DILUTION HOMOGÈNE

Une dilution du circuit primaire est qualifiée de dilution « homogène » lorsque la diminution de la concentration en bore est identique dans tout le circuit primaire du fait de la circulation forcée obtenue par le fonctionnement des pompes primaires. Le bore étant neutrophage, sa disparition conduit à une insertion progressive de la réactivité.

Sur la période étudiée, l'analyse réalisée par la Direction de l'expertise en sûreté montre une maîtrise globale du risque de dilution homogène par les sites. Toutefois, les deux événements survenus, ayant conduit à une dilution homogène involontaire avec des conséquences limitées, rappellent l'importance de maintenir une organisation robuste lors des opérations de dilution/borication, qui constituent à la fois des opérations sensibles et courantes.

2. ÉVALUATION DE LA RADIOPROTECTION DES TRAVAILLEURS

L'analyse menée sur le thème de la radioprotection vise, pour l'année 2023, d'une part à établir les évolutions des doses reçues par les travailleurs ainsi que les bilans des événements et de la maîtrise de la propreté radiologique sur les sites, d'autre part à évaluer l'efficacité des actions mises en œuvre par EDF suite aux précédentes expertises. Pour l'année 2024, seules les premières tendances sont explicitées.

La Direction de l'expertise en sûreté souligne, concernant l'année 2023, la hausse de la dose collective et de la dose individuelle moyenne. Elle s'explique par l'augmentation du volume de certaines activités (examens non destructifs, épreuves hydrauliques et interventions de chaufferie).

Par ailleurs, le nombre de déclarations d'événements significatifs pour la radioprotection poursuit la tendance à la baisse amorcée depuis 2020.

En particulier, l'analyse des événements significatifs pour l'année 2023 montre une amélioration sur certaines thématiques telles que le processus zone orange, la propreté radiologique et les contaminations des voiries. En revanche, aucun progrès n'est observé sur les thématiques des tirs radiographiques, des contaminations corporelles et de gestion des sources, et une augmentation du nombre d'ESR est constatée sur les thématiques des zones rouges et des défauts de port de dosimètre en zone contrôlée.

Pour l'année 2024, les premières tendances font ressortir deux points de vigilance : les ESR relatifs aux zones rouges et les ESR classés INES 1 et 2.

Dans ce contexte, le plan d'actions national de redressement du management de la radioprotection, engagé à la fin de l'année 2020 et élaboré à partir des résultats de l'année 2019, reste pleinement d'actualité. En effet, il est essentiel que les fondamentaux de la radioprotection soient partagés et mis en œuvre par l'ensemble des intervenants, qui, pour une partie d'entre eux, sont des primo-intervenants impliqués dans le déploiement de l'ambitieux programme industriel d'EDF, avec notamment la réalisation des modifications relevant du quatrième réexamen périodique des réacteurs, ou dans des chantiers à fort enjeu dosimétrique.

En tout état de cause, cette réappropriation des fondamentaux de la radioprotection nécessitera, de la part d'EDF, de poursuivre son engagement, ainsi que le suivi et l'accompagnement de ses partenaires industriels.

3. IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU PARC EN FONCTIONNEMENT

Pour l'impact environnemental du parc en fonctionnement, le nombre d'ESE a augmenté en 2024 par rapport aux deux précédentes années. Il reste inférieur au nombre d'ESE annuel moyen sur la période 2018-2024. Comme pour les précédentes années, les réacteurs de 1300 MWe sont concernés par un plus grand nombre de déclarations en raison notamment des émissions, au-delà des limites de rejet autorisées, de gaz à effet de serre tels que le SF₆ et les fluides frigorigènes.

Dans le cadre de la présente expertise, la Direction de l'expertise en sûreté a analysé l'impact sur la sûreté des fuites de fluides frigorigènes contenus dans des groupes froids utilisés en tant que supports de systèmes de sauvegarde. Cette analyse conclut que l'impact sûreté de ces fuites reste modéré tant que la détection de la fuite est rapide et que la réparation des groupes est effectuée dans les délais prescrits par les STE. Par ailleurs, l'analyse des EIE¹³ et des ESE met en évidence que des non-qualités, en particulier lors des opérations de maintenance ou de remplacement des groupes froids, conduisent à de telles fuites.

L'analyse réalisée par la Direction de l'expertise en sûreté des événements significatifs relatifs au confinement liquide¹⁴ ne montre pas d'évolution notable depuis plusieurs années, mais identifie des événements marquants en raison de leur impact sur l'environnement. **Des actions sont nécessaires pour améliorer la maîtrise des systèmes de confinement liquide en exploitation.** Cette problématique a fait l'objet d'un suivi particulier par l'ASNR au titre des suites des inspections renforcées sur cette thématique menées en 2024.

¹³ EIE : événement intéressant pour l'environnement.

¹⁴ Le confinement liquide rassemble les systèmes et les matériels qui représentent une barrière ultime avant le déversement potentiel d'un liquide dangereux (au sens de l'arrêté INB) dans l'environnement.

4. CONCLUSION

L'analyse par la Direction de l'expertise en sûreté du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs d'EDF a pour objectif d'évaluer la prise en compte par EDF du REX d'exploitation des réacteurs du parc français et international en se fondant sur les déclarations d'événements significatifs pour la sûreté, la radioprotection et l'environnement, ainsi que sur les rapports d'inspection de l'ASN et des expertises menées par ailleurs.

En matière de sûreté, l'examen des événements significatifs pour la sûreté déclarés en 2024 montre une augmentation de leur nombre, expliquée principalement par la mise en service de l'EPR de Flamanville. À cet égard, après le chargement du combustible de l'EPR de Flamanville, des difficultés inhérentes au démarrage d'une installation nouvelle mais aussi à l'appropriation du référentiel d'exploitation de ce réacteur ont été mises en évidence.

Par ailleurs, un sujet générique concernant une pollution de l'huile des turbopompes du système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur est mis en évidence. Compte tenu de leur importance pour la sûreté, *a fortiori* depuis leur valorisation comme éléments du noyau dur sur les réacteurs de 1300 MWe, **la Direction de l'expertise en sûreté considère qu'une solution matérielle pérenne doit être mise en œuvre à court terme.**

En matière de radioprotection, la Direction de l'expertise en sûreté souligne des points de vigilance, notamment concernant la maîtrise des accès en zones rouges et le port des dosimètres en zone contrôlée.

En matière d'environnement, les résultats restent dans la continuité des années précédentes avec une part importante des réacteurs de 1300 MWe dans les déclarations d'événements dus à des émissions de gaz à effet de serre tels que le SF₆ et les fluides frigorigènes. Concernant les émissions de fluides frigorigènes, la Direction de l'expertise en sûreté relève que des non-qualités, en particulier lors des opérations de maintenance ou de remplacement des groupes froids, conduisent à de telles fuites. Enfin, des actions sont nécessaires pour améliorer la maîtrise des systèmes de confinement liquide en exploitation dont la problématique fait l'objet d'un suivi par l'ASNR au titre des suites des inspections renforcées sur cette thématique menées en 2024.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise en sûreté



Frédérique
PICHEREAU
2025.11.14
13:24:01 +01'00'

ANNEXE

Recommandation de la Direction de l'expertise en sûreté

La Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF apporte une solution matérielle pérenne à court terme pour les TPS ASG sujettes à la présence d'eau dans l'huile.