

Monsieur le Directeur de la Direction des centrales nucléaires

Fontenay-aux-Roses, le 25 mars 2026

AVIS D'EXPERTISE N° 2026-00032 DU 25 MARS 2026

Objet : EDF - REP – Réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe – Examen des modifications matérielles et intellectuelles et des dossiers d'amendement des règles générales d'exploitation associés à la phase B complément.

Références :

- [1] Décision n° 2021-DC-0706 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 23 février 2021.
- [2] Courrier ASN - CODEP-DCN-2021-007988 du 4 mars 2021.
- [3] Avis IRSN n° 2019-00042 du 1^{er} mars 2019.
- [4] Avis IRSN n° 2020-00207 du 18 décembre 2020.
- [5] Avis IRSN n° 2023-00048 du 31 mars 2023.
- [6] Courrier ASN – CODEP-DCN-2019-019878 du 31 mai 2019.
- [7] Courrier ASN – CODEP-DCN-2021-005009 du 7 mai 2021.
- [8] Courrier ASN – CODEP-DCN-2023-049764 du 15 septembre 2023.
- [9] Saisine ASNR - CODEP-DCN-2025-011255 du 12 septembre 2025.
- [10] Avis IRSN n° 2023-00056 du 20 avril 2023.
- [11] Avis IRSN N° 2024-00165 du 19 novembre 2024.

Pour répondre aux objectifs associés au quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe du palier CPY (RP4 900), EDF a engagé un ensemble d'études, à l'issue desquelles il a défini les dispositions à mettre en œuvre dans le cadre du quatrième réexamen de chacun des réacteurs concernés. L'engagement de la troisième et dernière phase de déploiement des dispositions dites du « noyau dur » (ND), mises en œuvre en réponse aux prescriptions de l'Autorité de sûreté nucléaire émises en 2012 à la suite de l'accident survenu sur la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi au Japon en 2011, s'inscrit également dans le cadre de ce réexamen.

Le périmètre de ce quatrième réexamen est donc plus étendu que celui des réexamens précédents. De ce fait, EDF a défini une stratégie spécifique de déploiement des modifications associées à ce réexamen. EDF considère que cette stratégie permet de maîtriser le volume des travaux pour l'ensemble du parc électronucléaire et d'échelonner la formation du personnel sur site aux modifications apportées.

Ainsi, EDF avait initialement prévu un déploiement des modifications en deux phases distinctes, dites phase « A » et phase « B », les modifications de la phase A devant être exploitables au redémarrage du réacteur suivant sa visite décennale alors que celles de la phase B doivent être déployées au plus tard lors du deuxième arrêt pour renouvellement du combustible du type « visite partielle » après la visite décennale, soit au plus tard quatre ans après cette visite décennale.

Les modifications de la phase B comprenaient initialement les modifications issues de la déclinaison des niveaux de référence WENRA¹ associés à la prise en compte des agressions internes et externes, les dispositions matérielles du « noyau dur » non implantées en phase A (notamment le système ASG-ND² et le réseau fixe d'appoint en eau ultime nécessaire à la maîtrise des situations accidentelles dans la piscine BK³), la conduite permettant de prévenir la fusion du cœur en situation noyau dur (dite conduite ND), ainsi que les modifications permettant d'assurer la robustesse de l'installation en situation d'agressions extrêmes.

À l'issue de l'expertise des études génériques, des modifications supplémentaires (issues d'engagements d'EDF, de prescriptions techniques [1] et de demandes de l'ASN [2]) ont été jugées nécessaires pour l'atteinte des objectifs associés au RP4 900. Le périmètre de la phase B a ainsi été complété. Toutefois, la totalité de ces modifications ne pouvant pas être incluse dans la phase B compte tenu de la programmation des premières visites décennales, le solde des engagements d'EDF, des prescriptions techniques et des demandes de l'ASN, sera déployé lors d'une troisième phase dite « phase B complément ». Cette « phase B complément » sera déployée sur les réacteurs lors du troisième arrêt pour renouvellement du combustible du type « visite partielle » après leur visite décennale pour les sept premiers réacteurs qui ont déjà réalisé leur visite décennale. Pour les autres réacteurs, les modifications de la « phase B complément » seront intégrées à la phase B.

Pour rappel, les modifications des phases A et B ont été expertisées par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) ([3], [4] et [5]) et l'ASN a délivré les autorisations en références [6], [7] et [8].

Conformément à la saisine en référence [9], la Direction de l'expertise en sûreté de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection⁴ (ASNR) a examiné le caractère acceptable pour la sûreté du dossier d'amendement (DA) comprenant les modifications de la « phase B complément » de la VD4 900 pour les réacteurs électronucléaires de 900 MWe du palier CPY exploités en gestion de combustible « Parité MOX⁵ », soumis à autorisation par EDF le 11 décembre 2024, conformément aux dispositions de l'article R.593-56 du code de l'environnement. Le début des travaux associés au déploiement de ce DA est prévu durant l'arrêt du réacteur n° 3 du centre nucléaire de production d'électricité du Tricastin, tête de série, au mois d'août 2026, sous réserve de l'obtention de l'autorisation de l'ASNR.

Le dossier d'EDF comprend des modifications matérielles et intellectuelles, auxquelles sont associées des modifications documentaires relevant des chapitres III⁶, VI⁷ et IX⁸ des règles générales d'exploitation (RGE), ainsi que des modifications temporaires des STE nécessaires au déploiement des modifications matérielles.

Le présent avis présente les conclusions de la Direction de l'expertise en sûreté concernant l'analyse du dossier d'EDF. Il intègre les éléments apportés par EDF et les engagements pris au cours de l'expertise.

1. MODIFICATIONS MATÉRIELLES

1.1. COMMANDE NOYAU DUR DES VANNES RÉGLANTES ASG⁹ DEPUIS LA SALLE DE COMMANDE

En phase B, la disposition « ASG-ND » a été mise en place sur les réacteurs de 900 MWe. Elle permet notamment d'assurer, pendant 15 jours, dans les situations de perte totale de la source froide et/ou de perte totale des alimentations électriques consécutives à des agressions externes d'intensité ND, dites situations ND, l'alimentation en eau des générateurs de vapeur (GV) afin de permettre le refroidissement du cœur et l'évacuation de la puissance résiduelle par le circuit secondaire.

¹ Western European Nuclear Regulators Association.

² Système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur en situation noyau dur.

³ Bâtiment combustible.

⁴ Au 1^{er} janvier 2025, l'ASN et l'IRSN sont devenus l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection.

⁵ Cela concerne les réacteurs du palier CPY à l'exception des quatre réacteurs de la centrale nucléaire de Cruas et des réacteurs n° 3 et n° 4 de la centrale nucléaire du Blayais.

⁶ Spécifications techniques d'exploitation (STE).

⁷ Conduite incidentelle et accidentelle (CIA).

⁸ Essais périodiques (EP).

⁹ Système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur.

La conduite ND associée à cette disposition prévoyait initialement de régler le débit entrant dans les GV par des arrêts et démarrages successifs de la motopompe du système ASG, l'alimentation en air des vannes permettant de régler ce débit (dites « vannes réglantes ASG ») étant automatiquement coupée afin de les mettre en position de sécurité ouverte en situation ND. À l'issue de l'expertise du DA VD4 CPY phase B [5], EDF s'est engagé à mettre en œuvre un moyen pour pouvoir manœuvrer les vannes réglantes ASG depuis la salle de commande pendant les premières heures d'une situation ND. Ceci fait l'objet de la présente modification.

Ainsi, EDF prévoit d'ajouter une réserve d'air et un circuit d'alimentation en air permettant d'alimenter en situation ND les vannes réglantes ASG et de pouvoir les manœuvrer depuis la salle de commande. La chaîne de commande de ces vannes entre la salle de commande et les vannes, ainsi que les mesures de débit ASG seront également rendues opérationnelles en situation ND. De plus, EDF ajoute et valorise des commutateurs permettant d'inhiber certains ordres du système de protection du réacteur. En effet, ces ordres n'étant pas qualifiés pour les situations ND, ils pourraient venir perturber la conduite ND.

Les dispositions mises en œuvre pour qualifier les nouveaux matériels aux situations ND n'ont pas appelé de remarque de la part de la Direction de l'expertise en sûreté.

De plus, EDF prévoit de réaliser des essais de requalification afin de s'assurer du bon fonctionnement des nouveaux matériels et des matériels modifiés. En particulier, un essai sur le réacteur tête de série sera réalisé afin de s'assurer de la capacité des vannes à manœuvrer dans les douze premières heures suivant une situation ND.

Enfin, compte tenu des engagements pris par EDF lors de l'expertise, les évolutions des chapitres III et IX des RGE n'appellent pas de remarque de la part de la Direction de l'expertise en sûreté.

Ainsi, la Direction de l'expertise en sûreté considère que la modification « Commande noyau dur des vannes réglantes ASG depuis la salle de commande », telle que soumise à autorisation et complétée au cours de l'expertise, ne génère pas de régression de la sûreté.

1.2. MISE EN PLACE D'UNE POMPE DE SECOURS DE L'INJECTION AUX JOINTS DES POMPES PRIMAIRES

1.2.1. Objectif et description de la modification

Actuellement, pour l'ensemble des réacteurs du palier CPY en exploitation, en situation de perte totale des alimentations électriques, l'injection aux joints des pompes primaires (IJPP), réalisée par les pompes de charge RCV¹⁰, est interrompue. L'IJPP est ensuite rétablie en moins de deux minutes à la suite du démarrage de la pompe de test (aussi appelée pompe RIS 11 PO). Cette pompe de test est commune à une paire de réacteurs et est alimentée par le diesel d'ultime secours (DUS¹¹).

Afin de disposer de lignes de défense supplémentaires en situation ND, la présente modification, mise en œuvre dans le cadre de la VD4 phase B complément, consiste à remplacer la pompe de test actuelle par deux nouvelles pompes qualifiées pour les situations ND, dites PIJ-ND (pour pompe d'injection aux joints – Noyau Dur), soit une par réacteur. Chaque PIJ-ND est conçue pour délivrer un débit constant de 6,4 m³/h à des pressions de refoulement élevées, allant de 180 à 243 bar abs.

La PIJ-ND permet ainsi d'assurer, en situation de perte totale des alimentations électriques, la reprise de l'IJPP sous deux minutes, et d'injecter, en situation ND, de l'eau borée dans le circuit primaire lorsque celui-ci est à haute pression, afin de maîtriser la réactivité du cœur et de participer au maintien de l'inventaire en eau de ce circuit. En outre, à l'instar de la pompe de test actuelle, en fonctionnement normal, la PIJ-ND permet le remplissage et l'appoint des accumulateurs RIS¹², ainsi que la réalisation tous les dix ans de l'épreuve hydraulique du circuit primaire.

Les deux PIJ-ND seront installées dans le local où est actuellement implantée la pompe de test. Le nouvel apport thermique induit par l'installation des deux PIJ-ND dans le même local et le requis de fonctionnement en situation noyau dur conduisent EDF à modifier le système de ventilation existant. Ainsi, EDF prévoit de remplacer le

¹⁰ Système de contrôle chimique et volumétrique.

¹¹ Chaque réacteur dispose de son propre DUS.

¹² Système d'injection de sécurité.

ventilateur actuellement utilisé pour refroidir le local de la pompe de test par deux ventilateurs, chacun démarrant lorsque la PIJ-ND à laquelle il est asservi sera mise en fonctionnement. De plus, l'armoire électrique alimentant la pompe de test sera remplacée par deux armoires, une par PIJ-ND, situées dans le couloir jouxtant le local.

Pour une paire de réacteurs donnée, le déploiement de la PIJ-ND sera réalisé en trois phases successives, qui comprennent respectivement :

- les travaux prévus pour chaque réacteur lorsqu'il est en fonctionnement, les activités afférentes étant décrites dans un dossier à déclaration ;
- les travaux prévus lors de l'arrêt du premier réacteur de la paire, au cours duquel sera installée la première PIJ-ND tandis que la pompe de test sera raccordée uniquement au second réacteur ;
- les travaux prévus lors de l'arrêt du second réacteur de la paire, au cours duquel la seconde PIJ-ND sera installée et la pompe de test sera déposée.

1.2.2. Analyse de la Direction de l'expertise en sûreté

EDF a précisé au cours de l'expertise que des contrôles supplémentaires à ceux strictement requis au titre de l'application des normes européennes seront réalisés lors de la fabrication des PIJ-ND afin de garantir un meilleur niveau de qualité que ce que garantissent ces normes, ce qui est satisfaisant. De plus, la PIJ-ND sera testée régulièrement sur chaque site au titre des EP afin de garantir son bon fonctionnement.

De même, EDF a précisé au cours de l'expertise que le taux de contrôle des soudures circulaires présentes sur les tuyauteries ajoutées dans le cadre de la mise en œuvre de la PIJ-ND sera supérieur à celui requis au titre des normes appliquées et que toutes les soudures bout à bout¹³ feront l'objet soit d'une épreuve hydraulique, soit d'un contrôle volumique, ce qui est également satisfaisant.

Par ailleurs, en cas de fonctionnement sans exutoire de la PIJ-ND en configuration de remplissage des accumulateurs, la pression dans les lignes de remplissage pourrait augmenter jusqu'à une valeur supérieure à la pression retenue pour le dimensionnement de ces lignes. EDF a toutefois apporté au cours de l'expertise des éléments montrant que les caractéristiques des tuyauteries concernées et la conception des robinets équipant ces lignes sont compatibles avec un tel niveau de pression, et il a indiqué que la nouvelle procédure de remplissage des accumulateurs sera élaborée de façon à garantir que l'éventuelle sollicitation de la soupape « basse pression » est très limitée dans le temps.

En complément, EDF prévoit de réaliser de nombreux essais de requalification afin de s'assurer du bon fonctionnement des nouveaux matériels installés et des matériels modifiés. Les essais prévus n'appellent pas de remarque de la part de la Direction de l'expertise en sûreté.

Concernant les températures atteintes dans le local abritant les PIJ-ND en situation noyau dur, l'air chaud sortant de ce local traverse le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) avant d'être réinjecté, via les ventilateurs asservis aux PIJ-ND, dans le local des PIJ-ND, sans refroidissement (fonctionnement dit en recirculation). Afin de vérifier le bon dimensionnement du système de ventilation du local des PIJ-ND, EDF avait initialement réalisé une étude thermique en considérant que le flux d'air chaud sortant du local des PIJ-ND se mélangeait de manière homogène dans un volume considérant plusieurs locaux du BAN, hypothèse jugée peu réaliste par la Direction de l'expertise en sûreté. En considérant ensuite un volume plus restreint, EDF a réévalué les températures atteintes dans les locaux et montré que celles-ci restaient inférieures de plusieurs degrés aux valeurs des températures admissibles par les équipements de la PIJ-ND.

La démonstration de la qualification de la PIJ-ND et de son moteur s'appuie sur des essais et des calculs. À l'issue de son expertise, la Direction de l'expertise en sûreté considère que la qualification de la PIJ-ND et de son moteur à l'ambiance dégradée et au séisme de niveau noyau dur est acquise. De même, EDF a démontré la qualification au séisme de niveau noyau dur des ventilateurs et des armoires d'alimentation électrique, ces dernières étant également qualifiées à l'ambiance dégradée.

¹³ Procédé de soudage consistant à chauffer les extrémités métalliques de deux tuyauteries jusqu'à ce qu'elles fondent, puis à les fusionner.

La mise en place de la PIJ-ND s'accompagne d'évolutions des chapitres III et IX des RGE. Compte tenu des engagements pris par EDF au cours de l'expertise, et notamment celui d'ajouter un critère RGE de groupe B¹⁴ relatif à la vérification de la performance des ventilateurs associés aux deux PIJ-ND afin de permettre de détecter une éventuelle dégradation progressive du débit de ventilation, et de vérifier sur le réacteur tête de série que le fonctionnement de la ventilation générale du BAN, qui est en service lors des EP mais hors service en situation ND, n'a pas d'impact sur les débits des ventilateurs du local PIJ-ND, la Direction de l'expertise en sûreté considère que ces évolutions sont acceptables.

Ainsi, la Direction de l'expertise en sûreté estime que la modification « Mise en place d'une pompe de secours de l'injection aux joints des pompes primaires », telle que soumise à autorisation et complétée au cours de l'expertise, ne génère pas de régression de la sûreté.

2. MODIFICATION INTELLECTUELLES

2.1. THÉMATIQUE AGRESSIONS

Le système de ventilation et de filtration de la salle de commande (DVC), qui assure notamment le conditionnement thermique de la salle de commande et des locaux adjacents contenant du matériel électronique, est équipé d'une batterie chaude ayant pour fonction de réchauffer l'air entrant dans le système de ventilation DVC. EDF souhaite supprimer cette batterie chaude et le capteur de température associé de la liste des équipements de dispositifs agression (EDA)¹⁵ au regard de l'agression grand froid, ce qui lui permettrait de relaxer certaines exigences en exploitation relatives à ces matériels. Pour justifier cette suppression, EDF a transmis une étude thermique qui montre que la disponibilité des matériels présents dans les locaux ventilés par le système DVC n'est pas remise en cause en cas de grand froid même lorsque la batterie chaude ne fonctionne pas. Toutefois, la Direction de l'expertise en sûreté a constaté, pour certains locaux, l'absence de marge ou une faible marge entre la température atteinte dans les locaux et la température minimale permettant le fonctionnement de l'ensemble des matériels nécessaires en situation de grand froid et abrités dans ces locaux. À la fin de l'expertise, EDF a présenté une nouvelle étude qui montre que la valorisation de l'apport thermique de certains équipements conduit à des températures acceptables dans les locaux avec des marges d'au moins 7°C. **Ainsi, la Direction de l'expertise en sûreté considère acceptable la suppression de la batterie chaude et du capteur de température associé de la liste des EDA.**

2.2. CONDUITE NOYAU DUR

La conduite noyau dur a été intégrée par EDF dans le chapitre VI des RGE lors de la VD4 900 phase B pour les domaines d'exploitation RP¹⁶ et AN/GV¹⁷. La conduite pour assurer le repli du réacteur s'appuie alors sur une stratégie dite « conduite dure », basée sur un refroidissement et une dépressurisation rapides du circuit primaire afin d'atteindre les conditions permettant l'injection d'eau borée à basse pression.

Dans le cadre de la VD4 phase B complément, EDF introduit une stratégie dite « conduite douce », basée sur un refroidissement lent du circuit primaire, rendue possible par l'installation de la PIJ-ND (voir §1.2.1). La vitesse de refroidissement est ajustée de telle sorte que la contraction du volume d'eau primaire soit compensée par l'appoint en eau borée injecté dès le début du transitoire par la PIJ-ND. Cette stratégie permet d'augmenter la marge à la criticité et ainsi de couvrir les configurations de chute partielle des grappes de contrôle.

Concernant la couverture des cas de brèches primaires, EDF a vérifié au cours de l'expertise l'existence d'une marge à la criticité du cœur en présence d'une brèche primaire compensable par la PIJ-ND. De plus, EDF s'est engagé à introduire un critère de réorientation de la conduite douce vers la conduite dure pour garantir le repli du réacteur quelle que soit la taille de brèche considérée, ce qui est satisfaisant.

¹⁴ Sont classés en groupe B les critères d'essais dont l'évolution est caractéristique de la dégradation d'un équipement ou d'une fonction sans que pour cela ses performances ou sa disponibilité soient, après analyse, systématiquement remises en cause pendant la durée de la mission.

¹⁵ Un équipement de disposition agression est un équipement actif nécessaire à la démonstration de sûreté des agressions.

¹⁶ Réacteur en production.

¹⁷ Arrêt normal sur les générateurs de vapeur.

Par ailleurs, cette modification intellectuelle prévoit également d'intégrer d'autres évolutions des RGE en lien avec la thématique « noyau dur », en particulier la mise à jour des informations nécessaires à la conduite post-accidentelle noyau dur et des EP associés, et l'augmentation de l'autonomie en carburant du DUS.

Compte tenu des évolutions proposées et des engagements pris par EDF lors de l'expertise, les évolutions des chapitres III, VI et IX des RGE n'appellent plus de remarque de la part de la Direction de l'expertise en sûreté.

Ainsi, la Direction de l'expertise en sûreté considère que la modification « Conduite noyau dur », telle que soumise à autorisation et complétée au cours de l'expertise, ne génère pas de régression de la sûreté et permet d'améliorer notablement la gestion des situations ND.

2.3. DOMAINE COMPLÉMENTAIRE

2.3.1. Scénario de perte du tableau de puissance 6,6 kV en voie A et de la pompe RCV en voie B

Sur les réacteurs de 900 MWe, les trois pompes de charge du système RCV assurent les fonctions d'injection de sécurité à haute pression, de borication normale et d'injection aux joints n° 1 des groupes motopompes primaires. Ainsi, la défaillance des trois pompes RCV (perte des deux pompes en voie A consécutive à la défaillance du tableau électrique de 6,6 kV LHA et perte de la troisième pompe en voie B) dans les états pressurisés du circuit primaire induit la perte simultanée des fonctions d'appoint au circuit primaire et de maîtrise de la réactivité. Elle induit également une perte d'inventaire en eau du circuit primaire via les lignes de retour des joints en l'absence d'injection aux joints.

Dans le cadre de la VD4 phase B, pour gérer ce transitoire, EDF a introduit des modifications dans la règle de conduite « État conduite primaire » ECP 1¹⁸ du chapitre VI des RGE. Ces modifications consistent principalement à assurer la maîtrise de l'inventaire en eau du circuit primaire, à l'aide de la pompe de test et du soutirage excédentaire¹⁹, et à stabiliser le réacteur. Elles ont fait l'objet d'une expertise de l'IRSN [10].

En VD4 phase B complément, EDF introduit dans la démonstration de sûreté la disposition complémentaire (DC) « appoint au primaire par la PIJ-ND en mode IJPP » qui valorise notamment :

- l'appoint au circuit primaire par la disposition PIJ-ND en mode IJPP ;
- la régulation du niveau pressuriseur par la mise en et hors service du soutirage excédentaire.

Ceci a amené EDF à modifier le chapitre VI des RGE, notamment pour mentionner l'utilisation de la PIJ-ND en lieu et place de la pompe de test et pour ajouter, dans la règle « États des fonctions chaudière » EFC²⁰, la mise hors service du soutirage excédentaire lors de la baisse de charge du réacteur alors que la PIJ-ND n'a pas encore été mise en service.

Pour ce qui concerne le scénario de perte du tableau LHA et de la pompe RCV voie B, la Direction de l'expertise en sûreté considère que la mise en œuvre de cette disposition complémentaire permet d'améliorer la gestion de la situation. EDF s'est en outre engagé à quantifier, par les études probabilistes de sûreté, l'apport de l'efficacité de cette disposition complémentaire dans le cadre de la VD5 900, ce qui est satisfaisant.

Néanmoins, la Direction de l'expertise en sûreté considère que la modification de la règle EFC ayant pour objectif d'anticiper l'isolement du soutirage excédentaire aurait dû être réalisée dans la règle ECP1, et ce uniquement sur la base d'une étude démontrant sa nécessité.

Aussi, la Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF évalue, par une étude thermo-hydraulique, la nécessité de l'anticipation de l'isolement du soutirage excédentaire avant l'atteinte du critère de 10 % de niveau du pressuriseur figurant dans la règle ECP 1 (séquence 1) en cas de perte totale des pompes de charge RCV. Si cette anticipation est nécessaire, EDF devra l'inclure dans la règle ECP 1

¹⁸ La règle de conduite ECP 1 a pour objectif la gestion de phases incidentelle où l'état physique du réacteur n'est pas dégradé, notamment la gestion des pertes de fonction chaudière d'exploitation normale (FCEN) comme dans le cas présent, la gestion des pertes de fonction support (électrique, air, source froide).

¹⁹ La ligne de soutirage excédentaire permet d'assurer la décharge du circuit primaire lorsque la décharge est indisponible.

²⁰ La fonction de la règle EFC est de répondre aux demandes de mise en/hors service et de surveillance des fonctions chaudières, résultant notamment de l'application de la règle ECP1.

et la supprimer de la règle EFC. Si cette anticipation n'est pas nécessaire, EDF devra alors la supprimer de la règle EFC (cf. recommandation n° 1 en annexe 1).

Par ailleurs, la Direction de l'expertise en sûreté considère que la recommandation formulée pour l'état technique VD4 phase B (recommandation n° 4 de l'avis [10] rappelée en annexe 2) et demandant le maintien en service de la pompe RIS 011 PO²¹, lors d'une réorientation depuis la règle de conduite ECP1 vers la règle de conduite ECP 2, reste applicable dans le cadre du DA VD4 CPY phase B complément.

Enfin, compte tenu des engagements pris par EDF lors de l'expertise, les évolutions du chapitre III des RGE n'appellent plus de remarque de la part de la Direction de l'expertise en sûreté.

2.3.2. Scénario de dilution homogène par rupture d'un tube de l'échangeur CEPP

En VD4 phase B complément, EDF intègre dans le rapport de sûreté, et plus particulièrement dans le chapitre « Études Justificatives Particulières », le scénario de dilution homogène induit par la rupture d'un tube de l'échangeur du circuit d'étanchéité des pompes primaires (CEPP). L'étude est réalisée selon les règles du domaine complémentaire et dans les domaines d'exploitation RP à AN/RRA²².

Cependant, EDF n'avait prévu aucune évolution des RGE associée à ce nouveau scénario. Aussi, au cours de l'expertise, EDF s'est engagé à ajouter, dans le chapitre III des RGE, des exigences relatives à la disponibilité de l'isolement de l'échangeur CEPP et de moyens de borication, et à prescrire, dans le chapitre IX des RGE, des essais de manoeuvrabilité des vannes manuelles nécessaires pour isoler la fuite, avec une périodicité « un rechargement » et associés à un critère RGE de groupe A²³, **ce qui est satisfaisant.**

2.4. AUTRES MODIFICATIONS INTELLECTUELLES

2.4.1. Valorisation des paniers de borax – Évolution du chapitre III des RGE

En situation d'accident de perte de réfrigérant primaire (APRP) conduisant à une augmentation de pression et de température dans l'enceinte de confinement, le système d'aspersion dans l'enceinte (EAS) assure deux missions :

- l'aspersion d'eau dans l'enceinte du bâtiment réacteur (BR) afin de ramener et de maintenir la pression et la température à des valeurs acceptables pour le maintien de son intégrité ;
- l'injection de soude dans l'eau en fond du BR, ce qui permet de piéger l'iode radioactif dans la phase liquide²⁴.

Pour ce qui concerne le second point, EDF a récemment installé dans l'enceinte du BR des paniers de borax²⁵ dont la dissolution du contenu en situation d'APRP contribue au piégeage de l'iode radioactif dans l'eau en fond du BR. Dans le cadre de la présente modification, EDF prévoit d'assouplir la conduite à tenir actuellement imposée par les STE dans les domaines d'exploitation RP et AN/GV en cas d'indisponibilité de la fonction d'injection de soude dans le circuit EAS (amorçage du repli du réacteur sous 24 heures vers le domaine d'exploitation AN/RRA) en prescrivant, lorsque les paniers de borax sont disponibles, une réparation sous sept jours.

Considérant que les évaluations de conséquences radiologiques d'un accident de dimensionnement de type APRP obtenues en valorisant les paniers de borax seuls sont du même ordre de grandeur que celles obtenues avec l'injection de soude seule, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que la relaxation des STE telle que demandée par EDF dans le cadre de la présente modification n'engendre pas de régression de la sûreté et qu'elle est acceptable pour les domaines d'exploitation RP et AN/GV.**

²¹ Pour rappel, la pompe de test (ou pompe RIS 011 PO) est remplacée en phase B complément par la PIJ-ND.

²² Arrêt normal sur le système de refroidissement du réacteur à l'arrêt.

²³ Sont classés en groupe A les critères d'essais dont le non-respect compromet un ou plusieurs objectifs de sûreté.

²⁴ Le relâchement d'iode se produisant essentiellement en milieu acide, le maintien d'un pH basique de l'eau en fond du BR par injection de soude contribue à limiter les rejets en iode, en piégeant celui-ci en phase liquide.

²⁵ Les paniers de borax sont principalement constitués de tétraborate de sodium décahydraté.

2.4.2. Évacuation du personnel – Évolution du chapitre VI des RGE

Dans les états d'arrêt, du personnel peut être présent dans le BR. En cas de survenue d'une situation incidentelle ou accidentelle, une boucle d'attente présente en début de CIA a pour objectif de permettre l'évacuation du BR avant la réalisation des actions de conduite. Sa suppression permet la réalisation sans délai des actions de conduite favorables pour la sauvegarde du cœur, notamment pour les scénarios de dilution du circuit primaire avec un isolement plus rapide de la source de dilution. EDF s'étant assuré que les actions prescrites ne présentent pas de risque pour le personnel encore présent dans le BR, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que la suppression de la boucle d'attente d'évacuation du BR est acceptable pour les réacteurs du palier CPY.**

2.5. AMÉLIORATION DE LA CONDUITE EN ÉTAT D'ARRÊT POUR RECHARGEMENT (APR)

Les situations de brèches non isolables sur le circuit primaire ou sur les circuits connectés à la piscine BR, ou isolables sur le circuit RRA, survenant dans le domaine d'exploitation APR lorsque les piscines BK et BR sont en communication (tube de transfert ouvert), ne sont pas gérées par la CIA en vigueur, mais par une procédure de conduite normale. Toutefois, cette procédure ne permet pas le fonctionnement en recirculation des pompes d'injection de sécurité basse pression car, lorsque la piscine BR est remplissable, le volume d'eau injecté dans la piscine, depuis la bêche PTR²⁶, ne permet pas de disposer d'un niveau d'eau suffisant dans les puisards de l'enceinte. Cela peut alors conduire au découverture des assemblages de combustible présents en cuve et entraîner leur fusion.

Afin d'améliorer la gestion de ces situations, EDF a proposé la mise en œuvre d'une nouvelle stratégie de conduite dans la CIA, basée notamment sur le transfert d'eau borée depuis la piscine BK vers la piscine BR, après isolement du tube de transfert entre les deux piscines. Les principes de cette stratégie ont déjà été jugés acceptables par la Direction de l'expertise en sûreté [11].

Cette stratégie nécessite l'arrêt temporaire de la réfrigération de la piscine BK par le circuit PTR pour permettre le transfert d'eau depuis la piscine BK vers la piscine BR par ce même circuit. Cette perte de réfrigération peut aussi être induite au préalable à la suite d'un isolement automatique du circuit PTR sur très bas niveau de la piscine BK. Or, le transfert d'eau conduit à une hauteur d'eau dans la piscine BK proche de l'altimétrie de la ligne d'aspiration des pompes PTR. La baisse progressive du niveau d'eau dans la piscine BK cumulée à l'échauffement de la piscine (du fait de l'arrêt temporaire de la réfrigération) accroît le risque d'aspiration ou de formation de vapeur et donc de cavitation dans le circuit PTR (pendant le transfert d'eau et lors de la restauration de la réfrigération de la piscine BK après le transfert). Le contrôle de la température de la piscine BK par les capteurs classés de sûreté n'est de plus pas possible car ceux-ci seraient alors dénoyés.

Dans ce contexte, la Direction de l'expertise en sûreté considère qu'EDF n'a pas apporté la démonstration de l'absence de risque de dégradation du circuit de réfrigération lorsque la hauteur d'eau dans la piscine BK est proche de l'altimétrie de la ligne d'aspiration des pompes PTR et que la température de la piscine est élevée.

En conséquence, la Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF définisse les conditions, en termes de niveau d'eau et de température dans la piscine BK, permettant de prévenir toute dégradation du circuit de refroidissement PTR par cavitation lors de son utilisation dans la conduite accidentelle prévue pour la gestion des brèches dans le BR en état APR, et complète le chapitre VI des RGE en conséquence. L'atteinte des seuils en température qui seraient introduits dans la conduite devra pouvoir être détectée par des capteurs de température classés de sûreté disponibles sur la plage de niveau surveillée (cf. recommandation n° 2 en annexe 1).

Par ailleurs, la nouvelle stratégie de conduite en état APR modifie également le chapitre IX des RGE. La Direction de l'expertise en sûreté estime que les évolutions associées sont acceptables.

En conclusion, la Direction de l'expertise en sûreté considère que la modification intellectuelle « Amélioration de la conduite APR », telle que soumise à autorisation et complétée au cours de l'expertise par EDF, est acceptable. Néanmoins, la Direction de l'expertise en sûreté considère que le risque de

²⁶ Système de traitement et de refroidissement d'eau des piscines.

cavitation dans le circuit PTR lors du transfert d'eau entre les piscines BK et BR ou lors de la reprise du refroidissement de la piscine BK, avec la conduite telle que proposée par EDF, n'est pas exclu, et qu'EDF doit modifier la conduite en conséquence.

2.6. IMPACT DE LA DÉFAILLANCE DES VANNES D'EAU ALIMENTAIRE PNEUMATIQUES ARE SUR LES ÉTUDES DU DOMAINE DE DIMENSIONNEMENT DU PALIER CPY

Chaque ligne du circuit d'alimentation en eau normale des GV (ARE) comprend notamment, depuis leur alimentation en eau par des turbo-pompes jusqu'à l'entrée du GV, une vanne réglante principale (grand débit) et une vanne de by-pass (petit débit) montée en parallèle de la précédente, chacune associée à une vanne d'isolement motorisée.

Dans les états techniques antérieurs à la VD4 CPY phase B complément, certaines études d'accidents du domaine de dimensionnement du palier CPY valorisent la fermeture des vannes réglantes du circuit d'eau alimentaire normale des générateurs de vapeur, ce qui permet d'éviter le remplissage des GV, et ainsi de minimiser les rejets liquides à l'atmosphère en cas de rupture de tuyauterie de générateur de vapeur ou le refroidissement du fluide du circuit primaire en cas de rupture de tuyauterie vapeur. Dans le cadre de la VD4 phase B complément, EDF valorise le déclenchement des turbo-pompes alimentaires au titre de la redondance fonctionnelle de la fermeture de ces vannes réglantes²⁷.

Compte tenu des évolutions proposées et des engagements pris par EDF lors de l'expertise, les évolutions des chapitres III et IX des RGE associées n'appellent pas de remarque de la part de la Direction de l'expertise en sûreté.

3. MODIFICATION DU CHAPITRE VI DES RÈGLES GÉNÉRALES D'EXPLOITATION

L'objectif du DA au chapitre VI des RGE est d'intégrer l'impact des modifications matérielles et intellectuelles relevant de la « phase B complément » de la VD4 900 sur les règles de conduite post accidentelle.

D'une manière générale, la Direction de l'expertise en sûreté considère que, compte tenu des compléments apportés au cours de l'expertise, les évolutions introduites par EDF ne génèrent pas de régression pour la sûreté.

Néanmoins, la Direction de l'expertise en sûreté souligne que la gestion de la décharge du circuit primaire par le système RCV mérite d'être améliorée pour les situations de perte totale des alimentations électriques.

En effet, dans ces situations, la décharge du circuit primaire étant isolée, la PIJ-ND est utilisée pour injecter de l'eau borée dans le circuit primaire. Cela nécessite de définir dans la CIA une cible de niveau pressuriseur réhaussée pour que le volume d'eau borée injecté soit suffisant pour maintenir le réacteur sous-critique à l'issue de son refroidissement. Cette réhausse provoque une augmentation de la pression primaire au cours du transitoire car l'eau du circuit primaire ne peut pas être évacuée par la décharge du système RCV. Cependant, dans les modifications proposées par EDF, cette cible réhaussée de niveau pressuriseur est maintenue à l'issue de la phase de refroidissement, y compris lorsque la décharge du circuit primaire a pu être remise en service, induisant une pression élevée du circuit primaire, qui est inappropriée dans cette situation.

Compte tenu de ces éléments, la Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF modifie la CIA pour que, dans une situation initiée par une perte totale des tableaux LHA et LHB, la remise en service de la décharge RCV entraîne une réorientation immédiate vers une séquence dans laquelle le niveau du pressuriseur prescrit est adapté au fonctionnement de la décharge (cf. recommandation n° 3 en annexe 1).

4. CONCLUSION

La mise en œuvre des modifications relevant du dossier d'amendement VD4 900 CPY phase B complément, avec notamment l'installation d'une pompe d'injection aux joints des groupes motopompes primaires par réacteur qualifiée pour les situations noyau dur, qui permet d'augmenter les marges à la criticité lors de la conduite de ces

²⁷ Sur les réacteurs du palier CP1, EDF valorise également la fermeture des vannes d'isolement motorisées situées en aval des vannes réglantes. Sur les réacteurs du palier CP2, du fait d'une conception différente, cette valorisation n'est pas nécessaire.

situations, et l'introduction d'une conduite des brèches dans les états APR, complétée par les engagements pris par EDF au cours de l'expertise, constitue un gain significatif pour la sûreté des installations.

Ainsi, la Direction de l'expertise en sûreté estime que les modifications matérielles et intellectuelles relevant du dossier d'amendement VD4 900 CPY phase B complément, telles que soumises à autorisation et complétées au cours de l'expertise par EDF, sont acceptables sur le plan de la sûreté. Néanmoins, la Direction de l'expertise en sûreté estime que des compléments afin d'améliorer la sûreté peuvent encore être apportés ; ceux-ci font l'objet des recommandations formulées en annexes.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise en sûreté

ANNEXE 1

Recommandations de la direction de l'expertise en sûreté

Recommandation n° 1

La Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF évalue, par une étude thermo-hydraulique, la nécessité de l'anticipation de l'isolement du soutirage excédentaire avant l'atteinte du critère de 10 % de niveau du pressuriseur figurant dans la règle ECP 1 (séquence 1) en cas de perte totale des pompes de charge RCV. Si cette anticipation est nécessaire, EDF devra l'inclure dans la règle ECP 1 et la supprimer de la règle EFC. Si cette anticipation n'est pas nécessaire, EDF devra alors la supprimer de la règle EFC.

Recommandation n° 2

La Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF définisse les conditions, en termes de niveau d'eau et de température dans la piscine BK, permettant de prévenir toute dégradation du circuit de refroidissement PTR par cavitation lors de son utilisation dans la conduite accidentelle prévue pour la gestion des brèches dans le BR en état APR, et complète le chapitre VI des RGE en conséquence. L'atteinte des seuils en température qui seraient introduits dans la conduite devra pouvoir être détectée par des capteurs de température classés de sûreté disponibles sur la plage de niveau surveillée.

Recommandation n° 3

La Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF modifie la CIA pour que, dans une situation initiée par une perte totale des tableaux LHA et LHB, la remise en service de la décharge RCV entraîne une réorientation immédiate vers une séquence dans laquelle le niveau du pressuriseur prescrit est adapté au fonctionnement de la décharge.

ANNEXE 2

Rappel de recommandations issues d'avis antérieurs

Rappel de la recommandation n° 4 de l'avis d'expertise n° 2023-00056 du 20 avril 2023

L'IRSN recommande qu'EDF prévoie, dans la conduite incidentelle accidentelle des paliers CP0 et CPY, le maintien en service de la pompe RIS 011 PO²⁸ démarrée dans la règle de conduite ECP 1 lors d'une réorientation vers la règle de conduite ECP 2.

²⁸ Pour rappel, la pompe RIS 011 PO est remplacée en phase B complément par la PIJ-ND.