

Fontenay-aux-Roses, le 17 novembre 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00182

Objet : EDF – REP – Bilan du réexamen périodique associé aux deuxièmes visites décennales des réacteurs du palier N4 (VD2 N4).
Thèmes relatifs aux EPS.

Réf. :

- [1] Avis IRSN – 2017-00151 du 28 avril 2017.
- [2] Avis IRSN – 2018-00007 du 11 janvier 2018.
- [3] Lettre ASN – CODEP-DCN-2017-022556 du 26 juin 2017.
- [4] Lettre ASN – CODEP-DCN-2018-018786 du 22 novembre 2018.
- [5] Avis IRSN – 2018-00193 du 13 juillet 2018.
- [6] Lettre ASN – CODEP-DCN-2019-009606 du 27 février.
- [7] Avis IRSN – 2021-00177 du 3 novembre 2021.
- [8] Avis IRSN – 2021-00075 du 7 mai 2021.
- [9] Saisine ASN – CODEP-DCN-2021-022325 du 06 mai 2021.
- [10] Décisions ASN – 2012-DC-0274 à 2012-DC-0292 du 26 juin 2012.

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du réexamen associé à la deuxième visite décennale (VD2) des quatre réacteurs du palier 1450 MWe (N4), EDF a mené des études génériques que l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a expertisées.

Parmi ces études génériques, des études probabilistes de sûreté (EPS) ont été développées par EDF pour le réacteur et la piscine de désactivation du combustible (BK). Ces EPS couvrent les événements internes ainsi que certaines agressions internes ou externes. Elles ont fait l'objet des avis de l'IRSN en références [1] et [2], d'engagements d'EDF et de demandes de l'ASN en références [3] et [4].

À l'issue des études génériques du réexamen, EDF a constitué un premier dossier d'amendement (DA VD2 N4 lot A), relatif aux modifications à déployer sur les réacteurs lors des VD2 de chaque réacteur¹. Ce dossier a fait l'objet d'une expertise de l'IRSN [5], d'engagements d'EDF, puis d'une autorisation de l'ASN [6]. Un second dossier (DA VD2 N4 lot B) a ensuite été constitué par EDF pour les modifications à déployer lors du deuxième arrêt des réacteurs pour rechargement du combustible, de type visite partielle, après leur VD2. Ce dossier a

¹ Premier déploiement réalisé sur la tranche tête de série Chooz B2 en 2019.

également fait l'objet d'une expertise de l'IRSN [7], portant principalement sur l'absence de risque de régression pour la sûreté.

Par ailleurs, l'IRSN a examiné les conclusions d'EDF concernant le comportement en situation d'accident grave du dôme des enceintes des réacteurs de 1300 MWe de type P'4 et de 1450 MWe (avis en référence [8]).

Par le courrier en référence [9], l'ASN souhaite recueillir l'avis de l'IRSN sur l'acceptabilité et la suffisance, sur le plan de la sûreté vis-à-vis des objectifs fixés lors des orientations du réexamen VD2 N4, des réponses d'EDF à ses demandes ([3] et [4]) et des suites données par EDF aux engagements qu'il a pris lors de l'expertise de ses études probabilistes par l'IRSN. En particulier, l'ASN souhaite connaître l'avis de l'IRSN sur l'acceptabilité des actions réalisées et la suffisance des modifications prévues.

Les paragraphes qui suivent explicitent les conclusions principales de l'expertise de l'IRSN. La plupart des thèmes abordés concerne l'application de la démarche du domaine complémentaire.

Cette démarche vise à identifier des dispositions, dites dispositions complémentaires, intervenant dans la gestion de situations accidentelles non couvertes par le dimensionnement conventionnel de l'installation. Les études probabilistes sont utilisées pour identifier ces dispositions et vérifier que le risque lié à l'exploitation de l'installation est ramené à un niveau acceptable par la mise en œuvre de ces dispositions complémentaires.

Pour les dispositions complémentaires retenues, des conditions de fonctionnement complémentaires sont définies par les scénarios enveloppes des séquences fonctionnelles². Les études (généralement thermohydrauliques) pour ces conditions permettent d'évaluer l'efficacité des dispositions complémentaires. Lorsqu'une disposition complémentaire nécessite une action manuelle, l'étude de la condition de fonctionnement complémentaire permet de calculer le délai maximum dont dispose l'équipe de conduite pour la mettre en œuvre.

Par la suite, des exigences de classement et d'exploitation sont associées aux dispositions complémentaires retenues, en cohérence avec leur rôle dans la démonstration de sûreté.

2. GESTION D'UNE PERTE TOTALE DES ALIMENTATIONS ÉLECTRIQUES POUR UN REACTEUR EN ÉTAT API SO

2.1. SUFFISANCE DES MOYENS ET DOMAINE COMPLÉMENTAIRE

Dans l'état d'arrêt pour intervention, primaire « suffisamment ouvert » (API SO), le circuit primaire d'un réacteur est refroidi par le système de refroidissement à l'arrêt (RRA), comportant 2 trains alimentés électriquement par les tableaux LHA et LHB de tension 6,6 kV. En cas de perte totale des alimentations électriques internes et externes (situation PTAE) ou en cas de défaillance de cause commune des tableaux électriques LHA et LHB (DCC-LH), le refroidissement du circuit primaire par le système RRA n'est plus assuré. L'eau du circuit primaire s'échauffe, la vapeur est évacuée par les ouvertures de ce circuit et l'inventaire en eau du circuit primaire diminue. Un appoint en eau est alors nécessaire pour prévenir le découverture du cœur.

Le délai disponible pour mettre en œuvre un tel appoint dépend de la puissance résiduelle du cœur du réacteur et du niveau d'eau dans le circuit primaire. Il est évalué à 2 h 14 dans les situations les plus pénalisantes, à savoir avant déchargement du combustible, et à 5 heures après rechargement du combustible.

² une séquence fonctionnelle regroupe un ensemble de scénarios d'accidents pour lesquels une même disposition complémentaire permet d'éviter un endommagement du combustible.

Au stade du DA VD2 N4 lot B, EDF prévoit deux dispositions complémentaires pour réaliser cet appoint d'eau :

- une motopompe thermique (appelée H3.2 ou 0 EAS 200 PO), dont le circuit doit être mis en place par les agents de terrain (en situation de PTAE ou de DCC-LH) ;
- la réalimentation électrique d'un tableau LH par le tableau électrique LHT (alimenté par la turbine à combustion (TAC) du site (cette turbine sera remplacée prochainement par un groupe diesel LHT)) ; cette réalimentation permet ensuite l'utilisation d'une pompe de charge RCV³ ou d'une pompe RIS-BP⁴ pour réaliser l'injection d'eau au circuit primaire (en situation de PTAE uniquement).

L'appoint gravitaire depuis la piscine BK vers le circuit primaire (disposition retenue au stade du DA VD2 N4 lot A pour réaliser cet appoint d'eau) n'est plus valorisé dans les EPS et dans la démonstration de sûreté, étant donné les fortes incertitudes sur sa faisabilité et son efficacité. Il est néanmoins maintenu dans la conduite accidentelle en ultime substitution de la motopompe thermique.

Le délai de lignage de la motopompe thermique est évalué à 2 h 30 par EDF et le délai de réalimentation d'un tableau LH par la TAC est estimé à 4 heures. Il apparaît donc que, si le réacteur est dans l'état API SO avant déchargement du combustible et que la perte du second tableau LH a lieu rapidement après la perte du premier tableau (ou simultanément en cas de défaillance de cause commune des tableaux LH), les dispositions prévues ne permettent alors pas de réaliser l'appoint au circuit primaire dans le délai requis.

Dans le cadre de l'expertise du DA VD2 N4 lot B [7], l'IRSN a considéré qu'EDF doit mettre en place, sur les réacteurs du palier N4, une disposition permettant de gérer cette situation dans le délai requis. La recommandation de l'IRSN sur ce sujet est rappelée en annexe 2.

À la suite de la présente expertise, l'IRSN considère en outre que la fréquence de cette situation est suffisamment élevée pour que la disposition permettant de la gérer soit une disposition du domaine complémentaire. Cela conduit l'IRSN à formuler la recommandation en annexe 1.

Enfin, l'IRSN souligne que sur le palier 1300 MWe, pour ces situations, l'appoint gravitaire depuis la piscine BK est également valorisé dans la conduite, les EPS et la démonstration de sûreté, alors que, comme sur le palier N4, son efficacité n'est pas établie. Sur ce sujet, EDF a indiqué avoir ouvert un constat qui sera traité suivant son processus qualité interne. L'IRSN souligne que les enseignements de l'étude menée sur le palier N4, a priori transposables aux réacteurs du palier 1300 MWe, devraient conduire EDF à analyser cette problématique sur le palier 1300 MWe dans des délais adaptés à l'enjeu de sûreté.

2.2 ÉTUDES THERMOHYDRAULIQUES DU DOMAINE COMPLÉMENTAIRE

Une situation de perte totale des alimentations électriques en API SO présente un risque de perte d'inventaire en eau par entrainement par la vapeur du liquide, de la branche chaude vers le pressuriseur, puis le trou d'homme du pressuriseur.

À l'issue de l'expertise menée par l'IRSN en 2018 [2], EDF s'était engagé à justifier d'une part, la capacité du logiciel de thermohydraulique utilisé à prédire correctement les phénomènes physiques prépondérants se produisant au cours de cet accident, et d'autre part, le caractère pénalisant des hypothèses d'étude retenues vis-à-vis des moyens d'appoint au circuit primaire. En réponse à cet engagement, EDF a fourni une analyse PIRT⁵ et des études de sensibilité.

³ RCV : système de contrôle chimique et volumétrique du circuit primaire.

⁴ RIS-BP (ou ISBP) : injection de sécurité basse pression.

⁵ PIRT (Phenomena identification and ranking table) : approche visant à identifier les phénomènes physiques dominants d'un transitoire et à les hiérarchiser.

L'IRSN souligne le caractère positif du recours à cette démarche. Cependant, le PIRT et les études de sensibilité ont été réalisés au référentiel VD2 N4 lot A, c'est à dire en valorisant un appoint gravitaire alors que ce moyen d'appoint n'est plus retenu dans le référentiel VD2 N4 lot B.

À cet égard, EDF a pris l'**engagement n° 1** présenté en annexe 3 en vue du prochain réexamen décennal du palier N4, que l'IRSN estime satisfaisant.

3. ACCIDENT DE PERTE DE RÉFRIGÉRANT PRIMAIRE SANS INJECTION DE SÉCURITÉ DE MOYENNE PRESSION

Dans le cadre du référentiel VD2 N4, les études du domaine complémentaire de perte de réfrigérant primaire sans injection de sécurité de moyenne pression (APRP sans ISMP) sont réalisées avec un logiciel de thermohydraulique et une modélisation du cœur par un unique crayon combustible avec une puissance moyennée. La température maximale de gaine du « crayon moyen cœur » pendant l'accident de brèche primaire doit rester inférieure à un critère de découplage en température. La modélisation retenue pour ces études ne permet donc pas d'accéder à la température maximale de gaine du crayon le plus chaud.

À l'issue de son expertise menée en 2018 [2], l'IRSN avait demandé à EDF de justifier la valeur retenue pour ce critère de découplage, l'objectif étant de vérifier que, lorsque ce critère de découplage en température est respecté, la température maximale de gaine du crayon le plus chaud est suffisamment faible pour qu'on puisse avoir la raisonnable assurance qu'aucun phénomène combustible redouté (comme par exemple l'éclatement de la gaine) n'est activé.

À cet égard, EDF a repris l'étude pénalisante de l'APRP sans ISMP du domaine complémentaire en modélisant le crayon chaud et l'assemblage chaud en plus du crayon moyen.

L'étude d'EDF a montré que, bien que le critère de découplage en température de gaine du « crayon moyen cœur » soit vérifié, localement, la température de gaine du crayon le plus chaud pouvait atteindre des températures suffisamment élevées pour remettre en cause la refroidissabilité du cœur. *In fine*, les calculs présentés par EDF au cours de l'expertise mettent en évidence que le critère de découplage retenu par EDF pour les études d'APRP du domaine complémentaire n'est pas suffisant pour exclure l'activation des phénomènes combustible redoutés. **EDF a pris à cet égard l'engagement n° 2 présenté en annexe 3 que l'IRSN estime satisfaisant.**

Pour ce qui concerne la disposition complémentaire, qui consiste à mettre en œuvre un refroidissement⁶ maximal par les générateurs de vapeur, son efficacité est actuellement évaluée en considérant un délai de mise en œuvre d'environ 45 minutes (délai cohérent avec le critère de découplage actuel). Or, comme indiqué précédemment, la nouvelle étude réalisée par EDF montre que, en considérant ce délai de 45 minutes, la température maximale de la gaine du crayon chaud se situe alors dans la gamme de température de déclenchement des phénomènes combustible redoutés susceptibles de remettre en cause la refroidissabilité du cœur (la disposition devrait alors être mise en œuvre plus rapidement, ce qui entraîne une probabilité d'échec plus élevée que celle actuellement considérée). Néanmoins, l'IRSN convient que cela ne concernerait qu'un spectre de taille de brèche limité et donc que des évaluations plus fines menées dans les EPS devraient permettre de démontrer que l'augmentation du risque de fusion associé est résiduelle. **La prochaine version de l'EPS1 N4 d'EDF devra toutefois être mise à jour sur ce point.**

⁶ Ce refroidissement permet de dépressuriser le circuit primaire jusqu'à la pression permettant la décharge des accumulateurs RIS, puis jusqu'à la pression de refoulement des pompes d'injection de sécurité basse pression (ISBP), ce qui permet de limiter l'échauffement des gaines de crayon combustible au sein du cœur.

4. DILUTION HÉTÉROGÈNE

Un appoint en eau claire au circuit primaire, cumulé à une circulation insuffisante du fluide primaire pour assurer son homogénéisation⁷, peut faire apparaître dans le circuit primaire une poche d'eau faiblement borée. Un déplacement de cette poche d'eau dans le cœur, lors du redémarrage d'une pompe primaire, entrainerait une excursion de réactivité susceptible de provoquer un endommagement du combustible. Pour parer à ces situations de dilution hétérogène, des Protections Anti-Dilution (PAD) sont mises en œuvre. Néanmoins ces parades sont retenues comme dispositions complémentaires par EDF uniquement dans les états du réacteur RP⁸, AN/GV⁹ et AN/RRA¹⁰.

En réponse aux demandes de l'IRSN [1] et de l'ASN [4] visant à apprécier la nécessité d'étendre ces dispositions complémentaires aux autres états d'arrêt, EDF a présenté une quantification de la fréquence des initiateurs de dilution hétérogène associés à la formation d'un bouchon d'eau claire pour les états API et APR¹¹, mais cette quantification se limite aux initiateurs en provenance du système d'appoint en eau (REA eau) et du système RCV. L'IRSN a relevé que d'autres scénarios, tels que la dilution par inétanchéité d'un tube de l'échangeur du circuit d'étanchéité des pompes primaires (CEPP) ou de l'échangeur non régénérateur, ou encore une dilution lors des opérations de maintenance sur les déminéraliseurs du système RCV, devraient être considérés dans les états d'arrêt (API, APR et RCD¹²).

Pour donner suite à ces remarques, EDF a pris l'**engagement n° 3** présenté en annexe 3.

5. PERTE DU REFROIDISSEMENT OU VIDANGE ACCIDENTELLE DE LA PISCINE BK

6.1. PARADE POUR LES SITUATIONS DE VIDANGE ACCIDENTELLE DE LA PISCINE BK

Les paliers 900 MWe (au stade VD4) et N4 (au stade VD2) disposent de parades similaires (arrêt automatique des pompes PTR, fermeture automatique de la vanne d'aspiration PTR) jugées efficaces et qui permettent de ramener à un niveau acceptable les fréquences de fusion du combustible consécutives à des situations de vidange accidentelle de la piscine BK.

Alors que ces parades font partie des dispositions du domaine complémentaire sur le palier 900 MWe, ce qui permet de leur associer des exigences en exploitation en adéquation avec le risque porté par ces situations, ce n'est pas le cas sur le palier N4.

Pour donner suite à ces remarques, EDF a pris l'**engagement n° 4** présenté en annexe 3.

6.2. SUFFISANCE DES MOYENS D'APPOINT À LA PISCINE BK

Les situations de perte du refroidissement et de vidange accidentelle de la piscine BK nécessitent de compenser la baisse de niveau d'eau induite par un appoint en eau. Pour éviter une pollution chimique de l'eau de la piscine BK, l'appoint par le circuit d'eau déminéralisée (SED) est choisi en priorité par rapport à l'appoint par le réseau

⁷ Cette situation peut se produire réacteur à l'arrêt, pompes primaires arrêtées.

⁸ RP : réacteur en production.

⁹ AN/GV : arrêt normal du réacteur, puissance résiduelle extraite par les générateurs de vapeur.

¹⁰ AN/RRA : arrêt normal du réacteur, puissance résiduelle extraite par le circuit de refroidissement à l'arrêt (RRA).

¹¹ APR : arrêt pour rechargement du cœur du réacteur.

¹² RCD : réacteur complètement déchargé.

incendie (JP*). Ce dernier peut par ailleurs être indisponible en cas - par exemple - d'une agression de la station de pompage et les réserves d'eau de la bêche SED doivent alors être suffisantes jusqu'à la récupération du refroidissement de la piscine BK. En 2017 [1], l'IRSN avait estimé que la prise en compte des indisponibilités du système SED et des moyens de réalimentation de la bêche SED pourrait remettre en question la suffisance de ce moyen d'appoint à la piscine BK.

En réponse à la prescription technique PT-ECS 16 de l'ASN [10] faisant suite à l'accident de Fukushima Daiichi, le dispositif d'appoint ultime (APU)¹³ va compléter les systèmes SED et JP* pour l'appoint à la piscine BK.

Ce système ainsi que le système JP* devront faire l'objet d'exigences de disponibilité élevées pour l'appoint à la piscine BK.

6. SURPRESSIONS À FROID

Dans le cadre du réexamen VD2 N4, EDF a présenté un dossier d'étude visant à démontrer que le risque de rupture de la cuve par surpression à froid est pratiquement exclu. Ce dossier d'étude met en évidence l'importance des actions manuelles d'arrêt de l'injection au circuit primaire par le système RCV, ainsi que de lignage manuel de la soupape RCV 010 VP vers le circuit primaire, pour les transitoires accidentels initiés par une brèche sur le circuit RRA connecté au circuit primaire. Ces actions doivent être réalisées avant l'isolement des deux files du circuit RRA, afin de se prémunir d'une montée incontrôlée de la pression du circuit primaire (surpression à froid).

L'IRSN considère que le risque de surpression à froid doit être considéré dans le domaine complémentaire au même titre que le risque de fusion du cœur.

Pour donner suite à ces remarques, EDF a pris l'**engagement n° 3** présenté en annexe 3.

7. PERTE DES SOURCES BASSE TENSION

En situation de perte du tableau électrique de 125 V continu en voie A (LBA), les disjoncteurs des groupes motopompes primaires (GMPP) deviennent indisponibles et l'arrêt des GMPP requiert une action en local. Or, la perte du tableau LBA entraîne également la perte de la voie A du circuit de refroidissement intermédiaire (RRI). En cas de perte concomitante de la voie B du RRI, le refroidissement des paliers des GMPP est interrompu. Dans ce cas, l'arrêt en local des GMPP peut intervenir trop tardivement pour éviter leur dégradation par fonctionnement prolongé sans refroidissement.

Pour pallier cette situation, EDF a ajouté une disposition dans le cadre du DA VD2 N4 Lot A consistant à réaliser un basculement de l'alimentation électrique externe depuis le transformateur de soutirage (TS) vers le transformateur auxiliaire (TA) de façon à couper l'alimentation électrique des GMPP¹⁴ et ainsi entraîner leur arrêt. Cette parade n'a pas été étudiée comme disposition complémentaire potentielle par EDF bien que la fréquence élevée des situations de perte du tableau LBA rende cette parade importante pour la sûreté.

Pour donner suite à ces remarques, EDF a pris l'**engagement n° 3** présenté en annexe 3.

¹³ Il s'agit d'une disposition du noyau dur post-Fukushima. La mise en œuvre de l'appoint à la piscine BK par le dispositif d'appoint ultime pourra être décidée par l'organisation nationale de crise sur atteinte du niveau minimum dans la piscine BK et en cas d'échec de la mise en service de l'appoint par le SED et de l'appoint par le JPI.

¹⁴ Les GMPP sont alimentés électriquement par le TS.

8. INTÉGRATION DE L'ARRÊT MANUEL DES GMPP DANS LE PÉRIMÈTRE DES DIPOSITIONS « GAVÉ OUVERT¹⁵ » ET « REFROIDISSEMENT MAXIMAL »

La situation de perte totale de l'alimentation en eau des GV (situation H2) dans les états RP, AN/GV, AN/RRA et API fermé nécessite la mise en œuvre du gavé ouvert, qui constitue une disposition complémentaire. Dans cette situation, l'arrêt des GMPP est demandé en application des procédures de conduite accidentelle pour limiter l'apport de chaleur au fluide primaire.

En situation d'APRP sans ISMP dans les états RP et AN/GV, un refroidissement maximal est mis en œuvre par les opérateurs afin de dépressuriser le circuit primaire et atteindre la pression d'injection de l'ISBP. L'arrêt des GMPP, également demandé dans la conduite accidentelle pour cette situation, est nécessaire en préalable au lancement du refroidissement maximal.

Dans ces deux situations, un échec de l'arrêt des GMPP pourrait rendre la disposition complémentaire inefficace, mais l'arrêt des GMPP n'a pas été inclus dans le périmètre de la disposition complémentaire.

Pour donner suite à ces remarques, EDF a pris l'**engagement n° 3** présenté en annexe 3.

9. COMPLÉMENTS À L'ÉCHÉANCE DES VD2 N4

10.1. EXTENSION DU PÉRIMÈTRE DES DISPOSITIONS COMPLÉMENTAIRES DANS LE CADRE DU RÉEXAMEN VD2 N4

EDF prévoyait de se prononcer fin 2019 sur la nécessité d'étendre le périmètre des dispositions complémentaires suivantes :

- « Réalimentation de la bêche ASG¹⁶ par le SER¹⁷ » aux états AN/RRA et API-EO¹⁸ ;
- « Mise en service manuelle du « gavé-ouvert », à l'état API-EO ;
- « Conduite des générateurs de vapeur s'appuyant sur le TAS LLS¹⁹ », à l'état AN/RRA ;
- « Mise en service de la TAC », aux états AN/RRA et API-EO.

EDF a reporté à décembre 2021 la transmission des éléments afférents.

L'IRSN considère qu'il faut attendre les conclusions de cette étude pour statuer sur les éventuels besoins de modifications matérielles ou intellectuelles dans le cadre du réexamen VD2 N4 qui seraient induites par une extension du périmètre de certaines dispositions complémentaires à de nouveaux états du réacteur.

¹⁵ La conduite en « gavé-ouvert » permet l'évacuation de la puissance résiduelle par ouverture des soupapes du pressuriseur et injection d'eau froide dans le cœur via le circuit d'injection de sécurité.

¹⁶ ASG : système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur.

¹⁷ SER : système d'alimentation en eau brute.

¹⁸ API-EO : état d'arrêt pour intervention, circuit primaire « entrouvert ».

¹⁹ TAS-LLS : turboalternateur de secours du système de production d'électricité en 380 V.

10.2 SUFFISANCE DES PARADES POUR LA GESTION DES SITUATIONS DE PERTE TOTALE DE LA SOURCE FROIDE (H1), RÉACTEUR EN PUISSANCE OU EN ÉTAT D'ARRÊT SUR LES GV

La perte de la source froide ou du circuit d'eau brute secourue entraîne la perte du refroidissement du système d'eau de réfrigération intermédiaire (RRI) alimentant notamment des échangeurs importants pour la sûreté. Dans son EPS pour le réexamen VD2 N4, pour les états du réacteur en puissance ou en arrêt normal sur les générateurs de vapeur, EDF valorise le refroidissement du système RRI par l'eau froide de la bêche PTR via l'échangeur EAS²⁰/RRI. En 2018 [2], l'IRSN considérait que la probabilité d'échec retenue par EDF pour cette parade (qui n'est pas une disposition complémentaire) était sous-estimée et que cela pouvait notamment masquer le besoin de dispositions complémentaires telle que l'arrêt manuel des GMPP en cas de haute température des paliers et des butées des moteurs.

En conséquence, EDF s'était engagé à étudier la mise à jour de l'application de la démarche de définition du domaine complémentaire vis-à-vis de la séquence fonctionnelle de « perte de la source froide dans les états RP à AN/RRA » à échéance de mi-2019. Au cours de la présente expertise, EDF a reporté l'échéance de cette action à fin 2022. **L'IRSN considère qu'il faut attendre les conclusions de cette étude pour statuer sur les éventuels besoins de modifications matérielles ou intellectuelles dans le cadre du réexamen VD2 N4 qui seraient nécessaires pour ramener à un niveau acceptable le risque lié aux situations de perte de la source froide.**

10.3. RISQUE D'INONDATION INTERNE

Pour l'IRSN, les éléments transmis par EDF en réponse aux demandes VI-1 et VI-2 de l'IRSN [2] montrent que, mise à part la problématique de rupture de tuyauterie ARE²¹ ou VPU²², le risque global de fusion du cœur à la suite d'une inondation interne sur le palier N4 est acceptable. Il convient toutefois de s'assurer en exploitation de la disponibilité des siphons de sol présents dans les locaux du bâtiment électrique (BL). En effet, ces siphons de sol permettent de se prémunir des pertes des deux voies électriques par mode commun.

Néanmoins, l'IRSN ne peut pas se prononcer sur la suffisance des dispositions associées aux scénarios d'inondation interne engendrée par la **rupture d'une tuyauterie ARE ou VPU au plancher 10 du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde et électrique (BAS-BL)**, EDF n'ayant pas encore transmis l'étude répondant à la demande A8 de l'ASN [4].

10.4. SUFFISANCE DES EXIGENCES EN EXPLOITATION

EDF n'ayant pas transmis à l'IRSN les éléments lui permettant de se prononcer sur les évolutions des chapitres III et IX des règles générales d'exploitation, se rapportant respectivement aux spécifications techniques d'exploitation et aux essais périodiques, concernant les modifications issues des enseignements des EPS non soumises à autorisation de l'ASN au titre de l'article R.593-56 du code de l'environnement, l'IRSN ne peut pas se prononcer sur ce sujet dans le cadre de cet avis.

²⁰ EAS : système d'aspersion dans l'enceinte de confinement.

²¹ ARE : système de régulation de débit d'eau alimentaire des générateurs de vapeur

²² VPU : système de purge et de conditionnement des circuits vapeur

10. CONCLUSION

Sous réserve des recommandations formulées en annexes 1 et 2 et des engagements d'EDF cités en annexe 3 au présent avis, l'IRSN estime acceptables les actions et modifications réalisées ou prévues dans le cadre du deuxième réexamen périodique des réacteurs du palier N4, issues des enseignements des études probabilistes de sûreté.

L'IRSN souligne néanmoins que certaines actions d'EDF sont encore en cours et n'ont ainsi pas pu faire l'objet d'une expertise dans le cadre de cet avis.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2021-00182 DU 17 NOVEMBRE 2021

Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande qu'EDF retienne comme disposition complémentaire la parade permettant de prévenir le risque de découverture du cœur en cas de perte des tableaux LHA et LHB (par défaillance de cause commune ou de leurs sources d'alimentation) alors que le circuit primaire est suffisamment ouvert, avant déchargement du cœur.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2021-00182 DU 17 NOVEMBRE 2021

Rappel de Recommandations issues d'avis antérieurs de l'IRSN

Rappel de la recommandation n° 1 de l'avis IRSN n° 2021-00177 du 3 novembre 2021

L'IRSN recommande qu'EDF prévoie, pour les réacteurs du palier N4, une parade permettant de prévenir le risque de découverte du cœur en cas de perte des tableaux LHA et LHB (par défaillance de cause commune ou de leurs sources d'alimentation) alors que le circuit primaire est suffisamment ouvert, avant déchargement du cœur.

ANNEXE 3 À L'AVIS IRSN N° 2021-00182 DU 17 NOVEMBRE 2021

Engagements principaux de l'exploitant

Engagement n° 1

EDF s'engage à reprendre l'étude de H3 en API SO au titre de la VD3 N4 en appliquant la démarche préconisée par le guide ASN n° 28²³.

Engagement n° 2

Pour le prochain réexamen périodique des tranches N4, EDF définira un critère de découplage à utiliser pour les études APRP du domaine complémentaire, prenant en compte les phénomènes combustibles propres au référentiel APRP.

Engagement n° 3

EDF s'engage à étudier l'intérêt des dispositions complémentaires suivantes lors de la réalisation des études EPS associées au référentiel VD3 N4 :

- le « basculement de source externe depuis le transformateur de soutirage (TS) vers le transformateur auxiliaire (TA) », en situation de perte de source basse tension de longue durée initiée par une perte du tableau LBA (125 V) ;
- une parade permettant d'éviter les surpressions à froid, en situation RRA initialement connecté au circuit primaire ;
- l'« arrêt manuel des GMPP » dans le périmètre des dispositions complémentaires « mise en œuvre du gavage ouvert » et « refroidissement maximal » ;
- une disposition complémentaire couvrant les protections anti-dilution hétérogène dans les états d'arrêt (API, APR et RCD).

Engagement n° 4

EDF s'engage à étudier le besoin de nouvelle disposition complémentaire associé à des scénarios de vidange de la piscine BK lors de la phase d'élaboration du domaine complémentaire au passage en référentiel VD3 N4.

²³ Guide ASN n°28 - Qualification des outils de calcul scientifique utilisés dans la démonstration de sûreté nucléaire – Première barrière