



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 22 janvier 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00005

Objet : REP – EDF – Quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe du palier CPY.
Demande d'autorisation relative à la mise en oeuvre du DA VD4 phase A GARANCE concernant les réacteurs n° 3 et n° 4 du site du Blayais et les réacteurs n° 1, n° 2, n° 3 et n° 4 du site de Cruas.

Réf. : Voir Annexe

Pour répondre aux objectifs associés au quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (RP4 900), EDF a engagé un ensemble d'études, à l'issue desquelles il a défini les dispositions à mettre en oeuvre sur chacun des réacteurs concernés.

Afin de maîtriser le volume de travaux pour l'ensemble du parc électronucléaire et d'échelonner la formation des intervenants aux modifications apportées, EDF a choisi de déployer les modifications associées à ce réexamen en plusieurs phases : il s'agit des phases « A » et « B » initialement prévues, complétées par une troisième phase dite « phase B Complément ». Cette phase supplémentaire permettra d'intégrer les dernières modifications issues des engagements d'EDF, ainsi que certaines modifications réalisées en réponse aux demandes et aux prescriptions techniques de l'ASN.

Pour les réacteurs de 900 MWe exploités en gestion du combustible Parité MOX (PMOX¹), les modifications de la phase A (respectivement phase B) ont été expertisées par l'IRSN ([1] et [2]) (respectivement [3]) et l'ASN a délivré les autorisations en références [4] et [5] (respectivement [6]).

Ces différentes modifications sont à présent adaptées aux réacteurs de 900 MWe exploités en gestion du combustible GARANCE², et sont également déployées en trois phases.

Par référence [7], l'ASN sollicite l'avis de l'IRSN quant au caractère acceptable pour la sûreté des spécificités du dossier d'amendement comprenant les modifications de la phase A pour les réacteurs de 900 MWe exploités en gestion du combustible GARANCE, dit « DA VD4 phase A GARANCE ».

¹ PMOX : Parité MOX ; il s'agit de la gestion du combustible associée au combustible MOX (ou MOx) constitué d'environ 8,5 % d'oxyde de plutonium et 91,5 % d'oxyde d'uranium appauvri.

² À savoir les quatre réacteurs du site de Cruas, ainsi que les réacteurs n° 3 et n° 4 du site du Blayais.

MEMBRE DE
ETSON

Le présent avis présente successivement les conclusions de l'IRSN concernant l'analyse :

- des trois modifications matérielles spécifiques aux réacteurs sur lesquels la gestion du combustible GARANCE est déployée ;
- des modifications documentaires associées aux chapitres des règles générales d'exploitation (RGE) suivants :
 - chapitre III : spécifications techniques d'exploitation (STE),
 - chapitre IX : essais périodiques (EP),
 - chapitre X : essais physiques ;
- de trois modifications intellectuelles.

1. MODIFICATIONS MATÉRIELLES

1.1. MODIFICATION DES CHAÎNES DELTA T

Dans l'objectif de maintenir des exigences identiques entre la gestion du combustible GARANCE et la gestion PMOX, EDF a choisi de modifier certains réglages des chaînes de protection du réacteur et d'abaisser la droite de blocage³ du groupe de grappes de régulation de température (groupe R) afin de limiter son extraction dans le cas d'une chute de grappes.

À l'issue de la modification, la fonctionnalité de chaque chaîne sera intégralement vérifiée en injectant des signaux simulés en entrée et en contrôlant la conformité des signaux en sortie.

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère que la modification « Modification des chaîne Delta T », telle que soumise à autorisation par EDF, ne génère pas de risque de régression de la sûreté.

1.2. ÉVOLUTION DU VOLUME LIBRE TEP⁴, DU VOLUME REQUIS DANS LA BÂCHE REA⁵ BORE ET DE LA CB DE LA BÂCHE PTR⁶

Afin de s'assurer du respect des hypothèses considérées dans les études de sûreté du RP4 900 concernant la maîtrise de la réactivité, et dans l'objectif de maintenir des exigences identiques entre la gestion du combustible GARANCE et la gestion PMOX, EDF a choisi de faire évoluer la concentration en bore de la bâche PTR ainsi que les volumes minimaux requis dans les bâches REA bore et TEP.

Ces évolutions ont plusieurs conséquences pour les matériels associés, notamment une extension de la gamme de mesure du boremètre REN⁷ (impliquant une mise à jour de son logiciel et des alarmes associées) ainsi que le réglage de seuils d'alarme des niveaux des bâches. Les chapitres III et IX des RGE sont également modifiés en cohérence.

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère que la modification « Évolution du volume libre TEP, du volume requis dans la bâche REA Bore et de la Cb de la bâche PTR », telle que soumise à autorisation par EDF, ne génère pas de risque de régression de la sûreté.

³ La droite de blocage du groupe R est une limite du diagramme de pilotage qui a pour objectif de limiter l'extraction du groupe R pour certains transitoires accidentels où une extraction trop importante risque d'endommager le combustible.

⁴ TEP : système de traitement des effluents primaires.

⁵ REA : système d'appoint en eau et en bore.

⁶ PTR : Système de traitement et de refroidissement des piscines.

⁷ Le boremètre REN permet la surveillance de la concentration en bore dans le circuit primaire.

1.3. AUGMENTATION DE LA PRESSION DES ACCUMULATEURS RIS⁸

Afin d'avancer l'instant d'injection d'eau borée dans le circuit primaire à court terme dans la situation d'accident de perte de réfrigérant primaire engendrée par une brèche « intermédiaire », et ainsi de réduire le temps de découverte du cœur et la hausse de température de la gaine du combustible lors de cet accident, EDF prévoit une augmentation de la pression des accumulateurs RIS.

Augmenter la pression induit toutefois un risque de fuite au niveau des soupapes de protection des accumulateurs. Pour pallier ce risque, EDF prévoyait initialement l'installation d'un disque de rupture en amont de chaque soupape de protection. À la suite de difficultés de déploiement de cette modification sur le réacteur n° 1 du site du Tricastin, EDF a décidé d'abandonner l'ajout du disque de rupture, de remplacer le joint torique d'origine de la soupape par un joint de plus grande dureté et de reprendre le tarage de la soupape. Ces évolutions de la modification simplifient son déploiement tout en réduisant au minimum le risque de fuite des soupapes de protection des accumulateurs.

La mise en place du disque de rupture avait conduit l'IRSN à émettre une recommandation dans le cadre de l'avis portant sur le DA VD4 phase B PMOX [3]. **Sous réserve qu'EDF abandonne définitivement l'ajout du disque de rupture, l'IRSN n'a plus de remarque sur l'exploitation de la modification.**

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère que la modification « Augmentation de la pression des accumulateurs RIS » sans ajout du disque de rupture ne génère pas de risque de régression de la sûreté.

2. MODIFICATIONS DOCUMENTAIRES – CHAPITRE III DES RGE (SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES D'EXPLOITATION)

Dans le cadre du DA VD4 phase A GARANCE, les dispositions suivantes sont désormais valorisées en tant que dispositions complémentaires⁹, dans le domaine d'exploitation API SO¹⁰ :

- l'ouverture manuelle du dispositif d'événage-filtration de l'enceinte (dispositif U5) en cas de perte de la source froide (situation H1) ou en situation de perte totale des alimentations électriques (situation H3) ;
- la mise en service manuelle d'un appoint au circuit primaire par le système d'injection prévu au titre du noyau dur (EAS-u¹¹), alimenté par le DUS¹², en situation H3, en lieu et place de l'appoint gravitaire au circuit primaire depuis la piscine BK¹³ et de l'appoint au circuit primaire par le circuit RCV¹⁴ du réacteur voisin.

Ces modifications du rapport de sûreté sont identiques à celles apportées dans le cadre du DA VD4 phase B PMOX. Aussi, EDF a reconduit dans le DA STE VD4 phase A GARANCE les modifications des STE introduites dans le DA VD4 phase B PMOX. Ces modifications concernent, outre les dispositions citées supra, les fonctions supports de l'EAS-u et les informations nécessaires en conduite post-accidentelle en situation H1 ou H3. Toutefois, EDF est reparti des modifications des STE du dossier DA VD4 phase B PMOX initialement déposé, sans reconduire les engagements pris au cours de l'expertise du DA VD4 phase B PMOX. Au cours de la présente expertise, EDF s'est engagé à modifier le DA STE VD4 phase A GARANCE en cohérence avec les modifications

⁸ RIS : Système d'injection de sécurité.

⁹ Dispositifs automatiques ou manuels spécifiques à la gestion d'une situation accidentelle non couverte par le domaine de dimensionnement conventionnel et nécessaires à la vérification probabiliste du niveau de sûreté de l'installation.

¹⁰ API SO : Arrêt pour intervention, circuit primaire suffisamment ouvert.

¹¹ EAS-u : Système ultime permettant l'évacuation de la puissance résiduelle dans l'enceinte.

¹² DUS : Diesel d'ultime secours.

¹³ BK : Bâtiment combustible.

¹⁴ RCV : Circuit de contrôle volumétrique et chimique.

apportées dans le cadre de l'instruction du DA VD4 phase B PMOX. L'IRSN estime que cet engagement est satisfaisant.

3. MODIFICATIONS DOCUMENTAIRES - CHAPITRE IX DES RGE (ESSAIS PÉRIODIQUES)

Dans le cadre du DA VD4 phase A GARANCE, les évolutions du chapitre IX des RGE proposées par EDF sont :

- la prise en compte des nouveaux requis STE relatifs à l'indisponibilité des systèmes EAS-u, LHU¹⁵, LHC¹⁶, LBU¹⁷/LCU¹⁸ et du filtre U5 lors de la réalisation des essais périodiques dans le domaine d'exploitation API SO ;
- la suppression de l'essai du contrôle de l'inhibition de fermeture de la vanne PTR 001 VB, à la suite de la suppression de la valorisation de l'appoint au primaire par la piscine BK dans le domaine d'exploitation API SO en tant que disposition complémentaire.

Ces évolutions n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.

Par ailleurs, sur les réacteurs de 900 MWe du palier CPY, les critères RGE associés à l'essai de vérification du débit cuve, réalisé tous les rechargements, et à l'essai de décroissance du débit primaire, réalisé tous les quatre rechargements, diffèrent selon les gestions du combustible (PMOX et GARANCE).

Concernant le critère de débit minimal attendu lors de l'essai de vérification du débit cuve pour la gestion du combustible GARANCE, EDF a indiqué qu'il sera modifié en VD4 phase A, pour reprendre la valeur retenue sur les réacteurs en gestion du combustible PMOX. **Celui-ci étant plus pénalisant, cela n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Concernant l'essai de décroissance du débit primaire, EDF a indiqué que la courbe « critère » de décroissance du débit primaire applicable à la gestion PMOX sera reconduite sur les réacteurs en gestion du combustible GARANCE. **Celle-ci étant plus pénalisante, cela n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

4. MODIFICATIONS DOCUMENTAIRES - CHAPITRE X DES RGE (ESSAIS PHYSIQUES)

Les modifications intellectuelles du chapitre X des RGE associées à la réévaluation du dossier de sûreté de la gestion du combustible GARANCE pour son passage en VD4 concernent :

- l'évolution du facteur d'incertitude pris en compte pour vérifier l'enveloppe limite de la distribution axiale des facteurs de point chaud lors des essais de carte de flux ;
- la réévaluation du facteur d'élévation d'enthalpie de conception ;
- l'évolution du critère associé au déséquilibre azimutal de puissance interne maximal du cœur¹⁹ (tilt) prescrit au palier 45-50 % Pn, ainsi que l'évolution de valeurs limites associées au tilt lors des essais aux paliers de puissance 5-10 % Pn et 45-50 % Pn.

¹⁵ LHU : Système de production électrique de 6,6 kV secourue ultime (DUS).

¹⁶ LHC : Système de distribution électrique de 6,6 kV secourue ultime.

¹⁷ LBU : Système de production et de distribution 125 Vcc permanent du bâtiment HDU.

¹⁸ LCU : Système de production et de distribution de 48 V continu pour le relaiage (bâtiment HDU).

¹⁹ Le déséquilibre azimutal de puissance interne maximal du cœur (tilt) est un phénomène observé sur les réacteurs nucléaires d'EDF lors de redémarrages après arrêt pour rechargement. Il se caractérise, pour une configuration par conception symétrique, par l'apparition d'écarts de puissance (de l'ordre de quelques pourcents) entre différents quadrants du cœur.

Ces évolutions n'appellent pas de remarque dans la mesure où les deux premières ont déjà été jugées acceptables par l'IRSN dans le cadre de l'expertise des critères de tenue du combustible en 2017 [8] et de l'examen des études d'accident de la gestion GARANCE à l'état VD4 [9], et que la dernière est similaire aux évolutions mises en œuvre pour les gestions du combustible PARITE MOX et CYCLADES.

L'analyse de l'IRSN concerne également les modifications intellectuelles du chapitre X des RGE associées à l'évolution du seuil site de l'alarme sur la surveillance du déséquilibre azimutal de puissance neutronique (DPAZN). **Ces modifications induisent une évolution des modalités de surveillance du DPAZN dans le chapitre X qui n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

Le respect du seuil site de l'alarme DPAZN permet de couvrir l'impact des oscillations azimutales de puissance dans le cœur sur les facteurs radiaux de point chaud par l'intermédiaire d'une pénalité spécifique prise en compte dans les études de sûreté. Or, aucune incertitude liée aux écarts entre le calcul et la mesure du DPAZN n'est prise en compte, ce qui pourrait mettre en cause cette pénalité. À l'issue de l'expertise, EDF s'est engagé à introduire dans le chapitre X des RGE pour la gestion GARANCE à l'état VD4 un recalage des chambres neutroniques niveau puissance²⁰ (CNP) tous les 15 JEPP²¹ (au lieu de 30) lorsque le tilt est supérieur à 2 % Pn. Cette action permet de limiter la dérive du DPAZN entre deux calibrages des CNP et ainsi de réduire l'incertitude liée au seuil site de l'alarme DPAZN. **En conséquence, l'IRSN estime acceptable l'évaluation de l'incertitude du signal DPAZN sur site pour la gestion GARANCE à l'état VD4.**

Enfin, l'IRSN a analysé l'acceptabilité du chapitre X des RGE au regard de la généralisation de la mise en œuvre des grappes absorbantes en hafnium²² sur les réacteurs du palier CPY en gestion GARANCE à l'occasion de leur passage en VD4. En effet, la présence des grappes en hafnium est susceptible de modifier le comportement neutronique du cœur. Au cours de l'expertise, EDF a justifié pour ces réacteurs :

- la suffisance du programme d'essais physiques standard au regard du comportement de la chaîne de calcul neutronique d'EDF en présence de grappes en hafnium ;
- le bon fonctionnement de l'instrumentation nucléaire utilisée pour interpréter les essais physiques.

Compte tenu de ces éléments, l'IRSN considère suffisant le programme standard d'essais physiques et estime satisfaisants les éléments fournis par EDF pour garantir le bon fonctionnement de l'instrumentation nucléaire utilisée pour interpréter les essais physiques pour la gestion GARANCE à l'état VD4 en présence de grappes en hafnium.

5. MODIFICATIONS INTELLECTUELLES

Ces modifications recouvrent les modifications associées au rapport de sûreté induites par les études relevant du domaine de dimensionnement et du domaine complémentaire pour les réacteurs de 900 MWe exploités en gestion du combustible GARANCE à l'état VD4. Ces modifications ayant été analysées lors de l'instruction des études d'accident de la gestion GARANCE à l'état VD4 [10] et n'ayant pas fait l'objet de remarques, l'IRSN n'a pas de commentaire à faire à ce sujet. Néanmoins, EDF a prévu de corriger certaines incohérences entre les valeurs retenues dans les STE et les hypothèses considérées dans les études de la gestion du combustible GARANCE, ce qui est satisfaisant.

²⁰ Les chambres neutroniques niveau puissance sont des capteurs permettant de suivre le flux de neutrons émis par le réacteur lors des phases de production.

²¹ Jour équivalent pleine puissance. Énergie fournie en 24 heures par un réacteur fonctionnant à puissance nominale.

²² Pour poursuivre l'exploitation des réacteurs du palier 900 MWe au-delà des 40 ans en limitant le vieillissement des cuves, EDF a décidé de mettre en œuvre à partir de la VD4 900 sur tous les réacteurs du palier CPY une solution matérielle permettant de réduire la fluence reçue par la cuve. Cela consiste en la mise en réacteur d'un jeu de 12 grappes absorbantes en hafnium, en périphérie des cœurs.

6. CONCLUSION

Compte tenu des engagements pris par EDF, l'IRSN estime que les modifications matérielles, documentaires et intellectuelles relevant du dossier d'amendement comprenant les modifications de la phase A des réacteurs de 900 MWe exploités en gestion du combustible GARANCE, dit « DA VD4 phase A GARANCE », telles que soumises à autorisation par EDF, sont acceptables sur le plan de la sûreté et de la radioprotection.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2024-00005 DU 22 JANVIER 2024

Références

- [1] Avis IRSN n° 2019-00042 du 1er mars 2019 : « EDF – REP – Réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe du palier CPY - Examen des modifications matérielles et des dossiers d'amendement des règles générales d'exploitation (RGE) associés à la phase A du réexamen (volet générique « palier CPY PMOX » et volet spécifique « Tricastin ») soumis à autorisation au titre de l'article 26 du décret du 2 novembre 2007 modifié ».
- [2] Avis IRSN n° 2020-00207 du 18 décembre 2020 : « EDF – REP – Réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe du palier CPY - Examen des modifications matérielles et des dossiers d'amendement des règles générales d'exploitation (RGE) associés à la phase A du réexamen – Complément ».
- [3] Avis IRSN n° 2023-00048 du 31 mars 2023 : « REP - EDF – Réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe du palier CPY – Examen des modifications matérielles et intellectuelles et des dossiers d'amendement des règles générales d'exploitation associés à la phase B du réexamen – Réacteur n° 1 du Tricastin ».
- [4] Courrier ASN – CODEP-DCN-2019-019878 du 31 mai 2019 : « Réacteurs électronucléaires de 900 MWe du palier CPY – EDF - Autorisation de modifications notables des installations et de leurs modalités d'exploitation autorisées – Dossiers d'amendement aux règles générales d'exploitation (DA VD4-900-CPY Phase A et DA « Spécificités du site du Tricastin ») ».
- [5] Courrier ASN – CODEP-DCN-2021-005009 du 7 mai 2021 : « Réacteurs électronucléaires de 900 MWe de type CPY – EDF - Autorisation de modifications notables des installations et de leurs modalités d'exploitation autorisées - Dossier d'amendement aux règles générales d'exploitation - DA VD4 900 CPY - Phase A (hors Tricastin 1 et 2) - Rapport de sûreté des réacteurs de 900 MWe, volet « palier CPY PMOX » – Édition VD4 (hors Tricastin 1 et 2) ».
- [6] Courrier ASN – CODEP-DCN-2023-014489 du 7 juillet 2023 : « Réacteurs électronucléaires de 900 MWe de type CPY – EDF - Autorisation de modifications notables des installations et de leurs modalités d'exploitation autorisées - Dossier d'amendement aux règles générales d'exploitation – DA VD4 CPY PMOX phase B pour Tricastin 1 et 2 - Rapport de sûreté des réacteurs de 900 MWe, volet « palier CPY PMOX » – Édition VD4 (Tricastin 1 et 2) - Dossier d'amendement au plan d'urgence interne de la centrale nucléaire du Tricastin ».
- [7] Saisine ASN – CODEP-DCN-2023-044792 du 3 août 2023 : « Réacteurs électronucléaires du palier CPY – EDF – Demande d'autorisation relative à la mise en œuvre du DA VD4 GARANCE phase A concernant les réacteurs 3 et 4 de Blayais et les réacteurs 1, 2, 3 et 4 de Cruas ».
- [8] Avis IRSN n° 2017-00168 du 22 mai 2017 : « Critères de tenue de combustible des réacteurs à eau sous pression ».
- [9] Avis IRSN n° 2023-00061 du 28 avril 2023 : « Réacteurs électronucléaires – EDF – Palier 900 MWe – Gestion GARANCE – Analyse des études d'accidents de la chaudière sans fusion du cœur associées au quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe ».
- [10] Courrier ASN – CODEP-DCN-2023-054030 du 30 octobre 2023 : « Réacteurs 900 MWe de type CPY en gestion GARANCE - Réévaluation des études d'accidents de la chaudière sans fusion du cœur associée au RP4 ».