

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2020-00050

| | |
|------------------------|--|
| Objet... | EDF- REP 900 - Réexamen VD4 900 - Expertises complémentaires relatives à la fonction recirculation des systèmes RIS et EAS, à la nécessité de diversifier le système ASG en situation noyau dur, à la capacité de refroidissement du cœur en APRP BI et à la tenue mécanique des assemblages de combustible. |
| Réf(s)... | <ol style="list-style-type: none">1. Lettre ASN - CODEP-DCN-2013-013464 du 28 juin 2013.2. Lettre ASN - CODEP-DCN-2016-007286 du 20 avril 2016.3. Avis IRSN n° 2019-00002 du 11 janvier 2019 « EDF - Réacteurs 900 MWe du palier CPY en gestion Parité MOX - Analyse des études d'accidents associées au quatrième réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe (VD4 900 MWe) ».4. Avis IRSN/2019-00245 du 25 octobre 2019 : « EDF - réacteurs 900 MWe du palier CPO en gestion CYCLADES - Analyse des études d'accident associées au quatrième réexamen des réacteurs du Bugey (VD4 900 MWe CPO) ».5. Lettre ASN CODEP-DCN-2019-032720 du 19 juillet 2019.6. Saisine ASN CODEP-DCN-2020-021993 du 19 mars 2020.7. Décisions ASN n°2014-DC-0394 à 412 du 21 janvier 2014 fixant à EDF-SA des prescriptions complémentaires applicables aux sites électronucléaires, au vu de l'examen du dossier présenté par l'exploitant conformément à la prescription (ECS-1) de la décision n°2012-DC-0274 du 26 juin 2012.8. Avis IRSN/2020-00049 du 27 mars 2020 « Réacteurs électronucléaires de 900 MWe - EDF - Réponse EDF à la demande CONF n°5 de la lettre ASN sur les orientations génériques du réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe (VD4 900) : Essais particuliers pour les quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe » |
| Nbre de page(s) | 13 |

Adresse Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses

Standard +33 (0)1 58 35 88 88

RCS Nanterre 8 440 546 018

En vue de poursuivre l'exploitation des réacteurs de 900 MWe au-delà de leurs quatrièmes visites décennales (VD4 900), Électricité de France (EDF) a déposé le 20 septembre 2017, auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), une demande d'autorisation accompagnée d'un dossier comportant notamment le rapport de sûreté (RDS) de ces réacteurs et les études réalisées en support à leur démonstration de sûreté.

Le réexamen périodique RP4 associé aux VD4 900 s'inscrit dans un contexte particulier puisque, en 2009, EDF a fait part de sa volonté de prolonger la durée de fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans, durée qui constituait l'hypothèse initiale de conception de certains équipements. L'ASN a estimé [1] que les réacteurs actuels devaient être améliorés, d'une part au regard des objectifs de sûreté applicables aux nouveaux réacteurs, d'autre part afin de réduire encore, autant que raisonnablement possible, l'impact radiologique des

accidents. L'ASN ensuite a précisé ses attentes vis-vis de la démonstration de sûreté lors des orientations du réexamen RP4 900 [2].

Dans le cadre du RP4 900, EDF a réexaminé l'ensemble des études d'accidents des domaines de dimensionnement et complémentaire. Ces études ont fait l'objet des avis de l'IRSN en références [3] et [4]. L'ASN a relevé que des compléments devaient être apportés par EDF au regard de la démonstration de sûreté et a demandé à EDF de lui transmettre les livrables nécessaires à sa prise de position sur la phase générique du réexamen RP4 900 [5]. Cela concerne notamment la fonction de recirculation des systèmes de sauvegarde d'injection de sécurité (RIS) et d'aspersion de l'enceinte (EAS), la tenue mécanique des assemblages de combustible en situation d'accident de perte de réfrigérant primaire (APRP) cumulé avec un séisme, la capacité de refroidissement du cœur en situation d'accident de perte de réfrigérant primaire induit par une brèche de taille intermédiaire (APRP-BI) et l'absence de diversification du système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG) pour les situations d'agressions externes de niveau extrême dites « noyau dur ».

L'IRSN a examiné ces compléments en réponse la saisine de l'ASN en référence [6].

1. FONCTION DE RECIRCULATION DES SYSTEMES D'INJECTION DE SECURITE (RIS) ET D'ASPERION DANS L'ENCEINTE (EAS)

En situation de brèche sur le circuit primaire (APRP), les systèmes RIS et EAS qui assurent, y compris sur le long terme, le refroidissement du combustible dans la cuve du réacteur et l'évacuation de la chaleur hors de l'enceinte de confinement, fonctionnent en recirculation sur les puisards de l'enceinte de confinement après une première phase en injection directe depuis la bêche PTR. Dans une telle situation accidentelle, des débris (de calorifuge, de peinture et autres produits liés à la circulation d'eau dans l'enceinte de confinement) sont générés et transportés jusqu'au fond des puisards de l'enceinte. Ces puisards sont équipés de filtres (trois technologies de filtres existent sur les réacteurs de 900 MWe) visant à assurer une qualité d'eau suffisante pour le fonctionnement des équipements des systèmes RIS et EAS situés en aval et pour le refroidissement du combustible. L'ASN [2] a demandé à EDF de réaliser un programme de travail pour évaluer la conformité de la fonction de recirculation de ces systèmes aux exigences du rapport de sûreté. Ce programme de travail comporte notamment l'analyse des risques de perte de la fonction de recirculation associés aux effets physiques et chimiques en amont et en aval des filtres des puisards, et à la présence d'air à l'aspiration des pompes RIS et EAS, susceptibles de conduire à leur désamorçage.

À l'issue de son expertise présentée dans l'avis en référence [3], l'IRSN a conclu que le dossier d'EDF comportait des lacunes importantes et que la démonstration de l'efficacité et de la conformité de la fonction de recirculation n'était pas apportée. En particulier :

- la masse et la nature des débris (terme source débris amont - TSD amont), provenant notamment des calorifuges et des peintures, à considérer dans l'eau de recirculation sont à consolider ;
- le risque de cavitation des pompes RIS et EAS, en tenant compte des pertes de charge aux bornes des filtres et dans le réseau hydraulique, doit être réévalué pour les réacteurs de 900 MWe dans leur ensemble et apparaît important pour les réacteurs de type CP0 du Bugey ;
- la caractérisation du transfert à l'aval des filtres des puisards de débris susceptibles d'avoir un impact sur le refroidissement du combustible dans la cuve du réacteur doit être consolidée ;
- la représentativité des essais de qualification des filtres des puisards ainsi que des essais de colmatage des assemblages de combustible (AC), réalisés jusqu'à présent, au regard des conditions d'ambiance dans l'enceinte de confinement et de la chimie de l'eau de recirculation n'est pas acquise.

Compte tenu de la sensibilité des phénomènes de colmatage des filtres et des assemblages de combustible aux caractéristiques des débris, à la température et à la chimie de l'eau des puisards, l'IRSN a estimé qu'EDF devait sans attendre rechercher les modifications permettant d'éliminer la composante fibres du terme source de débris amont des filtres et, si l'élimination complète des fibres ne pouvait pas être obtenue, de réduire les risques associés aux effets de la température et de la chimie de l'eau.

À la suite de ces conclusions, EDF s'est engagé à réaliser des études et des essais pour montrer l'efficacité de la fonction de recirculation en APRP et à étudier en parallèle la faisabilité technique de modifications des installations de nature à réduire les risques de dysfonctionnement de cette fonction. L'ASN a demandé à EDF de compléter sa démonstration par une démarche de réduction de risque apportée par des modifications matérielles ou intellectuelles [5].

En réponse à la saisine de l'ASN en référence [6], l'IRSN a examiné les éléments récents transmis par EDF, qui a notamment fait évoluer sa démonstration de l'efficacité de la fonction de recirculation de l'eau des puisards et a engagé les premiers essais relatifs à la qualification des filtres et à la capacité de refroidissement des assemblages de combustible en 2019. EDF a précisé que sa position sur la conformité de la fonction recirculation sera mise à jour au second semestre 2020 après finalisation des essais et que sa position finale sur les modifications qui seront mises en œuvre sera précisée au premier semestre 2020. Dans l'attente de ces éléments, les conclusions de l'IRSN sont présentées ci-après. **L'IRSN souligne que ses conclusions s'appuient également sur des enseignements tirés des campagnes d'essais qu'il a réalisées sur la boucle Viktoria ainsi que sur les éléments de retour d'expérience transmis par la communauté internationale en réponse aux actions menées par l'IRSN et l'ASN (enquête et réunions bilatérales avec leurs homologues).**

Caractérisation des termes sources de débris

L'expertise réalisée dans le cadre du GPR études RP4-900 a montré qu'EDF n'avait pas une connaissance parfaite ni de la nature des fibres ni des technologies de calorifuges installés sur ses réacteurs. Dans la mesure où la démonstration de l'accomplissement de la fonction de recirculation repose sur la caractérisation et la maîtrise dans le temps du TSD amont, les calorifuges doivent bénéficier d'exigences adéquates. **Sur ce point, EDF a pris l'engagement n°1 mentionné en annexe 2 qui est satisfaisant dans le principe mais dont la déclinaison opérationnelle reste à préciser.**

Concernant le terme source débris en fibres, EDF a consolidé l'inventaire des calorifuges effectivement installés sur les réacteurs de 900 MWe. De plus, EDF a réévalué les zones de destruction des calorifuges (ZOD) en cas d'APRP et retient désormais une ZOD de 17D¹ hormis pour les calorifuges encapsulés pour lesquels il retient une ZOD de 4D (au lieu de 12D dans le dossier initial). Les éléments permettant de justifier la ZOD 4D, basés sur des comparaisons avec des calorifuges américains, ont été transmis par EDF en fin d'expertise et feront l'objet d'un examen ultérieur. **L'IRSN souligne dès à présent que des essais de destruction propres aux calorifuges encapsulés d'EDF pourraient constituer une voie de réduction du TSD amont en fibres.** Ce point est à mettre en regard de la recommandation n° 2 de l'IRSN en annexe 1.

Du calorifuge microporeux est présent au niveau des traversées du puits de cuve pour certains réacteurs. Etant donné que ce calorifuge a des effets potentiellement néfastes sur les équipements à l'aval, l'IRSN considère que ce type de calorifuge doit être retiré et formule à cet égard la **recommandation n° 1** en annexe 1.

¹ D est le diamètre de tuyauterie affectée par la brèche.

Par ailleurs, EDF a fait évoluer son référentiel d'études et applique désormais les hypothèses du référentiel APRP « rénové » qui retient, pour les situations du domaine de dimensionnement, des brèches à débatement limité (brèches ADL) du fait de la présence des dispositifs anti-débattement. Dans ces situations, une voie de filtration est considérée indisponible par application de la règle de l'aggravant. Les brèches doublement débattues (2A), initialement considérées dans les études de la filtration, ne sont maintenant étudiées qu'au titre de la robustesse. Pour ces brèches 2A, les deux voies de filtration sont considérées disponibles (pas d'application de l'aggravant). La prise en compte du référentiel APRP réduit les aires de brèches à considérer et par conséquent les quantités de calorifuges impactés par le jet issu de la brèche. La quantité de débris générés par une brèche sur le circuit primaire est ainsi réduite par rapport à celle présentée dans le dossier initial d'EDF en RP4-900. **L'IRSN estime acceptable l'application de ces hypothèses mais considère que les aires de brèches et la quantité de calorifuge détruit par le jet doivent encore être justifiées par EDF, ce qui fait l'objet de l'engagement d'EDF n° 2 mentionné en annexe 2.**

Pour le cas spécifique d'une brèche longitudinale au niveau du coude d'entrée du générateur de vapeur pour les réacteurs n°2 et n°3 de Bugey (coude demi-coquilles), le débatement limité ne peut être valorisé et EDF s'est engagé à consolider la quantité de fibres de calorifuges générées pour cette brèche, ce qui fait l'objet de l'engagement n°3 en annexe 2.

Concernant les quantités de micro-débris de peinture générés par une brèche, EDF s'est engagé à transmettre des compléments de justification, ce qui fait l'objet de l'engagement n°4 en annexe 2, qui est satisfaisant pour l'IRSN.

Par ailleurs, l'IRSN n'a pas de remarque sur les hypothèses de transport des débris jusqu'aux filtres retenues par EDF et souligne que l'absence de valorisation par EDF de la sédimentation en fond de puisard constitue un poste de conservatisme. EDF examine actuellement la possibilité de valoriser un certain taux de sédimentation au fond des puisards et présentera ses conclusions à ce sujet mi-2021.

EDF a identifié que certaines localisations de brèches étaient pénalisantes en termes de quantités de fibres et de particules générées. Ainsi, il retient pour les études de la filtration et en particulier pour les essais de qualification des filtres, un TSD amont de découplage qu'il considère pénalisant. Or différents TSD amont sont à considérer selon l'objectif recherché, à savoir maximiser les pertes de charges aux bornes des filtres (dépendant de la quantité de débris arrivant aux filtres et du rapport massique entre les fibres et les particules) ou aux bornes des assemblages de combustible (en l'absence de lit de débris sur le filtre, le TSD aval pourrait être maximisé). **À ce sujet, EDF a pris l'engagement n°5 en annexe 2, que l'IRSN estime satisfaisant.**

Modifications pour réduire les quantités de débris issus des calorifuges

A la suite de son expertise et compte tenu de la sensibilité marquée des phénomènes de colmatage à certains paramètres mis en exergue par les essais Viktoria (caractéristiques des débris fibreux, cinétique d'arrivée des débris dans les puisards, température et chimie de l'eau...), l'IRSN considère qu'une réduction significative des débris de calorifuge fibreux est nécessaire pour limiter le risque de défaillance de la fonction de recirculation en APRP, induit par un colmatage trop important des filtres ou des assemblages de combustible et formule à cet égard la **recommandation n°2** en annexe 1.

Risque de perte des pompes RIS et EAS par cavitation

L'IRSN considère que la marge au NPSH² des pompes RIS et EAS du palier CPY devra être réévaluée par EDF à l'issue des essais de qualification des filtres des circuits de recirculation. Plusieurs hypothèses nécessitent par ailleurs d'être consolidées. **Si, à l'issue de ces réévaluations, la marge au NPSH des pompes n'apparaissait pas suffisante, EDF devrait alors mettre en œuvre des modifications.**

Pour les réacteurs de type CP0 du Bugey, EDF a réévalué la marge aux NPSH des pompes RIS dans des situations d'accident en valorisant ou non la surpression dans l'enceinte de confinement. Il en ressort que la valorisation de la pression enceinte, ne suffit pas à garantir l'absence de risque de perte des pompes RIS par cavitation. Pour ces situations, EDF s'appuie sur des essais de cavitation avancée d'une pompe RIS, réalisés en 1996. EDF a néanmoins examiné une modification de la pompe RIS pour éviter son fonctionnement en cavitation mais considère qu'elle n'est pas nécessaire. Pour l'IRSN d'autres modifications, comme une augmentation du niveau d'eau dans l'enceinte de confinement, peuvent également contribuer à restaurer des marges au NPSH. EDF s'est engagé à fournir des éléments d'analyse sur ce point, ce qui fait l'objet de l'engagement n°6 en annexe 2.

En tout état de cause, à ce stade, l'IRSN considère que la situation actuelle des pompes RIS et EAS des réacteurs CP0 du Bugey n'est pas satisfaisante et que, dans un contexte de prolongation de la durée de fonctionnement de ces réacteurs, des modifications doivent être mises en œuvre par EDF pour éviter le fonctionnement en régime de cavitation de ces pompes. L'IRSN formule à cet égard **la recommandation n°3** en annexe 1.

Risque de perte des pompes RIS et EAS par aspiration d'air

EDF a engagé un programme de travail pour évaluer le risque de désamorçage des pompes RIS et EAS par aspiration d'air lors du passage en recirculation. Ce programme, analysé par l'IRSN, comprend des travaux de modélisation et des essais sur des pompes à échelle réduite. EDF s'est engagé à compléter ce programme pour répondre aux réserves de l'IRSN portant sur les volumes d'air pour les essais avec filets d'air, sur la transposabilité des résultats et la sensibilité à la durée d'injection d'air, ce qui fait l'objet de l'engagement n°7 en annexe 2, **qui est satisfaisant pour l'IRSN.**

Capacité de refroidissement des assemblages de combustible

EDF a débuté les essais visant à consolider sa démonstration de la capacité de refroidissement des assemblages de combustible (AC) dans le cœur du réacteur en présence de débris dans l'eau de recirculation. En l'état actuel du programme d'EDF, l'IRSN estime que la capacité de refroidissement des assemblages de combustible n'est pas démontrée. Par ailleurs, de nombreux paramètres sont susceptibles d'influer sur les résultats des essais de colmatage des AC (nature des fibres, mode de préparation des fibres, mode d'injection des débris, réarrangement du lit de débris sur le filtre...). **Cette difficulté à obtenir une démonstration justifie la recherche de modifications (recommandations n°1 et 2 en annexe 1).**

² Net positive suction head (différence entre la pression absolue totale du liquide en un point et sa pression de vapeur saturante).

Prise en compte des effets chimiques

Concernant la prise en compte des effets chimiques, l'IRSN a formulé des réserves sur la représentativité des essais d'EDF actuellement en cours sur les filtres et les assemblages de combustible (conditionnement chimique de l'eau de recirculation, concentrations en débris) qu'EDF s'est engagé à prendre en compte. De plus, EDF s'est engagé à étudier la faisabilité d'un programme d'essais intégraux (portant sur les filtres et les assemblages de combustible) qui apporterait un éclairage complémentaire. Ces actions d'EDF font l'objet de l'engagement n°8 en annexe 2, que l'IRSN estime satisfaisant.

Synthèse

Si l'IRSN souligne l'ampleur des actions engagées par EDF (essais en cours dans différents dispositifs et études), il estime nécessaire qu'EDF mette en œuvre dans le cadre de la poursuite de l'exploitation des réacteurs de 900 MWe au-delà de quarante ans, des modifications pour limiter le risque de perte de la fonction de recirculation et de refroidissement des assemblages de combustible dans les situations de dimensionnement de brèche sur le circuit primaire (suppression du calorifuge poudreux, réduction du calorifuge fibreux, augmentation de la marge aux NPSH des pompes RIS et EAS des réacteurs CPO du Bugey).

2. TENUE MECANIQUE DES ASSEMBLAGES DE COMBUSTIBLE EN SITUATION D'APRP CUMULE AVEC UN SEISME

Dans le cadre du RP4 900, l'IRSN a estimé que, dans ses avis en références [3] et [4], EDF a apporté la démonstration du bon comportement des assemblages de combustible dans le cœur du réacteur dans les situations normales, incidentelles et accidentelles, hormis pour ce qui concerne l'absence de flambage des grilles d'assemblage en situation de cumul des effets d'un séisme et d'un APRP. À la suite du courrier en référence [5], EDF a transmis des compléments sur ce dernier volet de la démonstration de sûreté pour les réacteurs du palier CPY et ceux de la centrale nucléaire du Bugey. Dans le cadre de la saisine de l'ASN en référence [6], l'IRSN a examiné le caractère acceptable de la démonstration transmise par EDF sur la capacité de refroidissement du cœur et la maîtrise de la réactivité pour la situation considérée, et la nécessité ou non de mettre en œuvre des dispositions compensatoires.

Dans le cadre du RP4 900, EDF a rencontré des difficultés pour démontrer l'absence de flambage des grilles d'assemblage en situation de cumul des sollicitations d'un séisme et d'un APRP. Ces difficultés résultent d'évolutions d'hypothèses, notamment de la correction de la valeur erronée de raideur interne des grilles d'assemblage retenue jusqu'alors dans la démonstration, de la prise en compte du fonctionnement des réacteurs en prolongation de cycle et de la prise en compte de la déformation latérale des assemblages de combustible dans le cœur en fonctionnement normal. Or une démonstration d'absence de flambage des grilles permet de garantir de manière simple dans les situations concernées le respect des exigences de sûreté, à savoir la chute des grappes de commande (et donc la maîtrise de la réactivité) et le refroidissement du combustible en cas d'APRP.

EDF a alors proposé une démarche nouvelle et complexe de justification du respect des exigences de sûreté sur laquelle l'IRSN a formulé plusieurs réserves concernant notamment le calcul du cumul des sollicitations du séisme et de l'APRP, la modélisation du comportement des grilles d'assemblages en réacteur après leur flambage ou l'exhaustivité des analyses d'impact du flambage des grilles menées. En réponse à ces réserves, EDF s'est engagé à apporter des éléments complémentaires, ce qui fait l'objet de l'engagement n°9 mentionné en annexe 2.

Face à la difficulté de démontrer le respect des critères de sûreté avec des grilles d'assemblages déformées, l'IRSN estime souhaitable de viser en priorité le rétablissement d'une démonstration d'absence de flambage des grilles en situation de cumul d'un séisme et d'un APRP. À cette fin, EDF a pris l'engagement n°10 mentionné en annexe 2. Par ailleurs, EDF poursuivra, avec ses fournisseurs, les réflexions sur les évolutions futures de conception des assemblages de combustible pour accroître leur résistance mécanique.

En conclusion, l'IRSN considère à ce stade que le respect des exigences de sûreté (maîtrise de la réactivité et capacité de refroidissement du cœur) n'est pas démontré avec la nouvelle démarche d'EDF pour la situation d'APRP cumulé à un séisme du référentiel de sûreté. Le programme de travail engagé par EDF devrait toutefois permettre de répondre aux réserves de l'IRSN sur cette démarche et de se rapprocher d'une démonstration du respect des exigences de sûreté reposant sur l'absence de flambage des grilles d'assemblage de combustible.

Dans l'attente, l'IRSN estime qu'EDF doit envisager des mesures compensatoires permettant de limiter les sollicitations mécaniques des assemblages en conditions accidentelles. Sur ce point, l'engagement n°11 rappelé en annexe 2 pris par EDF est satisfaisant.

3. CAPACITE DE REFROIDISSEMENT DU COMBUSTIBLE EN APRP-BI

Dans le cadre du RP4 900, EDF met en œuvre, pour la première fois, la nouvelle méthode (CATHSBI) d'étude de l'accident de perte de réfrigérant primaire - brèche intermédiaire (APRP-BI). Suite à son expertise par l'IRSN, cette méthode a fait l'objet de demandes de l'ASN qui ont été, pour la plupart, prises en compte par EDF (modifications ou pénalisations de la méthode). Néanmoins, certaines réserves restent à ce jour non traitées.

De plus, les résultats des études actuelles de cet accident montrent une forte sensibilité de la température de gaine aux paramètres de calcul, du fait de l'activation de phénomènes physiques tels que le contact entre les crayons de combustible, l'éclatement de leurs gaines et la relocalisation de combustible dans les zones ballonnées ou éclatées. Compte tenu des réserves identifiées et de l'insuffisance des marges au vu de la forte variabilité des résultats observés, l'IRSN a estimé qu'il était difficile de conclure sur le respect des critères techniques d'acceptation ([3], [4]). En conséquence, afin de réduire le risque de perte d'intégrité de crayons combustibles en cas d'APRP BI et ainsi de garantir la capacité de refroidissement du cœur dans ces situations, EDF s'est engagé à mettre en œuvre des modifications, ce qui fait l'objet des engagements n°12 et n°13 en annexe 2.

L'ASN a demandé à EDF d'estimer les gains associés aux modifications retenues et les gains qui auraient été apportés par les modifications envisagées mais non retenues [5] et a demandé à l'IRSN son avis sur la démonstration de la refroidissabilité du cœur en situation d'APRP-BI et sur la nécessité de mettre en œuvre des modifications complémentaires dans le cadre du RP4 900 [6].

Concernant le palier CPY, EDF a retenu l'augmentation de la pression de remplissage des accumulateurs (introduite en phase B du réexamen RP4 900) et la réduction de la pression de remplissage des crayons MOX (qui sera effective en 2025). De plus, dans l'attente de la valorisation de l'abaissement de la pression interne des crayons, EDF procèdera à une réduction du domaine de fonctionnement des réacteurs. Concernant les réacteurs de la centrale du Bugey (palier CP0), un abaissement de la pression de remplissage des crayons UO₂ de 32 bar à 21 bar a déjà été réalisé en amont du réexamen de sûreté RP4 et une réduction supplémentaire jusqu'à 16 bar a été retenue par EDF (elle sera effective en 2025).

Les modifications retenues par EDF permettent de limiter la déformation des gaines et donc de s'éloigner de la zone de forte sensibilité liée à l'enclenchement des phénomènes redoutés relatifs au comportement du combustible. L'IRSN estime en conclusion que les modifications prévues par EDF sont suffisantes pour limiter le risque de perte d'intégrité de crayons combustibles en cas de brèches primaires, et ainsi garantir la capacité de refroidissement du combustible en cas d'APRP-BI.

4. DISPOSITION ASG-ND - ACCEPTABILITE DE L'ABSENCE DE SEPARATION PHYSIQUE ET DE DIVERSIFICATION DES MOYENS UTILISES POUR LES SITUATIONS DU NOYAU DUR

Pour répondre aux objectifs du RP4 900 et compte tenu des conclusions des évaluations complémentaires de sûreté menées à l'issue de l'accident de Fukushima Daiichi (notamment les prescriptions ECS-ND1 et ND4 des décisions de l'ASN en référence [7]), EDF a prévu d'améliorer le système ASG d'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur et de le rendre robuste aux situations « noyau dur ». EDF a tout d'abord présenté une solution ASG-u comportant notamment, dans deux nouveaux bâtiments (équipements et sources électriques), une bache et une motopompe avec une alimentation électrique et un contrôle-commande indépendants et assurés par le diesel d'ultime secours (DUS). Cette solution présentait l'intérêt d'une séparation géographique et d'une diversification des moyens par rapport au système ASG existant. Elle permettait également d'introduire des équipements et bâtiments nouveaux dimensionnés aux conditions « noyau dur ».

En 2018, EDF a proposé une solution ASG-ND s'appuyant sur le renforcement aux conditions « noyau dur » d'équipements existants (motopompe ASG voie B, bache ASG, turbopompe ASG, système de ventilation DVG assurant le conditionnement thermique du local abritant les pompes ASG). La bache ASG existante pourra être alimentée par le nouveau système d'eau brute généralisé SEG. La motopompe ASG voie B et la ventilation DVG voie B pourront être alimentées par le DUS par basculement de source électrique. Les alimentations électriques et le contrôle-commande de cette solution technique reposent en partie sur des tableaux et des coffrets existants, mais également sur des équipements additionnels situés dans le bâtiment abritant le DUS ainsi que dans des locaux du bâtiment électrique (BL) existant.

Dans le cadre de la saisine en référence [6], l'ASN souhaite que « l'IRSN se prononce sur l'acceptabilité de l'absence de séparation physique et de l'absence de diversification des moyens permettant d'assurer la fonction « refroidissement par les générateurs de vapeur » (pompes ASG, bache ASG...), notamment pour gérer les situations H1 et H3, éventuellement cumulées avec une agression externe noyau dur ». Les conclusions de l'IRSN sont développées ci-après.

En situation de perte totale des sources électriques (situation H3) du domaine complémentaire, l'alimentation en eau des générateurs de vapeur est actuellement assurée par la turbopompe ASG (TPS-ASG), alimentée en vapeur par les générateurs de vapeur sans nécessité de sources électriques. La TPS-ASG est, selon EDF, capable de fonctionner pendant les premières heures sans ventilation des locaux (système DVG). Ainsi, l'ASG-ND, avec une motopompe et une ventilation du local ASG (système DVG voie B) alimentées électriquement directement par le DUS, apporte une solution diversifiée pour la conduite des situations H3. De plus, EDF prévoit l'installation de paliers de roulement autolubrifiés et la suppression du circuit de lubrification de la motopompe ASG voie B, ainsi qu'un nouveau signal de démarrage automatique de l'ASG-ND indépendant des signaux existants. Enfin, la réalimentation de la bache ASG par le système SEG apporte une solution diversifiée par rapport à la réalimentation par le système d'eau déminéralisée SER actuellement valorisée dans les situations H1 et H3.

L'IRSN estime que les dispositions ASG-ND prévues par EDF sont satisfaisantes et apporteront une diversification des moyens permettant d'assurer la fonction de refroidissement par les générateurs de vapeur, notamment en situations H1 et H3 ainsi qu'en situation noyau dur.

L'IRSN considère cependant qu'EDF devra démontrer que la disposition ASG-ND ne défiabilise pas la fonction d'alimentation en eau des générateurs de vapeur, compte tenu de la modification de la motopompe ASG voie B et de l'ajout de nouveaux composants, notamment un inverseur de source haute tension. EDF en a convenu et a prévu plusieurs actions pour apporter cette démonstration.

L'IRSN a relevé que la diversification des moyens d'alimentation en eau des générateurs de vapeur reposait sur la capacité de la TPS-ASG à fonctionner en l'absence de ventilation. Dans le cadre des essais particuliers associés au RP4 900, EDF s'est engagé à mener un essai de fonctionnement sans ventilation de la TPS-ASG d'un réacteur de la centrale du Bugey, ce qui est satisfaisant. L'IRSN considère néanmoins qu'un tel essai doit également être mené sur un réacteur du palier CPY [8].

En s'appuyant sur l'éclairage des études probabilistes, l'IRSN constate que, pour les situations accidentelles induites par un incendie ou une inondation interne, et plus généralement pour l'ensemble des agressions, la réduction du risque de fusion du cœur et de rejet apportée par la solution ASG-ND actuellement prévue est significativement plus faible que celle qui aurait été apportée par un train ASG complètement indépendant avec une pompe et une bache supplémentaires abritées dans un nouveau bâtiment et une alimentation électrique non tributaire du bâtiment électrique actuel. Toutefois, l'IRSN partage les conclusions des évaluations probabilistes fournies par EDF montrant qu'un gain relativement faible aurait été apporté par l'ajout d'une nouvelle pompe ASG totalement diversifiée par rapport aux pompes ASG actuelles avec des alimentations électriques et un contrôle commande correspondant à ceux actuellement retenus.

L'IRSN considère qu'EDF devra démontrer que les risques de défaillance de l'ASG consécutifs à une inondation interne ou à un incendie (éventuellement induits par une agression externe « noyau dur ») font l'objet de dispositions appropriées. En particulier, la conception de l'ASG-ND doit permettre de s'affranchir du risque qu'un incendie ou une inondation interne dans les locaux électriques et de relayage de la voie A de sauvegarde ne conduise à sa défaillance. Ces questions font déjà l'objet d'un traitement dans d'autres cadres associés au RP4 900 (agressions, maîtrise des effets induits en situation « noyau dur »).

En l'état des éléments transmis et sous réserve des compléments de démonstration mentionnés ci-dessus, l'IRSN considère que la disposition ASG-ND telle que prévue par EDF est de nature à permettre l'atteinte des objectifs du RP4 900. Les engagements d'EDF n° 14 et 15 mentionnés en annexe 2 sont satisfaisants.

Pour le Directeur général et par délégation

Olivier DUBOIS

Adjoint à la Directrice de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2020-00050 du 30 mars 2020

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF retire le calorifuge MICROTHERM® présent sur certains réacteurs du palier 900 MWe dans le plénum en puits de cuve.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'EDF mette en œuvre des modifications de calorifuges permettant, pour chacune des localisations des brèches sur le circuit primaire, de réduire drastiquement la quantité de fibres susceptibles d'être générées par ces brèches. La quantité visée après réduction pourra être adaptée en cas de retrait complet du MICROTHERM® (voir Recommandation n° 1) et sous réserve d'une démonstration des gains apportés sur les pertes de charge par ce retrait.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'EDF mette en œuvre les modifications nécessaires pour éviter le fonctionnement en régime de cavitation des pompes RIS-BP et EAS des réacteurs du Bugey dans les situations d'accidents de perte de réfrigérant primaire (y compris en retenant une hypothèse de pression dans l'enceinte ne valorisant pas son étanchéité).

Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2020-00050 du 30 mars 2020

Engagements principaux de l'exploitant

Engagement n° 1

EDF s'est engagé à identifier le type de document prescriptif permettant de garantir de façon pérenne sur les CNPE un inventaire des types de calorifuges présents dans le bâtiment réacteur cohérent avec la démonstration de sûreté, et communiquera à échéance d'avril 2020 le choix retenu, ainsi que l'échéance de sa prescription.

Engagement n° 2

EDF s'est engagé à consolider l'inventaire des fibres pour la brèche n°3 guillotine doublement débattue (brèche 2A) en prenant en considération un diamètre de rupture de 787,4 mm et la localisation de la brèche à la soudure « C4 ». Cette mise à jour ainsi que l'inventaire des fibres pour la brèche à débattement limité seront fournis à échéance de mars 2020. Les différentes technologies de calorifuges pour différents rayons de ZOD considérés seront précisées dans ces inventaires, et la démarche de détermination du TSD amont fibreux sera également explicitée. La justification du conservatisme de la ZOD pour les brèches à débattement limité sera apportée en septembre 2020.

Engagement n° 3

EDF s'est engagé à s'assurer du caractère enveloppe de la brèche n°3 en tenant compte de la position des soudures longitudinales correspondant à la brèche n°7 pour les réacteurs n°2 et 3 du Bugey, à l'échéance de septembre 2020.

Engagement n° 4

EDF s'est engagé à transmettre, à échéance de mars 2020, une analyse détaillée de l'étude d'équivalence des systèmes américains et français, et un inventaire détaillé des surfaces peintes ainsi que les caractéristiques des peintures impactées par le jet de la brèche n°8.

Engagement n° 5

EDF s'est engagé à compléter son programme de travail avec des essais paramétriques de filtration visant à consolider le TSD aval maximal. Le résultat de cette consolidation sera transmis au plus tard fin 2020. EDF justifiera dès mars 2020 que son programme d'essais de filtration couvre tous les cas possibles en termes de génération des débris.

Engagement n° 6

EDF s'est engagé à analyser d'ici avril 2020 la possibilité d'augmenter le niveau d'eau dans les puisards BR lors du passage en recirculation ou de retarder le passage en recirculation pour augmenter les marges au NPSH des pompes RIS et EAS de Bugey.

Engagement n°7

EDF s'est engagé à :

- réaliser un programme d'essais complémentaires sur la boucle R&D BIFACE afin de justifier la transposition des résultats de passage d'air sur deux pompes de même échelle et de même type (nombre de roues, orientation, Ns) mais de constructeurs différents. Des résultats seront disponibles en avril 2020 ;
- réaliser un programme d'essais complémentaires sur deux pompes double-œillard homothétiques, sur les boucles R&D BIFACE et EPEC au CERG, afin de justifier la transposition des résultats de passage d'air sur deux pompes d'échelles différentes mais exactement homothétiques. Les résultats seront disponibles fin 2020 ;
- approfondir l'analyse de l'ensemble des résultats issus des essais déjà réalisés à la recherche de données déjà exploitables, afin d'estimer les volumes d'air conduisant au désamorçage des pompes dans le cas des essais avec filet d'air. Cette analyse sera réalisée avant fin avril 2020. Les volumes d'air conduisant au désamorçage des pompes seront dans tous les cas mesurés lors des prochaines campagnes d'essais, y compris pour le cas d'injection d'air en filet.
- analyser la pertinence et la faisabilité d'essais et d'études supplémentaires, vis-à-vis de l'effet du NPSH et donc de la transposabilité du coefficient de Thoma d'une part, et de la sensibilité à la durée d'injection du filet d'air combinée au taux de vide d'autre part. Cette analyse sera réalisée pour fin avril 2020.

Engagement n°8

EDF s'est engagé à :

- poursuivre son programme d'essais découplés (filtre et assemblages de combustible) conformément à son plan d'actions ;
- réaliser des essais sur le combustible avec un TSD aval représentatif, dont les résultats sont prévus en août 2020 ;
- étudier pour avril 2020 la faisabilité d'un programme d'essais intégraux.

Engagement n° 9

EDF s'est engagé :

- à adapter sa proposition du cumul des sollicitations ou des efforts d'impact du séisme et de l'APRP afin de traiter l'ensemble des cas rencontrés en conformité avec le référentiel de sûreté ;
- à analyser dans le détail les résultats des essais multirangées d'assemblages disponibles et à statuer sur le besoin d'essais complémentaires dans le but d'évaluer les conséquences d'une interaction entre rangées d'assemblages sur le comportement post-flambage des grilles ;
- à réaliser une analyse de sensibilité à la variabilité de la limite de flambage des grilles afin de justifier le conservatisme de la démarche d'étude en vigueur ;
- à compléter son analyse afin d'intégrer l'impact des déformations statiques des assemblages à la justification de la tenue mécanique des tubes-guides et à évaluer l'impact neutronique d'un réseau de crayons perturbés sur les paramètres d'intérêt de la justification de sûreté.
- EDF présentera ses premières conclusions mi-2021.

Engagement n° 10

EDF s'est engagé, à échéance de fin 2021, à réaliser des essais de non-flambage de grilles d'assemblages plus représentatifs que les essais de référence actuellement valorisés, à définir une nouvelle valeur de limite de non-flambage et à analyser l'impact de cette nouvelle limite sur les résultats des études.

Engagement n° 11

EDF s'est engagé, à échéance de fin 2020, à évaluer les effets du fonctionnement en prolongation de cycle sur la tenue mécanique des assemblages afin d'apprécier la pertinence de restrictions provisoires portant sur ce mode de fonctionnement, et à étudier la possibilité de mettre en œuvre d'autres leviers de nature à limiter les sollicitations mécaniques des assemblages en conditions accidentelles.

Engagement n° 12

EDF s'est engagé à mettre en œuvre, pour le palier CPY, une augmentation de la pression de remplissage des accumulateurs (introduite en phase B du réexamen RP4), une réduction de la pression de remplissage des crayons MOX (qui sera effective en 2025), ainsi qu'une réduction de 2 % de l'occupation à droite du domaine de fonctionnement en attendant de pouvoir valoriser la baisse de la pression de remplissage des crayons.

Engagement n° 13

EDF s'est engagé à mettre en œuvre, pour le palier CP0, une réduction de la pression de remplissage des crayons UO₂ qui sera effective en 2025.

Engagement n° 14

EDF s'est engagé à fournir, à échéance de juillet 2021, l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) établie sur le contrôle commande de l'ASG ND qui a pour objectif de démontrer l'absence de défiabilisation de l'ASG par l'intégration des modifications de l'ASG ND. Cette analyse intégrera le basculeur de source.

Engagement n° 15

EDF s'est engagé à fournir à échéance de juin 2020 les éléments qualitatifs permettant de justifier l'absence de défiabilisation de l'ASG et du DVG/DVNe existants par l'intégration des modifications de l'ASG ND, ainsi que les éléments de REX sur des conceptions similaires à la modification de la motopompe ASG voie B. L'analyse quantitative de l'absence de défiabilisation de l'ASG existant sera fournie courant 2021 et correspond à l'engagement n° 14 ci-dessus.