



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

**IRSN**  
INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 1<sup>er</sup> septembre 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2022-00182

**Objet** : EPR de Flamanville : Examen du traitement apporté par EDF à l'écart de sous-performance des échangeurs RRI/SEC – Faisabilité de la modification pérenne.

**Réf** : [1] Lettre ASN - CODEP-DCN-2021-038173 du 24 novembre 2021.  
[2] Avis IRSN N° 2022-00108 du 16 mai 2022.

### 1 INTRODUCTION

L'exploitation d'un réacteur nucléaire nécessite l'évacuation de la chaleur produite par le réacteur et ses équipements en toutes situations de fonctionnement. Cette fonction de sûreté est en partie assurée par l'eau du système de réfrigération intermédiaire (RRI) des auxiliaires nucléaires qui est elle-même refroidie par l'eau du système d'eau brute secourue (SEC) au travers d'échangeurs de chaleur RRI/SEC. Pour le réacteur EPR de Flamanville (EPR FA3), les systèmes RRI et SEC sont composés de quatre trains redondants et indépendants les uns des autres. Chaque train SEC est alimenté par de l'eau pompée en mer préalablement filtrée. Les quatre échangeurs RRI/SEC sont de conception identique et possèdent le même requis de performance au titre de la démonstration de sûreté.

En 2019, EDF a constaté que ces échangeurs ne disposaient pas de la capacité d'échange thermique requise au titre de la démonstration de sûreté. EDF prévoit le traitement de cet écart de conformité en deux temps. Dans un premier temps, les échangeurs actuels seront maintenus en l'état et des modifications seront apportées à la roue des pompes SEC afin d'augmenter le débit SEC ainsi qu'aux spécifications techniques d'exploitation (STE). Dans son avis en référence [2], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a estimé acceptable le maintien en l'état des échangeurs RRI/SEC jusqu'à la première visite décennale (VD1) du réacteur sous réserve des modifications précitées. Dans un second temps, EDF réalisera lors de la VD1 des modifications permettant de résorber de manière pérenne l'écart de conformité. Ces modifications concernent le remplacement des échangeurs à tubes actuels par des échangeurs à plaques, ce qui impose la modification de la maille du filtre à coquillages situé en amont de l'échangeur (côté SEC), l'évolution des tracés des tuyauteries RRI/SEC et des modifications d'installation pour assurer la fixation au sol des nouveaux échangeurs.

Par sa lettre en référence [1], l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'IRSN sur la faisabilité technique du remplacement des échangeurs RRI/SEC ainsi que sur les prescriptions ajoutées dans les STE pour permettre le traitement définitif de l'écart de sous-performance des échangeurs à échéance de la VD1. L'IRSN présente ci-après les conclusions de son expertise sur ces aspects ainsi que sur la suffisance des essais de requalification prévus par EDF à l'issue de l'intégration des modifications.

MEMBRE DE  
**ETSON**

## 2 FAISABILITE DE LA MODIFICATION PERENNE

### 2.1 CONCEPTION DE LA MODIFICATION

Les échangeurs à plaques, qu'EDF prévoit d'installer en VD1, ont une surface d'échange supérieure à celle des échangeurs actuels et leur conception modulaire permettra d'ajouter, le cas échéant, des plaques supplémentaires. Ceci permettra de couvrir les éventuels besoins d'évolution de leur capacité d'échange pour la durée de vie du réacteur, **ce qui est satisfaisant**.

Par ailleurs, l'IRSN considère que le remplacement des échangeurs et la modification des tuyauteries RRI et SEC associée ne sont pas de nature à remettre en cause le respect des débits RRI requis au titre de la démonstration de sûreté. Les essais de requalification qui seront réalisés à l'issue de l'intégration de la modification permettront toutefois de confirmer ce point (cf. § 3).

En ce qui concerne le dimensionnement mécanique du nouvel échangeur RRI/SEC, ce dernier intègre bien les chargements à l'interface entre l'échangeur et les tuyauteries RRI et SEC : un torseur d'efforts et de moments induit sur les tubulures par les éléments raccordés a bien été évalué et la combinaison (efforts, moments) la plus défavorable a été retenue comme valeur de découplage par EDF, **ce qui est satisfaisant**.

En outre, pour permettre l'installation des nouveaux échangeurs, les massifs en béton existants devront être remplacés par des massifs moins hauts et des carottages de la dalle en béton devront être effectués pour la mise en place des ancrages de ces échangeurs. Un muret de rétention autour de chacun des quatre échangeurs sera également réalisé afin de récupérer les eaux provenant du lavage mécanique des échangeurs<sup>1</sup>. Afin de limiter au maximum la découpe des armatures de la dalle lors des carottages, EDF réalisera un repérage préalable des aciers à couper et un point d'arrêt visant à vérifier le comportement de la dalle avec les sections d'armatures réduites sera effectué. **Compte tenu de la densité de ferrailage de la dalle, l'IRSN souligne l'importance de ces actions**. De surcroît, les ancrages des nouveaux échangeurs seront noyés dans un liant hydraulique. Or dans le dossier actuel, EDF ne prévoit aucune protection particulière de ces ancrages contre la corrosion. Pour l'IRSN, la reprise de bétonnage à l'interface entre la dalle et les nouveaux massifs constitue une voie de pénétration possible des eaux provenant du lavage mécanique des échangeurs susceptible de favoriser la corrosion. **Ce point fait l'objet de la recommandation présentée en annexe 1**.

Enfin, les évolutions du tracé des tuyauteries RRI et SEC connectées aux échangeurs et le doublement des capteurs de température permettront de réduire les incertitudes associées au calcul de la marge à l'encrassement des échangeurs. **L'IRSN estime positive cette amélioration de la surveillance de la performance thermique des échangeurs RRI/SEC**.

**Au vu de ces éléments, l'IRSN n'identifie pas, à ce stade de la conception de la modification pérenne, de point susceptible d'empêcher sa mise en œuvre. L'IRSN rappelle toutefois que la qualification du filtre à coquillages devra être acquise avant son déploiement (cf. avis en référence [2]).**

### 2.2 CHOIX DU DOMAINE D'EXPLOITATION DU RÉACTEUR POUR L'INTÉGRATION DE LA MODIFICATION

Dans les domaines d'exploitation « réacteur en production (RP) » et « arrêt normal, réacteur refroidi par les générateurs de vapeur (AN/GV) », la disponibilité respectivement de trois et de quatre trains RRI/SEC est requise pour la sûreté. Ainsi, EDF prévoit de remplacer les échangeurs RRI/SEC dans le domaine d'exploitation « réacteur

<sup>1</sup> Afin d'éliminer les salissures déposées sur les surfaces d'échange et de garantir ainsi la performance thermique des échangeurs RRI/SEC, ces derniers feront régulièrement l'objet d'un nettoyage chimique ou mécanique par lavage à l'eau sous pression.

complètement déchargé (RCD) » ou la totalité des assemblages de combustible sera présente dans la piscine d'entreposage et de manutention du combustible usé (piscine BK). Afin de limiter le temps d'intervention et le risque de perte du refroidissement de la piscine, deux échangeurs RRI/SEC non appariés<sup>2</sup> seront remplacés en parallèle. **Ce point n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

## 2.3 RISQUES LIÉS À L'INTÉGRATION DE LA MODIFICATION

L'intégration des nouveaux échangeurs implique la réalisation de nombreuses opérations et nécessite de mettre en place des dispositions de protection pour garantir d'une part la sécurité des interventions, d'autre part la protection des matériels importants pour la sûreté au titre de la gestion des situations accidentelles et de la protection des installations contre les agressions. Pour la réalisation du chantier, EDF prévoit de séparer les locaux abritant les échangeurs en deux zones distinctes par la mise en place d'un mur : la zone des travaux et la zone des équipements classés de sûreté. Bien que cette disposition devrait permettre d'éviter la perte d'équipements classés « présents » dans ces locaux, EDF a examiné le risque pour la sûreté associé à leur indisponibilité au sens des STE dans le domaine d'exploitation RCD. **L'IRSN estime positive la réalisation de cette analyse par EDF.**

Pour les opérations de retrait et d'acheminement des matériels, EDF a retenu des chemins d'accès ne traversant que des zones non contrôlées<sup>3</sup> des bâtiments. L'IRSN estime que ce choix limite le risque de rejets radioactifs en cas de choc sur des capacités contenant du fluide contaminé lors des interventions et est favorable à la radioprotection du personnel. Toutefois, EDF indique dans son dossier que la réalisation de ces voies d'acheminement va nécessiter de déposer ou de déplacer certains équipements classés de sûreté. En première analyse, EDF n'a pas identifié de difficulté associée à la réalisation de ces activités. Néanmoins, la liste des équipements susceptibles d'être déposés ou déplacés n'est à ce jour pas figée. **Cette liste finalisée ainsi que l'analyse de risques associée à la dépose de chaque équipement devraient être présentées dans le dossier définitif associé à la modification pérenne. Ce point est inclus dans l'observation n° 1 présentée en annexe 2.**

Le retrait des échangeurs existants, la modification du tracé des tuyauteries RRI et SEC, la mise en place des nouveaux échangeurs et le remplacement du filtre à coquillages vont notamment nécessiter la réalisation d'opérations de découpe, de lavage, de montage et de soudage. Les risques associés à ces opérations sont identifiés dans le dossier présenté par EDF (incendie, chute de charge, introduction de corps étrangers dans les tuyauteries). Toutefois, les techniques de découpe des échangeurs et des tuyauteries qui seront *in fine* appliquées sur le chantier ne sont pas encore figées. De plus, l'IRSN a identifié un risque spécifique de feu de métal lors des opérations pouvant conduire à la création de points chauds (découpe ou soudure) à proximité des tubes des échangeurs en titane. **Pour l'IRSN, EDF devrait présenter dans son dossier définitif associé à la modification pérenne, les analyses de risques associées aux techniques de découpe *in fine* retenues sur le chantier ainsi que celles relatives au risque de départ de feu induit notamment par la présence de titane. Pour chacune de ces analyses, EDF devra préciser les mesures de protection associées (cf. observation n° 1 en annexe 2).**

De plus, EDF a identifié que des dispositions de protection de l'installation seraient nécessaires lors de certaines phases du chantier nécessitant l'ouverture de différentes portes qui induit un risque de défaillance par mode commun des équipements classés de sûreté situés dans deux divisions de sauvegarde du réacteur en cas d'agression interne (incendie, inondation), ou accroît le risque d'agression externe (portes donnant sur

<sup>2</sup> Les trains RRI/SEC 1 et 2 (respectivement 3 et 4) sont appariés, c'est-à-dire que l'un ou l'autre de ces trains peut alimenter les équipements des « communs RRI », notamment les échangeurs des trains principaux du système PTR de refroidissement de la piscine BK, de la barrière thermique des pompes primaires, des pompes de charge du système de contrôle volumétrique et chimique. Le refroidissement de chacun des quatre trains du système d'injection de sécurité et de refroidissement du réacteur à l'arrêt est assuré par une ligne dédiée du RRI.

<sup>3</sup> Zone ne nécessitant pas de reprise de l'air sur un système de filtration/épuration du fait de la faible quantité de radioactivité présente.

l'extérieur). Toutefois, EDF n'a pas encore défini la nature exacte de ces dispositions qui devraient figurer dans le dossier définitif associé à la modification pérenne. Ce point est couvert par l'observation n° 1 présentée en annexe 2.

Par ailleurs, EDF devrait préciser dans son dossier définitif associé à la modification pérenne, les besoins d'évolutions temporaires des règles générales d'exploitation et les mesures compensatoires alors nécessaires (cf. observation n° 1 en annexe 2).

En conclusion, l'IRSN n'identifie pas à ce stade de point particulier qui pourrait remettre en cause la faisabilité de la modification lors des différentes phases du chantier. Toutefois, un certain nombre de choix et d'études restent à finaliser dont les conclusions devront être présentées dans le dossier définitif associé à la modification pérenne.

## 3 REQUALIFICATION DE LA MODIFICATION PÉRENNE

### 3.1 REQUALIFICATION HYDRAULIQUE

Après l'intégration de la modification, EDF procédera pour chaque train de refroidissement à la requalification hydraulique des systèmes RRI et SEC et s'assurera au travers d'essais du respect des débits requis de sûreté RRI pour les différents équipements qu'il refroidit. Les lignages à effectuer pour vérifier le débit requis de sûreté sur les communs RRI<sup>4</sup> prendra environ trente minutes, au cours desquelles certains équipements seront rendus indisponibles au sens des STE dont notamment une ligne PTR principale de refroidissement de la piscine BK. **Les mesures compensatoires qu'EDF prévoit de mettre en œuvre au regard de ces indisponibilités n'appellent pas de remarque de l'IRSN, le délai d'indisponibilité étant court par ailleurs et ne pouvant conduire à une évolution notable de la température de l'eau de la piscine BK.**

### 3.2 REQUALIFICATION THERMIQUE DES NOUVEAUX ÉCHANGEURS

EDF prévoit à l'issue des essais de requalification hydraulique de vérifier la performance thermique des échangeurs. EDF procédera dans un premier temps à une requalification thermique « intermédiaire » des échangeurs RRI/SEC des trains 1 à 4. Dans le cadre de cette requalification, EDF s'assurera que la température de l'eau de la piscine BK est maintenue au-dessous du seuil STE (50 °C). EDF réalisera ensuite une requalification thermique « complète » de l'échangeur RRI/SEC du train 4, ce dernier étant déjà équipé d'un grand nombre de points de mesure. Selon EDF, cette requalification complète unique permettra de conclure sur la performance thermique des quatre échangeurs puisqu'ils sont de conception identique. L'IRSN considère, au regard du retour d'expérience d'exploitation des réacteurs de 1300 et de 1450 MWe, que cette affirmation d'EDF mériterait d'être étayée et que les critères permettant la transposition des résultats des essais de l'échangeur du train 4 aux autres échangeurs devraient être précisés. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 2 présentée en annexe 2.**

## 4 ÉVOLUTIONS DES SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES D'EXPLOITATION

Les évolutions des spécifications techniques d'exploitation rendues nécessaires pour permettre le fonctionnement du réacteur conformément à la démonstration de sûreté avec les échangeurs RRI/SEC actuellement installés jusqu'à la VD1 ont déjà fait l'objet d'un examen de l'IRSN dans son avis en référence [2]. Depuis, l'IRSN a relevé que des délais différents à ceux retenus par EDF dans les STE pouvaient figurer dans les hypothèses de certaines études de sûreté, en particulier en ce qui concerne le délai à respecter avant d'engager

---

<sup>4</sup> Les communs RRI concernent notamment les échangeurs des trains principaux du système PTR de refroidissement de la piscine BK, de la barrière thermique des pompes primaires et des pompes de charge du système de contrôle volumétrique et chimique.

les opérations de déchargement des assemblages de combustible au regard de leur puissance résiduelle. **L'IRSN s'est assuré dans le cadre de la présente expertise que les évolutions des STE ne remettraient pas en cause les conclusions de ces études de sûreté, ce qui est bien le cas. En outre, l'IRSN considère que les évolutions des STE sont correctement intégrées dans le document opérationnel.**

## 5 CONCLUSION

À l'issue de son expertise, l'IRSN estime que les éléments présentés dans le dossier d'EDF permettent de conclure avec un niveau de confiance suffisant à la faisabilité du remplacement des échangeurs RRI/SEC lors de la première visite décennale du réacteur EPR de Flamanville qui permettra de résorber l'écart de conformité relatif à la sous-performance thermique des échangeurs actuellement installés. De plus, l'IRSN estime que les spécifications techniques d'exploitation applicables à la mise en service du réacteur intègrent de manière satisfaisante les évolutions rendues nécessaires par l'écart de conformité.

Toutefois, l'IRSN a identifié que les ancrages de fixation des nouveaux échangeurs pouvaient être sujets à un risque de corrosion du fait de la possible pénétration d'eau entre la dalle et les massifs supportant ces échangeurs et estime que des dispositions de protection adaptées doivent être mises en œuvre.

Enfin, l'IRSN considère que le dossier définitif associé à la modification pérenne devrait être complété sur certains aspects tels que l'analyse de risques associée à la dépose ou au déplacement d'équipements, les choix des techniques de découpe, les risques associés aux agressions, le caractère acceptable de la seule requalification thermique complète de l'échangeur RRI/SEC du train 4.

**IRSN**

Le Directeur général

Par déléation

Thierry PAYEN

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2022-00182 DU 1<sup>ER</sup> SEPTEMBRE 2022**

### **Recommandation de l'IRSN**

L'IRSN recommande qu'EDF mette en place des dispositions passives de protection contre le risque de corrosion des ancrages des nouveaux échangeurs RRI/SEC du réacteur EPR de Flamanville, en empêchant notamment les pénétrations d'eau à l'interface entre la dalle et les massifs.

## ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2022-00182 DU 1<sup>ER</sup> SEPTEMBRE 2022

### Observations de l'IRSN

#### Observation n° 1

L'IRSN considère qu'EDF devrait compléter le dossier associé à la modification pérenne de remplacement des échangeurs RRI/SEC du réacteur EPR de Flamanville sur les aspects suivants :

- la liste définitive des équipements devant être déposés ou déplacés pour assurer le cheminement des matériels et la réalisation des travaux, ainsi que les analyses de risques associées ;
- les analyses de risques associées aux techniques de découpe des échangeurs et des tuyauteries (utilisation de torche à plasma, scie circulaire, fil diamanté) ainsi que les dispositions de protection associées ;
- les analyses de risques d'incendie induit notamment par la présence de titane dans les échangeurs RRI/SEC et les dispositions de protection et de lutte spécifiques associées ;
- les dispositions de protection complémentaires de l'installation contre les agressions à mettre en œuvre du fait des risques induits par l'ouverture de certaines portes (risque de mode commun induit par l'ouverture de la porte entre les divisions 2 et 3 du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde, risque d'agression externe induit par l'ouverture de portes donnant sur l'extérieur) ;
- les évolutions temporaires des règles générales d'exploitation rendues nécessaires au regard du référentiel applicable lors de l'intégration de la modification pérenne et les mesures compensatoires associées.

#### Observation n° 2

L'IRSN considère qu'EDF devrait préciser les critères à respecter lors de l'ensemble des essais de requalification pour valider la transposition des résultats de l'essai de performance du nouvel échangeur RRI/SEC du train 4 à l'ensemble des échangeurs des autres trains RRI/SEC du réacteur EPR de Flamanville. Dans ce cadre, EDF devrait réaliser une analyse technique plus fine des résultats des essais de performance des échangeurs RRI/SEC des différents réacteurs de 1300 et de 1450 MWe. De plus, EDF devrait également analyser le retour d'expérience relatif aux échangeurs RRI/SEC de ces réacteurs qui n'ont pas fait l'objet d'un essai de performance.