

Fontenay-aux-Roses, le 30 septembre 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2022-00196

**Objet :** **Projet EPR de Flamanville - Analyse d'un deuxième ensemble d'éléments transmis par EDF à la suite d'expertises relatives à la qualification aux conditions accidentelles des équipements.**

**Réf. :** [1] Avis IRSN/2019-00180 du 25 juillet 2019.  
[2] Lettre ASN – CODEP-DCN-2020-003349 du 20 janvier 2020.  
[3] Avis IRSN/2014-00403 du 7 novembre 2014.  
[4] Avis IRSN/2014-00249 du 26 juin 2014.  
[5] Avis IRSN/2016-00342 du 28 octobre 2016.  
[6] Avis IRSN/2018-00197 du 13 juillet 2018.  
[7] Avis IRSN/2020-00122 du 24 juillet 2020.  
[8] Avis IRSN/2018-00320 du 11 décembre 2018.  
[9] Avis IRSN/2019-00106 du 17 mai 2019.  
[10] Avis IRSN/2016-00247 du 21 juillet 2016.  
[11] Avis IRSN/2017-00375 du 4 décembre 2017.  
[12] Avis IRSN/2018-00203 du 20 juillet 2018.  
[13] Avis IRSN/2020-00141 du 22 septembre 2020.

Dans le cadre de la demande d'autorisation de mise en service du réacteur EPR de Flamanville (EPR FA3), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a réalisé plusieurs expertises relatives à la qualification aux conditions accidentelles des équipements. Il est prévu d'examiner les réponses apportées par EDF aux demandes formulées par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et aux engagements pris dans le cadre de ces expertises. Un premier ensemble de réponses a fait l'objet de l'avis en référence [1]. Par la lettre citée en référence [2], l'ASN sollicite l'avis de l'IRSN sur un deuxième ensemble d'éléments couvrant notamment des réponses qui n'étaient pas disponibles lors de l'expertise de 2019 ou qui font suite à cette expertise. Le présent avis porte ainsi sur l'évaluation des pressions et des températures dans l'enceinte de confinement en cas d'accident (hors accident grave), des méthodologies de calcul des doses intégrées par les équipements lors d'un accident et de qualification des équipements aux conditions accidentelles, et de notes de synthèse de qualification pour les équipements mécaniques et électriques.

Une synthèse de l'expertise réalisée par l'IRSN et des principales conclusions associées est présentée ci-après. Elle tient compte des engagements pris par EDF au cours de l'expertise, dont les principaux sont rappelés en annexe.

# 1. ÉVALUATION DES PRESSIONS ET TEMPÉRATURES DANS L'ENCEINTE DE CONFINEMENT EN CAS D'ACCIDENT (HORS ACCIDENT GRAVE)

L'adéquation des profils de pression et de température « enveloppes » retenus pour la qualification aux conditions accidentelles (hors conditions d'accident grave) des équipements situés dans le bâtiment du réacteur (BR) et la vérification du dimensionnement de l'enceinte de confinement au regard des valeurs atteintes en situation accidentelle ont fait l'objet de l'avis en référence [3]. Ces profils sont établis sur la base de l'étude de scénarios accidentels ; EDF définit le profil de température à partir des températures de saturation<sup>1</sup> atteintes dans ces scénarios. Or, dans certains scénarios accidentels considérés par EDF, une grande quantité de vapeur surchauffée est relâchée dans le BR, ce qui peut induire un dépassement local et temporaire du profil de température enveloppe retenu. EDF a donc proposé une démarche pour tenir compte du phénomène de surchauffe de la vapeur<sup>2</sup> : celle-ci vise à déterminer les épaisseurs minimales d'acier nécessaires afin que la température de surface des équipements reste inférieure au profil de température enveloppe retenu pour la qualification des équipements durant la phase de surchauffe de l'atmosphère du BR. EDF vérifie ensuite que la paroi externe des équipements en contact avec l'ambiance du BR, et dont leur fonctionnement est requis en situation accidentelle, respecte bien cette épaisseur minimale. Les suites de cette expertise ont été analysées dans l'avis en référence [1]. Dans ce cadre, EDF s'est engagé à fournir des études de sensibilité sur le coefficient d'échange entre l'atmosphère et la structure test<sup>3</sup>, et sur les propriétés thermiques des matériaux. Concernant la première étude de sensibilité, **l'IRSN estime que les éléments apportés par EDF sont satisfaisants**. Concernant la seconde étude de sensibilité, les résultats montrent que l'épaisseur minimale théorique déterminée dans l'étude dite « de référence » pour une structure test en acier n'est pas enveloppe de celles déterminées pour les différents matériaux pouvant constituer les équipements de faibles épaisseurs qualifiés aux conditions d'ambiance, sur l'ensemble de la gamme de températures à considérer. **Cependant, la marge entre l'épaisseur minimale évaluée par EDF dans son étude de sensibilité et l'épaisseur effective de chacun des équipements étudiés et installés sur site dans le BR est suffisante pour ne pas remettre en cause le respect du profil de température de qualification de ces équipements pour le réacteur EPR FA3. Néanmoins, en cas d'introduction d'un nouvel équipement de faible épaisseur devant être qualifié aux conditions accidentelles dans le BR, l'IRSN souligne la nécessité de l'ajouter à la liste de ce type d'équipements et de vérifier que son épaisseur garantit une température de surface inférieure au profil de qualification pour le transitoire pénalisant au regard du phénomène de surchauffe.**

## 2. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL DES DOSES INTÉGRÉES PAR LES ÉQUIPEMENTS LORS D'UN ACCIDENT

La méthodologie de calcul des doses intégrées par les équipements lors d'un accident (hors accident grave et en accident grave), applicable aux réacteurs en fonctionnement et à l'EPR FA3, et les hypothèses associées pour les réacteurs de 1300 MWe ont fait l'objet d'une expertise de l'IRSN [4]. Dans le cadre de la présente expertise, l'IRSN a examiné les réponses d'EDF à deux demandes de l'ASN applicables au réacteur EPR FA3, issues de la précédente expertise. Concernant la demande relative à la démonstration quantitative du caractère négligeable

---

<sup>1</sup> Température à laquelle la vaporisation commence à se produire pour une pression donnée.

<sup>2</sup> Phénomène qui se produit lorsque la température de la vapeur dépasse la température de saturation.

<sup>3</sup> Structure test : structure en acier dont une face est en contact avec l'atmosphère de l'enceinte, introduite dans la modélisation utilisée pour le calcul des pressions et températures de l'enceinte du bâtiment du réacteur. L'objectif est d'évaluer l'épaisseur minimale de cette structure test pour que sa température de surface reste inférieure au profil de température enveloppe retenu pour la qualification des équipements.

de l'impact des rayonnements alpha<sup>4</sup> sur les équipements dont la partie radiosensible n'est pas protégée, l'IRSN estime que, à ce stade, les éléments apportés par EDF ne répondent pas complètement à la demande de l'ASN. En effet, il n'est pas démontré que les situations pour lesquelles un équipement nécessaire en accident grave composé d'une partie radiosensible exposée de façon prolongée à un rayonnement alpha, peuvent être exclues pour l'EPR FA3. Concernant la demande relative à la justification de la liste des isotopes retenus pour l'évaluation des doses intégrées par les équipements pour chacune des situations accidentelles considérées, l'IRSN considère que la démarche proposée par EDF pour l'établissement de la liste des isotopes à prendre en compte apporte une réponse satisfaisante à la demande de l'ASN.

### 3. MÉTHODOLOGIE DE QUALIFICATION DES ÉQUIPEMENTS AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES, HORS ACCIDENT GRAVE

La méthodologie retenue par EDF pour la qualification des équipements de l'EPR FA3 aux conditions accidentelles, hors accident grave, a fait l'objet d'une expertise menée en 2016 [5]. Les réponses apportées par EDF aux engagements pris et aux demandes de l'ASN à l'issue de cette précédente expertise ont été examinées en 2019 [1]. L'IRSN a conclu que des compléments devaient encore être apportés par EDF sur certains aspects. Par ailleurs, en toute fin de l'expertise de 2019, EDF a déclaré un écart relatif à la prise en compte du phénomène de surchauffe dans l'établissement du profil de qualification des équipements situés en casemate vapeur. L'analyse d'impact de cet écart a conduit EDF à rehausser le profil de température retenu pour la qualification des équipements en casemate vapeur. Dans le cadre de la présente expertise, l'IRSN a examiné ce nouveau profil de qualification ainsi que les compléments transmis à l'issue de la précédente expertise menée en 2019. Pour ce qui concerne l'impact de l'écart associé à la prise en compte du phénomène de surchauffe dans les situations de rupture de tuyauterie vapeur (RTV) en casemate vapeur, l'IRSN estime que les éléments apportés par EDF sont recevables et ne remettent pas en cause les études de ces situations présentées dans le rapport de sûreté. Cependant, le caractère enveloppe du nouveau profil de qualification en casemate vapeur reste à démontrer pour certaines situations de RTV. Sur ce point, **l'IRSN estime satisfaisant l'engagement n°1 pris par EDF, présenté en annexe, sous réserve que soient apportées les justifications permettant de démontrer que le nouveau logiciel qu'EDF souhaite valoriser est capable de simuler correctement le phénomène de surchauffe et ce, dans des conditions représentatives des transitoires étudiés. Dans le cas où EDF ferait finalement le choix de conserver le logiciel actuellement utilisé, la validation de ce dernier devra être complétée vis-à-vis du phénomène de surchauffe. L'IRSN souligne toutefois l'échéance tardive de transmission des études.** EDF s'est par ailleurs engagé à réévaluer, à l'issue de ces études, les requis de qualification des équipements situés en casemate vapeur sur la base du nouveau profil de qualification enveloppe couvrant tout le spectre de brèches de RTV (*cf. engagement n°2 présenté en annexe*). **L'IRSN estime cet engagement satisfaisant. Dans ce cadre, EDF devra justifier que la qualification des équipements garantit leur disponibilité pour les situations qui les requièrent.**

Par ailleurs, l'IRSN estime acceptables les éléments apportés par EDF sur la sensibilité de la température atteinte en casemate vapeur au sur-débit de l'alimentation normale en eau des générateurs de vapeur, ainsi que les nouvelles exigences associées à des capteurs de température du système de mise en dépression de l'espace entre enceintes. Enfin, l'introduction de profils de qualification spécifiques pour certains équipements a été justifiée par EDF de manière satisfaisante.

---

<sup>4</sup> Le rayonnement alpha, émis par un atome radioactif, est un faisceau de noyaux d'hélium composé de deux protons et de deux neutrons.

## 4. MÉTHODOLOGIE DE QUALIFICATION DES ÉQUIPEMENTS AUX CONDITIONS D'ACCIDENT GRAVE

La méthodologie retenue par EDF pour la qualification des équipements de l'EPR FA3 aux conditions d'accident grave, a fait l'objet de deux expertises ([6] et [7]). Dans le cadre de la présente expertise, l'IRSN a examiné les réponses apportées par EDF à un engagement pris et aux demandes formulées par l'ASN à l'issue de ces expertises.

L'IRSN estime satisfaisantes les réponses apportées par EDF aux demandes de l'ASN à la suite de l'expertise menée en 2018 [6] relatives à l'irradiation des équipements situés dans les bâtiments auxiliaires de sauvegarde due aux fuites du système d'évacuation ultime de chaleur du BR. Par ailleurs, l'IRSN estime acceptables les compléments d'EDF concernant le dimensionnement des pré-filtres « accidents graves » et le caractère négligeable de l'impact du relâchement depuis le circuit primaire d'une fraction d'iode sous forme gazeuse supérieure à 5% sur la tenue des équipements présentant des cavités non étanches. **En revanche, l'IRSN estime qu'EDF ne répond pas à la demande de l'ASN d'examiner l'impact de fractions d'iode relâché sous forme gazeuse depuis le circuit primaire supérieures à 5 % sur la tenue des peintures du BR de l'EPR FA3.**

Enfin, les éléments apportés par EDF à la suite de l'expertise menée en 2020 [7] concernant la mise à disposition des équipes de crise des explications relatives à l'utilisation d'instrumentations qualifiées aux conditions d'accident grave permettant de s'assurer du bon fonctionnement de certaines ventilations et de détecter un encrassement des filtres des files iode de ces ventilations n'appellent pas de remarque sur le principe. L'IRSN attire l'attention sur le fait que **la valorisation par EDF des mesures de différences de pression existantes aux bornes de l'ensemble des files de filtration d'iode pour assurer le suivi du fonctionnement du système de conditionnement de la salle de commande et des locaux électriques est conditionnée à l'obtention de la qualification aux conditions d'accident grave de ces instrumentations.**

## 5. ÉVALUATION DE NOTES DE SYNTHÈSE DE QUALIFICATION POUR LES ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES

Des notes de synthèse de qualification (NSQ) d'équipements de robinetterie, de groupes motopompes et électriques de l'EPR FA3 ont fait l'objet d'expertises sur la base d'un échantillon jugé suffisamment représentatif pour disposer d'une vision générale du processus de qualification de l'ensemble des équipements mécaniques et électriques de l'EPR FA3 ([8] à [13] et [1]). À l'issue de ces expertises, des compléments de démonstration de la qualification de ces équipements étaient attendus.

### Évaluation de NSQ pour les équipements mécaniques

Dans le cadre de la présente expertise, l'IRSN a notamment examiné les réponses apportées par EDF à des engagements pris et aux demandes de l'ASN à la suite des expertises relatives aux NSQ d'équipements de robinetterie et de groupes motopompes. L'IRSN s'est également intéressé à des incidents apparus lors des essais de démarrage et pouvant avoir un impact sur la qualification de ces équipements. **L'IRSN estime qu'EDF a répondu de manière satisfaisante aux engagements pris, objet de la présente analyse, et à l'ensemble des demandes de l'ASN relatives à la qualification des équipements de robinetterie et de groupes motopompes. Par ailleurs, la démarche d'EDF relative à la qualification à l'eau chargée active par analyse des équipements de robinetterie n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN. Enfin, l'IRSN partage l'analyse faite par EDF concernant les incidents apparus lors des essais de démarrage et considère que les solutions apportées ne remettent pas en cause la qualification de la plupart des équipements concernés. Pour le cas particulier de la vanne de régulation RISi259VP, la garantie de l'état qualifié est conditionnée par l'obtention de résultats satisfaisants lors des essais réalisés sur site.**

## Évaluation de NSQ pour les équipements électriques

La qualification des équipements électriques a fait l'objet de plusieurs expertises successives depuis 2016. Elles ont porté sur trois lots d'équipements choisis en fonction de leurs requis de qualification ou de leur type. Au fur et à mesure des expertises successives, les compléments transmis par EDF ont été intégrés à l'analyse de l'IRSN. Dans le cadre de la présente expertise, l'IRSN a examiné les compléments au dossier de justification de la qualification des équipements électriques transmis par EDF depuis le dernier avis [13]. **L'IRSN estime globalement satisfaisants les compléments apportés par EDF. Toutefois, en cohérence avec une demande de l'ASN relative à la durée de vie qualifiée des équipements des tableaux électriques, EDF devra remplacer, avant la mise en service du réacteur, les ventilateurs des tableaux électriques basse tension qui auront atteint leur durée de vie qualifiée avant la mise en service du réacteur ou avant la fin du premier cycle, afin que le réacteur puisse démarrer et réaliser son premier cycle avec l'ensemble de ces équipements qualifiés.**

## 6. CONCLUSION

En préalable au dépôt et dans le cadre de la demande d'autorisation de mise en service de l'EPR de Flamanville, l'IRSN a mené une douzaine d'expertises, sur une période de huit ans, relatives à la qualification aux conditions accidentelles des équipements (y compris aux conditions d'accident grave). À l'issue de la présente expertise, sur la base des éléments disponibles, l'IRSN considère que l'évaluation des pressions et des températures dans l'enceinte de confinement d'un réacteur de type EPR en cas d'accident (hors accident grave), la méthodologie de calcul des doses intégrées par les équipements lors d'un accident ainsi que, compte tenu des engagements pris par EDF, les méthodologies de qualification des équipements aux conditions accidentelles (hors et en accident grave) sont globalement acceptables. Par ailleurs, l'IRSN estime que les équipements mécaniques et électriques, objet de différentes expertises, pourront être considérés comme qualifiés moyennant la réalisation des engagements pris par EDF. Ainsi, l'IRSN estime globalement satisfaisante la qualification aux conditions accidentelles, y compris aux conditions d'accident grave, des équipements du réacteur EPR de Flamanville pour sa mise en service.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Thierry PAYEN

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2022-00196 DU 30 SEPTEMBRE 2022

### Engagements principaux d'EDF

#### Engagement N°1

EDF a annoncé en juillet 2021 son intention d'engager la réalisation d'un benchmark entre deux logiciels (logiciel actuellement utilisé et nouveau logiciel). Les résultats seront communiqués dans un délai de deux ans.

À l'issue de ce benchmark, EDF optera pour l'outil de calcul le plus adapté pour la reprise des études de profil de qualification dans les casemates vapeur. Cette reprise visera à couvrir le spectre de brèches de RTV et ce jusqu'à une baisse durable de la température en casemate vapeur.

Si le nouveau logiciel est l'outil de calcul scientifique retenu pour cette étude, EDF apportera alors les éléments justifiant la capacité de ce logiciel à modéliser le phénomène de surchauffe.

L'ensemble de ces éléments sera disponible selon le calendrier suivant :

- Benchmark logiciel actuellement utilisé/nouveau logiciel : second semestre 2023 ;
- Eléments de validation du nouveau logiciel (si retenu) : courant 2024 ;
- Etude du spectre de brèches de RTV en casemate vapeur : fin 2025.

#### Engagement N°2

Dans le cadre de l'engagement N°1, une étude sera réalisée pour définir le profil enveloppe couvrant tout le spectre de brèches de RTV. Les requis de qualification des matériels en casemate vapeur seront réévalués sur la base du profil de qualification couvrant tout le spectre de brèches de RTV. Cette réévaluation s'effectuera en 2026.