

Fontenay-aux-Roses, le 11 mai 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2021-00078

---

**Objet :** **Projet EPR de Flamanville - Analyse d'un deuxième ensemble d'éléments transmis par EDF à la suite de la réunion du GPR « Examen du rapport de sûreté EPR de Flamanville » des 4 et 5 juillet 2018.**

---

**Réf. :**

- [1] Avis IRSN/2018-00167 du 20 juin 2018.
- [2] Lettre ASN – CODEP-DCN-2019-052513 du 13 décembre 2019.
- [3] Avis IRSN/2020-00037 du 13 mars 2020.
- [4] Lettre ASN – CODEP-DCN-2019-000497 du 11 avril 2019.
- [5] Lettre ASN – CODEP-DCN-2020-054704 du 12 novembre 2020.
- [6] Avis IRSN/2017-00339 du 27 octobre 2017.
- [7] Avis IRSN/2018-00129 du 4 mai 2018.
- [8] Avis IRSN/2018-00026 du 31 janvier 2018.

---

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 analysé les dispositions prises par Électricité de France (EDF) pour assurer la sûreté de ce réacteur, telles qu'elles sont présentées et justifiées dans le rapport de sûreté. L'IRSN a présenté les conclusions de son examen lors de la séance du groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires des 4 et 5 juillet 2018 [1]. À la suite de la sollicitation de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) [2], l'IRSN a remis son avis [3] sur un premier lot de réponses apportées par EDF aux demandes de l'ASN mentionnées dans sa lettre [4] et aux engagements qu'il a pris en 2018. Par la lettre [5], l'ASN sollicite l'avis de l'IRSN sur un deuxième lot de réponses d'EDF. Le présent avis porte ainsi sur l'analyse des réponses d'EDF concernant les conditions de fonctionnement de référence du réacteur, la maîtrise des effets de certaines agressions internes et la conception des systèmes de sûreté. Il comprend également l'expertise des suites des avis de l'IRSN relatifs au chapitre VII des règles générales d'exploitation (RGE) de l'EPR FA3 [6] et aux stratégies de conduite en accident grave (OSSA<sup>1</sup>) [7] ayant fait l'objet de demandes de la part de l'ASN et d'engagements d'EDF.

Une synthèse de l'analyse 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 2.

---

<sup>1</sup> Operating strategies for severe accidents

# 1. CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DU RÉACTEUR

Suite à l'expertise, menée par l'IRSN en 2018, relative à la validation du logiciel de calcul du temps de chute des grappes, l'ASN a demandé à EDF de justifier le caractère suffisamment pénalisant, lors des premiers instants après le déclenchement de l'arrêt automatique du réacteur (AAR), de la courbe d'insertion des grappes utilisée dans le rapport de sûreté pour les accidents étudiés avec une modélisation tridimensionnelle. À l'issue de la présente expertise, l'IRSN estime que les études de sensibilité transmises par EDF, en réponse à la demande de l'ASN, permettent d'écarter le risque de dépassement des critères de sûreté pour les transitoires d'accident d'éjection de grappe, de retrait incontrôlé de groupes à puissance nulle et les accidents de la famille des pertes de débit sauf pour l'accident de blocage instantané du rotor d'une pompe primaire. À cet égard, EDF s'est engagé (cf. engagement n° 1 en annexe 2) à réaliser une étude de sensibilité avec la pénalisation des premiers instants de l'AAR en considérant une translation de la courbe d'insertion des grappes pour l'étude du blocage instantané du rotor, étude la plus sensible à ce paramètre, ce qui est satisfaisant.

Par ailleurs, la validation du logiciel ayant été jugée insuffisante pour le calcul du temps de chute des grappes en cas de séisme, EDF a présenté des études de sensibilité au doublement de l'allongement du temps de chute des grappes conformément à une demande de l'ASN. L'IRSN estime que les éléments apportés par EDF permettent de conclure à l'absence de risque de dépassement des critères de sûreté, sauf pour l'accident de rotor bloqué pour lequel une étude de sensibilité est encore attendue (cf. engagement n° 1 ci-dessus). **De plus, l'IRSN considère que ces éléments revêtent un caractère démonstratif vis-à-vis de la sûreté et qu'ils devraient donc être intégrés ou référencés dans le rapport de sûreté. Ce point fait l'objet de l'observation n° 1 en annexe 3.**

Enfin, concernant la perte de représentativité des grandeurs reconstruites à partir des signaux issus des collectrons, appelée Tracking-Error (TE), EDF a transmis une nouvelle évaluation de l'incertitude liée au calcul de la TE pour le premier cycle ainsi que son analyse de l'impact de sa prise en compte sur les seuils de protection. À l'issue de son expertise, l'IRSN considère acceptables les hypothèses retenues par EDF pour évaluer l'incertitude liée au calcul de la TE pour le premier cycle après la première montée en puissance. L'IRSN souligne toutefois que la méthodologie utilisée n'est pas complètement satisfaisante dans le cas général et rappelle, à cet égard, qu'EDF s'était engagé à fournir, en amont du deuxième cycle, une nouvelle méthodologie d'évaluation. Concernant l'impact de la prise en compte de cette incertitude, l'IRSN estime acceptable l'analyse transmise par EDF et considère qu'il n'est effectivement pas nécessaire de modifier les seuils de protection implémentés sur site durant le premier cycle. La situation de la première montée en puissance fera l'objet d'une analyse dans le cadre plus global de l'expertise de l'impact du retour d'expérience des essais physiques réalisés lors du démarrage du premier EPR sur la démonstration de sûreté du réacteur EPR de Flamanville.

## 2. GRANDS CHAUDS

Pour ce qui concerne l'agression « grands chauds », EDF a apporté des compléments de justification relatifs au comportement en température de certains équipements participant aux dispositions de protection contre les agressions, et présents dans des locaux conditionnés en fonctionnement normal par des systèmes non classés de sûreté. L'IRSN constate que, pour certains équipements, le dimensionnement des systèmes de conditionnement thermique ne permet pas de respecter la température maximale de 40°C dans les locaux en fonctionnement normal retenue par EDF lors de la conception du réacteur de l'EPR de Flamanville. Pour ces équipements à l'exception d'une vanne du circuit RCV, EDF a justifié que le dépassement de la température maximale ne nuisait pas à leur disponibilité. EDF s'est engagé (cf. engagement n° 2 en annexe 2) à démontrer la qualification de la vanne RCV aux conditions de température atteinte dans le local où elle est installée, ce qui est satisfaisant.

### 3. CONCEPTION DES SYSTÈMES DE SÛRETÉ

#### Protection des vannes ASG510iVD contre les effets d'un incendie

Afin de se prémunir d'un risque de mode commun sur le système de secours d'alimentation des générateurs de vapeur (ASG), notamment induit par un incendie sur les vannes ASG510iVD de liaison du barillet<sup>2</sup>, EDF s'était engagé à protéger ces vannes contre l'incendie. À cet égard, EDF a transmis une analyse visant à justifier la suffisance de la protection envisagée. Sur la base de sa propre évaluation, l'IRSN estime que l'échauffement de la vanne pour le scénario d'incendie retenu par EDF est acceptable. Cependant, la partie non protégée côté levier actionneur est vulnérable. Sur ce point, à l'issue de l'expertise, EDF s'est engagé (cf. engagement n° 3 en annexe 2) à mettre à jour son analyse en tenant compte de la présence du levier actionneur et à réaliser des modifications des protections contre les effets d'un incendie des vannes ASG510iVD si nécessaire, ce qui est satisfaisant. De plus, EDF s'est engagé à compléter la justification de la non-altération par le vieillissement des protections passives mises en place sur les vannes ASG510iVD et à présenter les contrôles visuels à mener sur ces protections (cf. engagements n° 4 et 5 en annexe 2), ce qui est globalement satisfaisant.

#### Contrôle-commande des cellules électriques (PACS)

Pour rappel, le système PACS gère les priorités entre les différents ordres reçus par les cellules électriques de chaque actionneur. En réponse à une demande de l'ASN, EDF a mené une vérification des tests de priorité des cellules électriques basse tension et une revue des ordres non classés arrivant sur les entrées prioritaires des cellules électriques.

Suite à sa vérification des tests de priorité des cellules électriques basse tension, EDF a estimé nécessaire de mettre à jour les spécifications des cellules électriques. Compte tenu des actions réalisées et prévues par EDF, l'IRSN estime satisfaisante la couverture des tests de priorité concernant les cellules électriques basse tension. Néanmoins, l'IRSN souligne que, pour répondre complètement à la demande de l'ASN, EDF devra fournir les résultats de la reprise des tests.

Suite à sa revue des ordres non classés arrivant sur les entrées prioritaires des cellules électriques, EDF a identifié des cas où des ordres devant être prioritaires sont en conflit avec des ordres moins bien classés. Cependant, une analyse plus détaillée des conflits a permis à EDF de conclure au caractère acceptable de ces cas. Compte tenu du périmètre étudié et des argumentaires apportés par EDF, l'IRSN estime satisfaisantes les conclusions d'EDF.

#### Composants électriques programmés réalisant des fonctions de sûreté classées F1

EDF a mis à jour son analyse des conséquences sur la sûreté d'une défaillance de cause commune affectant simultanément tous les exemplaires d'un même modèle de composant électrique programmé (CEP). L'IRSN note que, depuis l'expertise réalisée en 2018 [8], EDF n'a pas introduit de nouveau modèle de CEP pour réaliser les fonctions de sûreté classées F1 mais constate que la distribution des CEP dans l'architecture du contrôle-commande a subi quelques évolutions. L'IRSN estime toutefois que les justifications apportées par EDF sont satisfaisantes et permettent de conclure à la bonne gestion des situations incidentelles ou accidentelles même en présence d'une défaillance de cause commune sur un modèle de CEP, hormis pour la fonction EDE « mise en service d'une file iode » pour laquelle EDF s'est engagé à fournir des justifications complémentaires (cf. engagement n° 6 en annexe 2), ce qui est satisfaisant.

---

<sup>2</sup> Les quatre trains du système ASG disposent chacun d'un réservoir d'eau. Afin de pouvoir utiliser l'eau de tous les réservoirs, même en cas d'indisponibilité d'un train, les quatre trains sont reliés entre eux en amont des pompes par un barillet.

## 4. CONDUITE EN SITUATION D'ACCIDENT GRAVE

Le chapitre VII des RGE présente les principes et les stratégies de conduite en accident grave en cohérence avec les informations portées dans le rapport de sûreté. Les OSSA offrent une description plus précise des stratégies de conduite en cas d'accident grave (AG) et constituent un des documents justificatifs des principes et stratégies de conduite mentionnés dans le chapitre VII des RGE.

Les OSSA, applicables par les équipes de conduite et les équipes de crise en situation d'AG, visent à limiter les rejets dans l'environnement et doivent permettre de ramener l'installation dans un état « maîtrisé et stabilisé » dans lequel le corium est refroidi, la puissance résiduelle est évacuée et l'intégrité de l'enceinte est assurée. Après l'entrée en accident grave, les OSSA décrivent, entre autres, la démarche à appliquer pour établir un diagnostic de la situation, déterminer les actions à réaliser et le suivi de l'évolution de l'état de l'installation à mettre en œuvre. À cette fin, EDF définit trois fonctions de sûreté AG, relatives à la limitation des rejets dans l'atmosphère (fonction AG « relâchements »), à la limitation de la pression dans l'enceinte (fonction AG « enceinte ») et au contrôle du refroidissement du corium dans le récupérateur (fonction AG « refroidissement »). Lorsque ces trois fonctions sont assurées durablement, l'installation est dans un état « maîtrisé et stabilisé ». Les actions à réaliser pour chaque fonction AG dépendent de l'état de dégradation de ces fonctions. EDF définit quatre états de dégradation du vert pour le moins dégradé au rouge pour le plus dégradé.

Les règles opérationnelles contenues dans les OSSA, dont une modification serait de nature à remettre en cause la démonstration de l'atteinte des objectifs mentionnés au dernier niveau du principe de défense en profondeur mentionné à l'article 3.1 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, sont mentionnées dans le chapitre VII des RGE.

La dernière version des OSSA comporte plusieurs évolutions, notamment l'introduction :

- d'un critère de changement des actions de gestion de la fonction AG « enceinte » lié à l'atteinte de la pression de dimensionnement de l'enceinte ;
- d'un nouveau critère de mise en service de l'aspersion EVU<sup>3</sup> qui consiste, d'une part à vérifier que la pression dans l'enceinte atteint deux bars absolus, d'autre part à introduire un délai de trois heures après l'entrée en accident grave.

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère que le critère quantitatif de passage de l'état de la fonction AG « enceinte » à l'état « rouge », fondé sur la pression de l'enceinte pour laquelle la probabilité de rupture de l'enceinte est de 5 %, n'est pas justifié et qu'il devrait être supprimé du chapitre VII des RGE et des OSSA. Cependant, la définition d'un critère de passage de l'état de la fonction AG « Enceinte » à l'état « rouge » est nécessaire afin de prioriser les actions AG selon l'état de dégradation de cette fonction. Compte tenu de l'existence dans l'état « orange » d'un critère de changement des actions de gestion de la fonction AG « enceinte » lié à l'atteinte de la pression de dimensionnement de l'enceinte, l'IRSN considère qu'EDF devrait introduire un ou plusieurs critères qualitatifs, relatifs à l'évolution de la situation, permettant aux équipes de crise de décider du passage à l'état « rouge » de la fonction AG « enceinte ». **Ce point fait l'objet de l'observation n° 2 en annexe 3.**

Pour les situations de perte totale des alimentations électriques (PTAE) de longue durée ou de perte des sources froides principale et ultime, EDF a défini une stratégie prévoyant la mise en œuvre de moyens mobiles par la force d'action rapide nucléaire afin de limiter la pression dans l'enceinte. L'IRSN estime que cette stratégie devrait être préconisée dès lors que la pression de dimensionnement de l'enceinte est dépassée en situation d'accident grave, afin d'en limiter les conséquences. Si EDF indique qu'il mentionnera cette stratégie dans les OSSA et le chapitre VII des RGE (cf. engagement n° 7 en annexe 2), il ne préconisera pas le recours à cette

---

<sup>3</sup> système d'évacuation ultime de chaleur du bâtiment réacteur

stratégie dans les situations de dépassement de la pression de dimensionnement lors de la gestion d'un AG, ce qui n'est pas satisfaisant. **Ce point fait l'objet de la recommandation en annexe 1.**

L'IRSN estime acceptable, dans le principe, le nouveau critère de mise en service de l'aspersion EVU (cf. engagement n° 8 en annexe 2). Ce nouveau critère étant justifié sur la base d'études réalisées dans le domaine « réacteur en puissance », l'IRSN considère qu'EDF devrait justifier que les conclusions de ces études sont applicables aux autres domaines d'exploitation. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 3 en annexe 3.**

Enfin, EDF a évalué les doses reçues par les intervenants pour la réalisation en local des actions de conduite dites « immédiates », c'est-à-dire à effectuer dès l'entrée en accident grave, afin de vérifier leur faisabilité en termes de radioprotection. L'IRSN note que ces évaluations ne retiennent pas les hypothèses demandées par l'ASN. En retenant ces hypothèses, le seuil de référence de 100 mSv pourrait être dépassé pour cinq actions immédiates. Par conséquent, afin de confirmer la suffisance des équipements de protection des intervenants pour la réalisation de ces actions, l'IRSN estime qu'EDF devrait réaliser une nouvelle évaluation des doses reçues par les intervenants lors de leur réalisation en prenant en compte les hypothèses demandées par l'ASN. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 4 en annexe 3.**

## 5. CONCLUSION

À l'issue de son examen du rapport de sûreté, l'IRSN avait estimé en 2018 que la démonstration de sûreté du réacteur EPR de Flamanville telle qu'apportée par le rapport de sûreté était globalement satisfaisante même si quelques compléments restaient à apporter par EDF, dont certains avant la mise en service. Dans la continuité de son avis de mars 2020, l'IRSN a expertisé un deuxième ensemble de compléments. L'IRSN estime que, compte tenu des justifications apportées au cours de l'expertise et sous réserve de la prise en compte de la recommandation en annexe 1 et de la suffisance des éléments qu'EDF s'est engagé à transmettre, ces compléments sont acceptables. Par ailleurs, l'IRSN poursuit son expertise des autres éléments nécessaires à l'autorisation de mise en service du réacteur EPR de Flamanville.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Thierry PAYEN

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2021-00078 DU 11 MAI 2021**

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

L'IRSN recommande qu'EDF complète le chapitre VII des RGE et les OSSA du réacteur EPR de Flamanville en précisant que le recours à la stratégie de gestion d'un accident grave proposée en situation de perte totale des alimentations électriques de longue durée ou de perte des sources froides principale et ultime, peut être préconisé au titre des stratégies alternatives de gestion de la fonction de sûreté « enceinte » dans les situations de dépassement de la pression de dimensionnement de l'enceinte.

## ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2021-00078 DU 11 MAI 2021

### Engagements principaux d'EDF

#### Engagement n° 1

EDF transmettra, à échéance de juillet 2022, une étude de sensibilité avec pénalisation des premiers instants de l'arrêt automatique du réacteur en considérant une translation de la courbe d'insertion des grappes pour l'étude de rotor bloqué.

#### Engagement n° 2

EDF fera évoluer la documentation attestant de la qualification de la vanne RCV3412VP pour apporter la démonstration de sa qualification pour un fonctionnement à 41°C, à échéance de novembre 2021.

#### Engagement n° 3

Avant la mise en service, EDF mettra à jour les études de dimensionnement des protections incendie des vannes ASG510iVD afin de prendre en compte la présence du levier actionneur. Si nécessaire, des modifications des protections incendie des vannes ASG510iVD seront réalisées.

#### Engagement n° 4

EDF mettra à jour le programme de base de maintenance préventive (PBMP) en intégrant les contrôles à mener sur les protections des vannes ASG510iVD pour le 31 décembre 2021.

#### Engagement n° 5

EDF mettra à jour, pour le 30 juin 2021, le dossier de synthèse de qualification des protections incendie des vannes ASG510iVD en intégrant la justification de la non-altération par le vieillissement des protections passives mises en place sur les vannes ASG510iVD.

#### Engagement n° 6

EDF analysera l'impact de la perte des capteurs EDE 1115/1315 MT dans le cadre de la mise à jour de la note « Distribution des composants électriques programmés dans les différentes lignes de défense » pour avril 2021<sup>4</sup>.

#### Engagement n° 7

À échéance DFD, EDF mettra en cohérence les O SSA avec le chapitre VII des RGE afin de mentionner cette stratégie dans le cadre des situations de PTAE de longue durée ou de perte des sources froides principale et ultime.

#### Engagement n° 8

EDF ajoutera dans les O SSA que la préconisation de mise en service de l'EVU lorsque la pression dans l'enceinte atteint 2 bars absolus et qu'un délai de 3 h s'est écoulé après l'entrée en AG s'applique à tous les états initiaux du réacteur que ce soit en puissance ou en arrêt, à l'exception de l'état d'arrêt avec cœur complètement déchargé.

---

<sup>4</sup> Cette mise à jour est maintenant annoncée pour le 31 juillet 2021

## ANNEXE 3 A L'AVIS IRSN N° 2021-00078 DU 11 MAI 2021

### Observations de l'IRSN

#### Observation n° 1

L'IRSN considère que les éléments apportés par EDF pour démontrer le respect des critères de sûreté lors de la pénalisation du temps de chute des grappes sous séisme revêtent un caractère démonstratif vis-à-vis de la sûreté et qu'ils devraient être considérés comme la référence pour le bilan de marges des accidents. Ils devraient donc être intégrés ou référencés dans le rapport de sûreté.

#### Observation n° 2

L'IRSN considère qu'EDF devrait introduire dans le diagnostic des OSSA, un ou plusieurs critères qualitatifs, fondés sur l'évolution de la situation, permettant aux équipes de crise de décider du passage dans l'état « rouge » de la fonction AG « enceinte ». Cette information devrait aussi apparaître dans le chapitre VII des RGE.

#### Observation n° 3

L'IRSN considère qu'EDF devrait justifier que les conclusions des études relatives au risque hydrogène en accident grave réalisées dans l'état en puissance, ayant contribué à valider le nouveau critère de mise en service du système EVU (la pression dans l'enceinte atteint deux bars absolus et un délai de trois heures s'est écoulé après l'entrée en accident grave), s'appliquent aux autres domaines d'exploitation jusqu'à l'arrêt pour rechargement.

#### Observation n° 4

L'IRSN considère qu'EDF devrait réaliser une étude d'évaluation des doses reçues par les intervenants en adoptant toutes les hypothèses demandées par l'ASN dans son courrier ASN – CODEP-DCN-2021-017654 du 9 avril 2021, afin de confirmer la suffisance des équipements de protection des intervenants pour la réalisation de certaines actions immédiates réalisées lors de la gestion d'un accident grave sur le réacteur EPR de Flamanville et nécessitant un déplacement en local (à savoir, la manœuvre des vannes JPI 2752 VD, 3732 VD, 4704 VD et 7532 VD et de la vanne SAT 4401 VA, pour l'isolement de l'enceinte). Cette évaluation quantitative pourrait prendre en compte des hypothèses relatives à l'activité volumique dans l'air moins conservatives que celles adoptées dans les études actuelles.