



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 9 novembre 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00210

Objet : **Projet EPR2 – Instruction anticipée en vue d'une demande d'autorisation de création d'une paire de réacteurs de type EPR2 : Conditions de fonctionnement DBC, DEC-A et dispositions DEC-A.**

Réf. : [1] Lettre ASN – CODEP-DCN-2022-047390 du 27 septembre 2022.
[2] Lettre ASN – CODEP-DCN-2021-012726 du 2 juillet 2021.
[3] Décision ASN – 2015-DC-0532 du 17 novembre 2015.
[4] Guide ASN n°22 du 18 juillet 2017.
[5] Avis IRSN – n° 2021-00182 du 17 novembre 2021.
[6] Guide ASN n°28 du 25 juillet 2017.

1. CONTEXTE

À la suite de l'instruction du dossier d'options de sûreté (DOS) du réacteur EPR Nouveau Modèle (EPR NM), la configuration de réacteur EPR NM a évolué vers la nouvelle configuration de réacteur EPR2. En amont du dépôt officiel d'une demande d'autorisation de création d'une paire de réacteurs de type EPR2, EDF a transmis le volet générique « palier » du rapport préliminaire de sûreté (RPrS) pour instruction anticipée. La démarche d'élaboration des listes des conditions de fonctionnement DBC¹ et DEC-A², les listes préliminaires qui en découlent ainsi que les règles d'études et les critères techniques d'acceptation associés font partie des sujets prioritaires à analyser identifiés par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

Par la lettre citée en référence [1], pour ce qui concerne les sujets mentionnés ci-dessus, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) souhaite recueillir l'avis de l'IRSN sur :

- la démarche d'élaboration de la liste des conditions de fonctionnement DBC (réacteur et bâtiment du combustible) et de la liste des conditions de fonctionnement DEC-A ;
- la liste préliminaire des conditions de fonctionnement DBC (réacteur et bâtiment du combustible) ;
- la liste préliminaire des conditions de fonctionnement DEC-A et les dispositions DEC-A associées ;

¹ Conditions DBC (design basis conditions) : conditions incidentelles et accidentelles du domaine de conception de référence qui sont classées en quatre catégories selon leur fréquence d'occurrence.

² Conditions DEC-A (design extension conditions-A) : conditions du domaine de conception étendu pour lesquelles la fusion de combustible est prévenue.

MEMBRE DE
ETSON

- les règles d'études et les critères techniques d'acceptation des conditions de fonctionnement DBC (réacteur et bâtiment du combustible) et des conditions de fonctionnement DEC-A ;
- les règles et hypothèses spécifiques vis-à-vis du risque d'interaction pastille-gaine (IPG) ;
- le référentiel de criticité.

L'ASN souhaite également que l'IRSN se prononce sur la suffisance des informations contenues dans les chapitres du RPrS traitant de ces sujets.

Sur la base du dossier initial d'EDF, complété par des éléments transmis au cours de l'expertise, l'IRSN présente ci-après les conclusions de son analyse sur les points susmentionnés. Cette analyse prend en compte les réponses aux demandes de l'ASN, en lien avec cette thématique, formulées dans le cadre du DOS de l'EPR NM [2].

2. CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DBC

Démarche d'élaboration de la liste des conditions DBC et liste préliminaire résultante (hors « DBC-BK³ »)

L'IRSN souligne qu'EDF a apporté les éléments demandés par l'article 4.4.7 de la décision ASN [3] qui stipule que le rapport de sûreté décrit la démarche pour identifier les incidents et accidents ou familles d'incidents et d'accidents pris en compte dans la démonstration de sûreté nucléaire de l'installation et en présente la liste. À l'issue de son analyse, l'IRSN estime que cette démarche d'élaboration de la liste des conditions de fonctionnement dites « DBC », exposée dans la note référencée dans le RPrS de l'EPR2, est acceptable. Cependant, certains éléments transmis par EDF lors de l'expertise auraient dû être fournis dans cette note.

Par ailleurs, l'IRSN note que la liste des conditions DBC résultante n'est que préliminaire, elle peut être amenée à évoluer selon les choix de conception effectivement retenus. Ainsi, la catégorisation des conditions DBC selon leur fréquence d'occurrence⁴ fera l'objet d'une consolidation ultérieure. L'IRSN estime qu'EDF devra expliciter les évolutions et la consolidation de la liste des conditions DBC.

Concernant ces deux points, EDF s'est engagé à mettre à jour la note référencée dans le RPrS de l'EPR2 pour justifier l'ensemble de la liste des conditions DBC (cf. Engagement n° 1 en annexe 3). L'IRSN estime que cet engagement est satisfaisant et répond aux demandes II_G1 et III_F3 de l'ASN [2].

Liste préliminaire des conditions de fonctionnement « DBC-BK »

L'ASN a demandé que l'ensemble des scénarios susceptibles de se produire dans le bâtiment du combustible (BK) à la suite d'un événement initiateur unique soit considéré (cf. demande II_H1 [2]). EDF a complété, au cours de l'expertise, sa réponse à cette demande. L'IRSN estime que ce complément a vocation à être intégré dans la mise à jour de la note justifiant la liste des conditions DBC (cf. Engagement n° 1 en annexe 3).

Concernant les pertes de refroidissement de la piscine d'entreposage des assemblages de combustible usés (piscine BK), la liste des conditions de fonctionnement DBC associées à la piscine BK dites « DBC-BK » n'appelle pas de remarque. Néanmoins, en prévention du risque de manque de tension externe (MDTE) dans les états d'arrêt, l'IRSN considère que les basculements de sources électriques devraient autant que possible être limités lors des opérations de chargement et de déchargement du combustible (état du réacteur noté « E »).

Concernant les pertes de refroidissement limitées à un ou à quelques assemblages de combustible usés dans la piscine BK, l'IRSN estime que les éléments apportés par EDF sont suffisants pour justifier que ces événements soient traités dans un autre cadre que celui des conditions de fonctionnement de référence. Néanmoins, certaines justifications nécessitent d'être consolidées en tenant compte des spécificités de l'EPR2. À cet égard, EDF a pris l'Engagement n° 2 en annexe 3 de réaliser, une fois la conception détaillée du réacteur finalisée, une analyse spécifique du risque de fusion d'assemblages de combustible usés dans le BK en cas de chute d'un objet

³ BK : bâtiment du combustible.

⁴ La fréquence d'apparition annuelle par réacteur (a.r.) des DBC2 est supérieure à 10^{-2} ; elle est supérieure à 10^{-4} et inférieure à 10^{-2} dans le cas des DBC3 et inférieure à 10^{-4} dans le cas des DBC4.

venant obturer la partie supérieure du râtelier d'entreposage. L'ensemble de ces éléments devra être mentionné dans le RPrS en cohérence avec l'Engagement n° 1 en annexe 3. Ces éléments permettront de compléter la justification de la liste des conditions DBC-BK de l'EPR2 et de vérifier que la conception du râtelier d'entreposage de la piscine BK et celle du dispositif de transfert des assemblages entre le bâtiment du réacteur (BR) et le BK, répondent à l'objectif d'élimination pratique du risque de fusion de combustible dans le BK.

Concernant les vidanges accidentelles de la piscine BK par une ligne connectée aux piscines BR et BK, l'IRSN estime nécessaire, pour que la fréquence d'une brèche sur un tronçon non isolable soit plus faible que celle d'une brèche sur un tronçon isolable, qu'EDF définisse pour les tronçons non isolables des exigences de conception, de fabrication et de contrôles en exploitation adéquates. De même, le classement en DBC3 des événements initiateurs correspondant à des erreurs de lignage des circuits nécessite des dispositions visant à réduire suffisamment le risque de réalisation d'une action inappropriée par les opérateurs. Enfin, la condition DBC4, qui regroupe les initiateurs de vidange non isolables, inclut désormais le cas d'une fuite au niveau du tube de transfert en état E, lorsque les piscines BR et BK sont en communication. À cet égard, EDF devra justifier le caractère enveloppe de la taille de brèche considérée dans cette étude. Les brèches de taille supérieure seront analysées au titre de l'élimination pratique du risque de fusion de combustible dans les piscines BR et BK (sous-chapitre 18.5 du RPrS). À ce titre, deux dispositions sont en cours d'étude pour l'EPR2, soit la mise en place d'un tube avec une double enveloppe, soit l'étanchéification des locaux dans lesquels se déverserait la fuite afin de limiter le volume d'eau vidangé, ce qui est satisfaisant.

Concernant les autres « ruptures [...] d'enveloppe ou de paroi assurant l'intégrité d'un compartiment d'une piscine », telles qu'elles sont mentionnées dans la demande II_H1 de l'ASN [2], EDF a apporté des éléments de justification et pris l'Engagement n° 3 en annexe 3 pour exclure les familles d'événements initiateurs de ce type⁵. La justification de ces exclusions devra conduire EDF à définir des exigences de conception, de fabrication et de contrôles en exploitation renforcées pour garantir que ces événements seront hautement improbables.

Concernant les opérations d'évacuation du combustible usé, sur la base des derniers éléments transmis par EDF incluant les Engagements n° 4 et Engagement n° 5 en annexe 3, l'IRSN estime que la démonstration de l'élimination pratique du risque de fusion de combustible ou de toute autre conséquence inacceptable dans le BK doit être complétée. **Ceci fait l'objet de la Recommandation n° 1 en annexe 1.**

Critères techniques d'acceptation des conditions DBC (hors « DBC-BK »)

L'IRSN estime que les critères techniques d'acceptation des conditions DBC retenus pour l'EPR2 sont conformes à la demande II_G3 de l'ASN [2] relative à certaines préconisations du guide ASN n°22 [4]. Le RPrS est en adéquation avec l'article 3.3.1.2.8 qui stipule que les dommages doivent être plus faibles pour les accidents de catégorie 3 (DBC3) que pour ceux de catégorie 4 (DBC4) et avec l'article 6.1.2 qui indique qu'un retour en puissance, limité en durée et en amplitude, est acceptable pour les situations peu fréquentes (cas de la rupture de tuyauterie vapeur classée en DBC4, présentée au sous-chapitre 15.1.2.4.1 du RPrS). Néanmoins, pour certains critères techniques d'acceptation relatifs à la tenue du combustible, l'adéquation du RPrS à la demande II_G4 de l'ASN [2] est partielle car un certain nombre de phénomènes physiques ne sont pas pris en compte. Ces phénomènes physiques seront intégrés dans le rapport de sûreté en support à la demande de mise en service.

Règles d'études des conditions DBC (hors « DBC-BK »)

Les règles d'études des conditions DBC concernent notamment les pénalisations à considérer pour les études, la prise en compte d'une défaillance unique et la prise en compte du manque de tension externe (MDTE).

S'agissant de la prise en compte de pénalisations, l'IRSN souligne que, contrairement à ce qui est fait sur les réacteurs en fonctionnement, seules les conditions initiales et limites sont citées dans les règles d'études des

⁵ À savoir, les dégradations au niveau de la peau d'étanchéité (liner) des piscines, la défaillance d'une tape d'obturation d'un générateur de vapeur mise en place lors de certaines opérations de maintenance, ou encore la défaillance des ouvertures techniques que sont les portes pivotantes des compartiments de la piscine du BK, la porte d'accès du personnel de la piscine du BR ainsi que les autres ouvertures dédiées aux passages de câbles et de circuits de ventilation.

conditions DBC de l'EPR2. Il n'est plus fait mention de la pénalisation des paramètres dominants du transitoire, incluant notamment les modèles physiques des outils de calcul utilisés. Sur ce point, EDF a pris l'Engagement n° 6 en annexe 3. L'IRSN estime l'engagement d'EDF satisfaisant sur le principe mais indique que les éléments permettant de justifier le bien-fondé et la suffisance des conservatismes retenus pour couvrir les incertitudes des modèles physiques dominants devront être apportés. De plus, la règle d'étude retenue n'étant pas suffisamment explicite au regard de la prise en compte de ces incertitudes, l'IRSN formule l'Observation n° 1 en annexe 2.

EDF définit la défaillance unique active comme une défaillance « *postulée à la première sollicitation* ». Cette règle fait l'objet de la demande II_G2 de l'ASN [2], à laquelle EDF a répondu par l'Engagement n° 7 en annexe 3 qui n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

S'agissant de la prise en compte du MDTE, EDF s'est engagé, à l'échéance de la demande d'autorisation de création de l'EPR2, à vérifier l'absence d'effet falaise suite à l'occurrence d'un MDTE survenant à un instant différent de ceux retenus conventionnellement⁶. Par ailleurs, EDF a pris l'Engagement n° 8 en annexe 3 d'apporter, pour les conditions DBC2 et 3 présentées dans le RPrS uniquement avec cumul du MDTE, des justifications du caractère pénalisant de ce cumul. L'IRSN considère que ces éléments devraient être référencés dans le RPrS et formule en conséquence l'Observation n° 2 en annexe 2.

Concernant les délais de réalisation des actions par l'opérateur en salle de commande ou en local, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF s'assure de la cohérence entre les délais forfaitaires considérés dans la démonstration de sûreté et ceux nécessaires à la réalisation effective des actions. À cet égard, EDF a pris l'Engagement n° 9 en annexe 3 que l'IRSN estime satisfaisant.

Enfin, les autres règles d'études des conditions DBC n'appellent pas de remarque de l'IRSN.

Critères techniques d'acceptation des conditions « DBC-BK »

Les critères techniques d'acceptation proposés pour les études des conditions « DBC-BK » de l'EPR2 sont identiques à ceux analysés lors de l'examen du DOS du réacteur EPR NM et n'appellent pas de remarque de l'IRSN en ce qui concerne les valeurs des températures moyennes de l'eau des piscines à respecter. En revanche, le choix d'EDF de retenir l'absence de découverture de l'assemblage de combustible en cours de manutention (ACEM) comme seul critère d'acceptation pour tous les initiateurs de vidange des piscines BR et BK, que la brèche soit située sur un tronçon de tuyauterie isolable ou non, reste à justifier compte tenu des fréquences d'occurrence différentes de ces deux types d'événements initiateurs (classés respectivement en DBC3 et DBC4). Pour l'IRSN, des critères plus restrictifs sur le niveau d'eau en piscine atteint dans le cas des situations de vidanges isolables, dont la définition impliquerait la mise en œuvre de dispositions supplémentaires par rapport au seul dispositif passif « casse-siphon », contribueraient à réduire davantage le risque de découverture de l'assemblage pour ces initiateurs considérés plus fréquents (DBC3). De telles dispositions permettraient également de limiter l'inondation interne et ses conséquences sur l'installation, sur la radioprotection des travailleurs et sur les rejets dans l'environnement. Ce sujet pourrait faire l'objet d'un examen ultérieur.

Règles d'études des conditions « DBC-BK »

Les règles d'études proposées pour les conditions de fonctionnement « DBC-BK » de l'EPR2 sont identiques à celles analysées lors de l'examen du DOS du réacteur EPR NM et n'appellent pas de remarque de l'IRSN, excepté l'absence de prise en compte des défaillances uniques passives au titre de la règle de l'aggravant, notamment pour les dispositifs « casse-siphon ». Pour cette exception à la règle de l'aggravant, EDF doit apporter des justifications dans le cadre du dépôt de la demande d'autorisation de création de l'EPR2. L'opportunité d'adjoindre des dispositions supplémentaires pour les brèches situées sur les tronçons isolables des lignes

⁶ À l'instant initial, à l'arrêt automatique du réacteur et au démarrage de l'injection de sécurité.

connectées à la piscine BK, classées en DBC3, est d'ores et déjà soulignée. Ce point pourrait faire l'objet d'un examen ultérieur.

Risque d'interaction Pastille-Gaine (IPG)

EDF a reconduit les règles et hypothèses relatives à l'IPG⁷ du DOS de l'EPR NM. L'IRSN estime acceptables ces règles et hypothèses, malgré un conservatisme réduit par rapport aux cas des études DBC. En revanche, les études IPG sont menées seulement pour les DBC2 dans le RPrS EPR2. Dans le cadre de l'examen des critères de tenue du combustible pour les réacteurs en exploitation, l'IRSN a identifié au moins deux autres conditions de fonctionnement présentant une augmentation de puissance⁸ qui nécessitent des études d'IPG afin de s'assurer que les conséquences radiologiques de ces accidents sont évaluées de manière enveloppe. EDF estime que sa démonstration d'absence de risque d'IPG en DBC3 et 4, apportée pour les réacteurs en exploitation, peut être étendue au cas de l'EPR2. **L'IRSN ne partage pas cette position notamment au regard des gestions de combustible présentées dans le RPrS EPR2 et formule la Recommandation n° 2 en annexe 1.**

Référentiel criticité

EDF a pris l'Engagement n° 10 en annexe 3 de distinguer dans le RPrS les études relevant du référentiel criticité de celles relevant du référentiel DBC, en clarifiant les critères retenus au regard de la maîtrise de la réactivité, ce qui est satisfaisant.

3. CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DEC-A ET DISPOSITIONS ASSOCIÉES

La version préliminaire du rapport de sûreté présente, au chapitre 3.7.2, la démarche d'identification des conditions de fonctionnement DEC-A de l'EPR2. Au cours de l'expertise, la liste préliminaire des conditions de fonctionnement DEC-A et des dispositions de conception associées dites « dispositions DEC-A », obtenue à l'issue de la première application de cette démarche, a été fournie par EDF.

Démarche DEC-A pour l'EPR2

EDF a proposé pour l'EPR2 une nouvelle démarche permettant d'obtenir une liste préliminaire des dispositions DEC-A et des conditions de fonctionnement DEC-A dès le début de la conception d'un nouveau réacteur, sans disposer des études probabilistes de sûreté (EPS) finalisées. Cette démarche est composée des six étapes suivantes :

- la première étape consiste en une identification exhaustive des scénarios prenant en compte une défaillance de cause commune (DCC) affectant un système classé valorisé dans la démonstration de sûreté ;
- la deuxième étape consiste à identifier, pour chaque système affecté, la DCC la plus probable par analyse des données de fiabilité ;
- la troisième étape consiste à sélectionner les scénarios comportant une DCC dont la fréquence, en tenant compte de la DCC la plus probable retenue à l'étape 2, est supérieure à la valeur repère de quelques 10^{-8} /a.r. ;
- la quatrième étape a pour but d'identifier les dispositions DEC-A nécessaires à la mitigation des scénarios sélectionnés à l'étape précédente ;
- la cinquième étape consiste à définir les conditions de fonctionnement DEC-A correspondant aux dispositions DEC-A identifiées à l'étape précédente ;

⁷ Ce risque est à considérer dès lors que le contact entre la pastille et la gaine d'un crayon de combustible est établi (jeu fermé). S'il n'y a pas de risque de rupture de gaine en régime permanent, celui-ci apparaît dès lors que le crayon de combustible subit de fortes augmentations de puissance, la gaine étant alors sollicitée en traction.

⁸ Le retrait incontrôlé d'une grappe, R1GP, en DBC3 et la rupture de tuyauterie vapeur en puissance, RTV100, en DBC4.

- la sixième étape permet de vérifier la suffisance de la liste des dispositions DEC-A au moyen des EPS.

Cette démarche avait été jugée pertinente par l'IRSN dans le cadre du DOS de l'EPR NM, moyennant l'engagement d'EDF d'y adjoindre, une fois les EPS disponibles, la vérification probabiliste objet de la dernière étape de la démarche proposée pour l'EPR2.

De manière générale, l'IRSN estime satisfaisante la démarche d'identification des conditions de fonctionnement DEC-A et des dispositions DEC-A associées, proposée par EDF pour l'EPR2. Cependant, l'analyse par l'IRSN de la première application de cette nouvelle démarche met en évidence certains besoins d'amélioration.

À l'issue de l'expertise, EDF s'est engagé (cf. Engagement n° 11 à Engagement n° 20 en annexe 3) à fournir des éléments complémentaires pour conforter la liste des conditions de fonctionnement DEC-A et des dispositions DEC-A obtenue par déclinaison de la démarche DEC-A à l'EPR2. L'IRSN considère que ces éléments permettront de confirmer la suffisance de cette liste pour l'EPR2 au stade de conception actuel. **Cependant, en prévision d'une déclinaison future de la démarche DEC-A à l'EPR2 à un stade plus avancé de sa conception, l'IRSN a identifié des améliorations supplémentaires à apporter à la démarche, ce qui fait l'objet de la Recommandation n° 3 en annexe 1.**

Par ailleurs, l'IRSN estime que des justifications importantes relatives à la déclinaison de la démarche devraient être référencées voire figurer dans le RPrS et formule ainsi l'Observation n° 3 et l'Observation n° 4 en annexe 2.

Liste des conditions de fonctionnement et dispositions DEC-A pour l'EPR2

L'IRSN a mené, dans le cadre de cet avis, une expertise de la liste préliminaire des conditions de fonctionnement et des dispositions DEC-A obtenue à l'issue de l'application de la démarche. Il est important de noter qu'EDF a répondu aux engagements, pris lors de l'expertise du DOS de l'EPR NM, pour les conditions de fonctionnement DEC-A, notamment en ce qui concerne :

- l'étude de manque de tension généralisé pour certains états du réacteur ;
- l'étude de perte de la source froide cumulée à un MDTE sur 100 heures.

L'IRSN estime que la liste des conditions de fonctionnement et des dispositions DEC-A identifiées en première application de la démarche n'appelle pas de remarque mais souligne que les demandes formulées au cours de cette expertise sur les conditions de fonctionnement DBC et les justifications supplémentaires qu'EDF s'est engagé à transmettre pour la déclinaison de la démarche DEC-A (cf. Engagement n° 11 à Engagement n° 20 en annexe 3) peuvent conduire EDF à modifier cette liste. Sa mise à jour pourrait, ainsi, faire l'objet d'une expertise ultérieure.

Critères techniques d'acceptation des conditions de fonctionnement DEC-A

La définition de l'état sûr et les critères techniques d'acceptation des conditions de fonctionnement DEC-A retenus pour l'EPR2 sont globalement satisfaisants.

Des critères plus restrictifs appliqués par découplage pour certaines conditions de fonctionnement DEC-A peuvent être retenus. À cet égard, pour l'étude d'accident de perte de réfrigérant primaire en état d'arrêt, l'IRSN rappelle sa réserve [5] relative au critère de découplage portant sur la température de gaine maximale du crayon de combustible moyen du cœur, dont la valeur doit tenir compte des phénomènes « combustible »⁹ pouvant s'activer dès que la température de gaine atteint localement 750 °C à 800 °C. Ce point pourrait faire l'objet d'un examen ultérieur.

Pour la piscine BK, la définition de l'état sûr pour les conditions de fonctionnement DEC-A dans le RPrS est conforme à l'engagement d'EDF pris lors de l'expertise du DOS de l'EPR NM. Concernant le critère de 95 °C

⁹ Les phénomènes « combustible » incluent l'oxydation de la gaine, le gonflement, le contact entre crayons et la rupture de la gaine, la relocalisation du combustible et l'effet de ces phénomènes sur les échanges thermiques (diminution de la surface de passage du fluide en cas de ballonnement, modification du coefficient d'échange à la paroi, ...).

portant sur la température moyenne à terme de la piscine BK après rétablissement du refroidissement en boucle fermée, l'IRSN note qu'il est différent de celui retenu pour les situations DBC3 et DBC4, à savoir 80 °C. Or, aucune justification relative à cette relaxation n'est apportée dans le RPrS de l'EPR2, le risque redouté étant lié à la tenue du liner de la piscine. EDF a indiqué que le dimensionnement du liner prend en compte la température maximale de 95 °C. Le RPrS sera donc complété afin de préciser les températures de l'eau de la piscine BK prises en compte pour le dimensionnement du liner (cf. Engagement n° 21 en annexe 3), ce qui est satisfaisant. Enfin, l'IRSN souligne que la vérification de l'étanchéité de la piscine BK inclut également celle des portes pivotantes séparant les différents compartiments de celle-ci.

Règles d'études des conditions de fonctionnement DEC-A

Les règles d'études des conditions de fonctionnement DEC-A pour l'EPR2, notamment les délais pris en compte pour les actions réalisées par l'opérateur, les systèmes crédités et l'absence de prise en compte de la maintenance préventive, de la défaillance unique et du cumul avec un MDTE, sont reprises des règles d'études élaborées pour l'EPR de Flamanville. Ces règles d'études respectent les recommandations du guide ASN n° 22 [4], ce qui est satisfaisant.

À l'instar des conditions de fonctionnement DBC, EDF doit s'assurer de la cohérence entre les délais forfaitaires des actions des opérateurs considérés dans la démonstration de sûreté et ceux nécessaires à la réalisation effective de ces actions. À cet égard, EDF a pris l'Engagement N° 9 en annexe 3, applicable également aux conditions de fonctionnement DEC-A, ce qui est satisfaisant.

Concernant la pénalisation des paramètres dominants, EDF a pris l'engagement d'intégrer, dans les études DEC-A du rapport préliminaire de sûreté, les incertitudes sur les modèles physiques dominants de manière raisonnablement enveloppe, lorsque celles-ci ne sont pas couvertes par des conservatismes (cf. Engagement n° 22 en annexe 3). L'IRSN estime l'engagement d'EDF satisfaisant sur le principe, mais indique que les éléments permettant de justifier le bien-fondé et la suffisance des conservatismes retenus pour couvrir les incertitudes des modèles physiques dominants devront être apportés. Enfin, pour préciser la règle d'étude associée, l'IRSN estime qu'EDF devrait compléter la liste des paramètres dominants en incluant les modèles physiques dominants. Ce point fait l'objet de l'Observation n° 5 en annexe 2.

Concernant la durée conventionnelle retenue dans les études, EDF a indiqué que, à date, l'état sûr et durable est toujours atteint avant 24 heures selon les études des conditions de fonctionnement DEC-A déjà réalisées. Compte tenu des exigences de sûreté applicables à l'EPR2 (autonomie de site d'au moins 100 heures), l'IRSN souligne qu'il portera une attention particulière à la démonstration de l'atteinte de l'état sûr et durable au-delà de 24 heures, à réception des études des conditions de fonctionnement DEC-A.

4. CONCLUSION

À l'issue de son expertise, compte tenu des engagements pris par EDF cités en annexe 3 et sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe 1, l'IRSN estime acceptables les démarches d'élaboration des listes des conditions de fonctionnement DBC et DEC-A (réacteur et bâtiment du combustible), les listes préliminaires qui en découlent et les dispositions DEC-A associées ainsi que les règles d'études et les critères techniques d'acceptation retenus.

De plus, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF justifie de l'absence de risque d'interaction pastille-gaine pour les conditions de fonctionnement de catégories 3 et 4. Par ailleurs, les critères d'acceptation pour les études relevant du référentiel critiqué n'appellent pas de remarque.

Enfin, l'IRSN estime que des compléments doivent être apportés au RPrS au regard de la suffisance des informations contenues dans les chapitres dédiés aux conditions de fonctionnement DBC et DEC-A. À ce sujet, les mises à jour qu'EDF a prévues pour la demande d'autorisation de création de l'EPR2 sont satisfaisantes.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Thierry PAYEN

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2022-00210 DU 9 NOVEMBRE 2022

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF identifie toutes les défaillances pouvant survenir pendant les opérations d'évacuation du combustible usé qui présentent un risque de dénoyage ou d'échauffement excessif d'assemblages de combustible (en cours de manutention ou dans l'emballage), ou de toute autre conséquence inacceptable dans le BK. En outre, EDF devra définir les dispositions constituant les parades nécessaires à la justification de l'élimination pratique de ces risques et justifier le caractère suffisant des exigences associées.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'EDF apporte, pour chaque gestion de combustible envisagée, la justification de l'absence de risque de rupture de gaine par interaction pastille-gaine pour les conditions de fonctionnement de catégories 3 et 4.

Recommandation n° 3

Pour la démarche DEC-A de l'EPR2, l'IRSN recommande qu'EDF :

- inclue, pour chaque système affecté par une défaillance de cause commune (DCC), une vérification permettant de s'assurer que :
 - les scénarios écartés à l'étape 3 ne seraient pas retenus en considérant l'ensemble des DCC de ce système au lieu de la DCC représentative seule,
 - les conséquences fonctionnelles de chaque DCC du système contribuant de manière non négligeable au risque sont bien couvertes par une disposition DEC-A ;
- remplace, à l'étape 3, le seuil de quelques 10^{-8} /a.r. par un seuil de 10^{-8} /a.r. ;
- inclue une vérification que la fréquence dans l'EPS « événements internes » de chaque scénario écarté à l'étape 3 est inférieure au seuil de sélection des scénarios crédibles ou bien que ce scénario est couvert par au moins une condition de fonctionnement DEC-A définie à l'étape 5. À défaut, une modification de la liste des conditions de fonctionnement DEC-A sera nécessaire.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2022-00210 DU 9 NOVEMBRE 2022

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime qu'EDF devrait ajouter une règle d'étude dans le rapport préliminaire de sûreté de l'EPR2 relative à la prise en compte, dans les études des conditions de fonctionnement DBC, des incertitudes associées aux paramètres dominants, notamment celles associées aux modèles physiques dominants des outils de calcul utilisés.

Observation n° 2

L'IRSN considère qu'EDF devrait référencer dans la version préliminaire du rapport de sûreté les éléments justifiant le caractère pénalisant ou non du cumul du MDTE.

Observation n° 3

L'IRSN considère qu'EDF devrait référencer ou faire figurer dans le rapport préliminaire de sûreté, conjointement aux dispositions DEC-A, les parades importantes pour la sûreté présentant un facteur d'importance de Fussel Vesely¹⁰ (FV) supérieur ou égal au FV cible, mais non retenues comme dispositions DEC-A.

Observation n° 4

L'IRSN considère qu'EDF devrait intégrer dans la note d'application de la démarche d'identification des conditions de fonctionnement DEC-A, qui sera référencée dans le chapitre 22.2.2 du RPrS EPR2 à échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations »¹¹, l'ensemble des éléments chiffrés issus de cette application, afin de disposer des justifications qualitatives et quantitatives exhaustives relatives à la sélection ou non des conditions de fonctionnement DEC-A et des dispositions DEC-A à chaque étape de la démarche.

Observation n° 5

L'IRSN estime qu'EDF devrait compléter la liste des paramètres dominants, présentée dans le chapitre 3.7.2.2.2 du rapport préliminaire de sûreté de l'EPR2, en y ajoutant les modèles physiques dominants.

¹⁰ Ce facteur représente, pour chaque défaillance de composant (ou erreur humaine) prise en compte dans l'EPS la part des coupes minimales dans lesquelles apparaît cette défaillance. Calculé dans un modèle où les dispositions DEC-A candidates ont été mises en échec certain, le facteur indique pour chacune de ces dispositions candidates, le gain maximal en termes de réduction du risque de fusion du cœur (RFC) résultant d'une valorisation de celle-ci, rapporté au RFC global. Il s'agit donc d'un nombre sans dimension.

¹¹ Envoi prévu mi-2023.

ANNEXE 3 À L'AVIS IRSN N° 2022-00210 DU 9 NOVEMBRE 2022

Engagements d'EDF

Engagement n° 1

EDF transmettra une mise à jour, à échéance de la mise à jour du RPrS pour « envoi en consultations », de la note support au chapitre 3.7.1 de la version préliminaire du rapport de sûreté prenant en compte les compléments fournis lors de l'expertise ainsi que les éléments opportuns parmi ceux échangés avec l'IRSN dans le cadre de l'expertise des conditions de fonctionnement DBC associées à la piscine de combustible (« DBC-BK »). En cas d'évolutions de la liste des DBC, celles-ci seront explicitées et tracées au sein de cette note.

Engagement n° 2

Une analyse spécifique à l'EPR2 évaluera les conséquences d'un bouchage partiel ou total d'une alvéole de stockage à échéance de la mise à jour du rapport de sûreté pour la demande de mise en service de l'installation, une fois la conception détaillée des racks réalisée.

Engagement n° 3

Les exigences – disponibles à date – de conception et réalisation sur les ouvertures¹² techniques supportant l'exclusion d'un initiateur de défaillance intrinsèque de la liste des DBC seront fournies dans une fiche réponse dédiée à échéance de la mise à jour du RPrS pour « envoi en consultations ».

Les éléments pertinents (en termes de cohérence avec le niveau de détail de la version préliminaire du rapport de sûreté) de la fiche réponse seront intégrés au RPrS lors de sa mise à jour pour « envoi en consultations ».

Engagement n° 4

La capacité à refroidir correctement les assemblages présents dans l'emballage accosté à la fosse de chargement en l'absence de la fonction de transfert d'eau entre le PTR¹³ et le DMK¹⁴ évoquée au sous-chapitre 7.1.3 de la version préliminaire du rapport de sûreté sera explicitée par calcul à échéance de la demande de mise en service de l'installation.

Engagement n° 5

La couverture des accidents de manutention pendant les opérations de chargement du combustible utilisé dans l'emballage de transport dédié à son évacuation par l'étude de criticité de la section 1.6 du sous-chapitre 15.3.1

¹² Ouvertures techniques que sont les portes pivotantes des compartiments de la piscine du BK, la porte d'accès du personnel de la piscine du BR ainsi que les autres ouvertures dédiées aux passages de câbles et de circuits de ventilation.

¹³ Circuit de réfrigération et de purification de l'eau des piscines.

¹⁴ Dispositif de manutention sous fosse des emballages de combustible.

sera explicitée dans la section 1.5 du sous-chapitre 15.3.1 à échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations ».

Concernant les opérations de réception de combustible MOX¹⁵ neuf en air, l'étude de criticité sera réalisée en tenant compte des conditions de modération propres à cette opération à échéance de la mise à jour du rapport de sûreté associée à la demande de mise en service de l'installation.

Engagement n° 6

Au rythme de la déclinaison du guide 28 [6], EDF intégrera, dans les études du rapport de sûreté, les incertitudes sur les modèles physiques dominants lorsque celles-ci ne sont pas couvertes par les conservatismes d'étude. EDF présentera le planning de déclinaison du guide 28 [6] pour le projet EPR2 et la démarche d'application envisagée pour ces diagnostics dans le cadre de la réponse à la demande ASN II_B1.

Engagement n° 7

EDF apportera, à échéance du dépôt du dossier de demande d'autorisation de création, la justification de l'absence d'effet falaise de la prise en compte du même aggravant à un autre instant, au travers d'une analyse des conséquences d'une telle évolution. Cette analyse pourra être réalisée avec des règles, méthodes et hypothèses adaptées par rapport à celles retenues pour l'étude des conditions de fonctionnement de référence.

Engagement n° 8

EDF transmettra à échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations » un document :

- rappelant les éléments, déjà transmis au cours de la présente expertise, relatifs aux justifications du caractère pénalisant du cumul MDTE pour les conditions de fonctionnement DBC2 et DBC3 présentées uniquement avec cumul MDTE dans la version préliminaire du rapport de sûreté ;
- détaillant les éléments justificatifs de la prise en compte ou non de l'hypothèse de cumul MDTE dans les cas pénalisants présentés pour les conditions de fonctionnement DBC4 de la version préliminaire du rapport de sûreté.

À noter que ces éléments justificatifs seront basés sur des argumentaires, ou si nécessaire, sur des calculs complémentaires de sensibilité.

Engagement n° 9

EDF examinera à échéance de la demande de mise en service les éventuelles situations pour lesquelles l'étude d'un délai adapté serait nécessaire. Cet examen portera sur les actions de conduite à réaliser en local et en salle de commande.

Engagement n° 10

À échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations », les paragraphes « Critère à vérifier » des sous-chapitres 15.1.4.5.1 (accident de manutention du combustible) et 15.1.3.4.1 (mauvais positionnement d'un assemblage combustible dans le cœur en état E), seront modifiés pour renvoyer

¹⁵ Oxyde mixte de plutonium et d'uranium.

vers les critères du référentiel criticité, spécifiés dans le sous-chapitre 15.3.0, pour l'aspect maîtrise de la réactivité.

Engagement n° 11

EDF fournira lors de la mise à jour du document d'application de la démarche d'identification des conditions de fonctionnement DEC-A à échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations » :

- les rapports entre la DCC représentative et la somme des DCC ;
- un complément à l'étape 4, visant à montrer que la disposition DEC-A identifiée *in fine* couvre également les scénarios crédibles avec des DCC moins probables que la DCC représentative.

Engagement n° 12

Lors de la mise à jour du document d'application de la démarche d'identification des conditions de fonctionnement DEC-A à échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations », EDF justifiera les scénarios écartés à l'étape 3 d'identification des scénarios crédibles.

Engagement n° 13

EDF mettra à jour le sous-chapitre 3.7.2 de la version préliminaire du rapport de sûreté EPR2 pour « envoi en consultations », afin de préciser dans le contenu de l'étape 4, que pour les scénarios de la famille 2 non couverts par une étude DBC existante, une étude DEC-A est nécessaire. En cohérence, la couverture par une étude DBC existante ou par une autre étude tenant compte des règles, méthodes et critères techniques d'acceptation applicables aux études DEC-A, des scénarios de la famille 2 sera justifiée à échéance de fin 2023. Le cas échéant, les scénarios non couverts feront l'objet d'une étude DEC-A.

Engagement n° 14

EDF justifiera, à échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations », la suffisance des dispositions DBC2-4 pour les scénarios de la famille 1 et donc l'absence de nécessité de la valorisation d'une disposition DEC-A pour les scénarios classés en famille 1 à l'étape 4.

Engagement n° 15

Le paragraphe 2.3 du sous-chapitre 22.2.2 du rapport préliminaire de sûreté sera modifié à échéance de la mise à jour pour « envoi en consultations ». Le texte suivant sera supprimé :

« Après appréciation au cas par cas en fonction de l'acceptabilité des risques encourus, on obtient la liste complémentaire des dispositions DEC-A issue de cette démarche de vérification. Cette démarche viendra compléter, lors de la mise à jour du Rapport de Sûreté associée à la demande de mise en service de l'installation, la liste de conditions de fonctionnement DEC-A présentée au sous-chapitre 3.7.2 du rapport de sûreté. »

Le texte suivant sera ajouté en remplacement :

« Pour chacune des dispositions DEC-A potentielle, une analyse apprécie le bénéfice sûreté qui serait apportée par l'ajout de cette disposition dans la liste des dispositions DEC-A. En conclusion de cette analyse, soit une

justification appropriée est apportée, soit la disposition est ajoutée à la liste des dispositions DEC-A au titre de la présente démarche. »

Engagement n° 16

EDF fournira lors de la mise à jour du document d'application de la démarche d'identification des conditions de fonctionnement DEC-A à échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations » :

- les facteurs d'importance de l'ensemble des parades, confirmant ainsi qu'aucune parade n'a été écartée à l'étape 6 sur la base d'un facteur d'importance légèrement inférieur au FV cible ;
- la justification détaillée pour ne pas avoir retenu la mise en service de l'aspersion auxiliaire au pressuriseur comme disposition DEC-A.

Engagement n° 17

EDF fournira, à échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations », une justification de l'efficacité de la disposition : « *Mise en service manuelle de l'EVU¹⁶ et l'EVUi¹⁷* » dans le scénario identifié par l'étape 6 avec les règles et hypothèses des études support EPS.

Engagement n° 18

Concernant le cas particulier de la disposition SED¹⁸, EDF fournira lors de la mise à jour du document d'application de la démarche d'identification des conditions de fonctionnement DEC-A à échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations » le calcul d'un nouveau facteur d'importance en valorisant les deux autres parades en cascades (PTR et SEM¹⁹).

Engagement n° 19

EDF fournira lors de la mise à jour du document d'application de la démarche d'identification des conditions de fonctionnement DEC-A à échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations », pour les deux parades présentant un facteur d'importance FV supérieur au FV cible mais écartées dans l'étape 6 en raison d'un impact négligeable de leur échec certain sur le risque de fusion du cœur (RFC) global, l'impact de l'échec de ces parades sur le RFC global.

Engagement n° 20

EDF mettra à jour le sous-chapitre 3.7.2 de la version préliminaire du rapport de sûreté EPR2 à échéance de la mise à jour du rapport préliminaire de sûreté pour « envoi en consultations », en référant le document d'application de la démarche d'identification des conditions de fonctionnement DEC-A qui sera complété avec la quantification des fréquences des scénarios DBC cumulées à la probabilité de défaillance de cause commune

¹⁶ Système d'évacuation ultime de chaleur du bâtiment du réacteur.

¹⁷ Système d'évacuation ultime de chaleur intermédiaire.

¹⁸ Système de distribution d'eau déminéralisée.

¹⁹ Système d'appoint en eau de secours.

affectant une disposition « système » ou « support » et présentant les scénarios de type DBC + DCC crédibles (dispositions systèmes et fonctions supports).

Engagement n° 21

Le sous-chapitre 11.4 « Conception du revêtement piscines (hors IRWST²⁰, hors bâches ASG²¹, hors puisards RPE²²) » sera mis à jour pour la version préliminaire du rapport de sûreté EPR2 pour « envoi en consultations » afin de préciser les températures de l'eau de la piscine BK prises en compte pour le dimensionnement du liner de la piscine BK.

Engagement n° 22

Au rythme de la déclinaison du guide ASN n° 28 [6], EDF intégrera, dans les études DEC-A du rapport de sûreté, les incertitudes sur les modèles physiques dominants de manière raisonnablement enveloppe, lorsque celles-ci ne sont pas couvertes par les conservatismes d'étude. EDF présentera le planning de déclinaison du guide ASN n° 28 [6] pour le projet EPR2 et la démarche d'application envisagée pour ces diagnostics dans le cadre de la réponse à la demande ASN II_B1.

²⁰ Réserve d'eau d'appoint intérieur enceinte.

²¹ Système d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur.

²² Système des purges, évènements et exhaures nucléaires.