

Fontenay-aux-Roses, le 29 septembre 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00195

Objet : Expertise anticipée en vue d'une demande d'autorisation de création d'une paire de réacteurs de type EPR2 : classement de sûreté et démarche d'« élimination pratique ».

Réf. : Lettre ASN – CODEP-DCN-2022-010563 du 25 février 2022.

1. INTRODUCTION

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. Certains aspects relatifs au classement de sûreté ainsi que la démarche d'« élimination pratique » font partie des sujets prioritaires à analyser identifiés par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

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

- les dérogations aux règles de classement et à l'application du critère de défaillance unique¹ prévues par EDF pour certains systèmes ou composants du réacteur EPR2 ;
- la démarche dite « période de grâce » introduite par EDF pour le projet EPR2 ;
- la liste des situations « pratiquement éliminées » ;
- la démarche retenue par EDF pour assurer la justification d'« élimination pratique » des situations susceptibles d'entraîner des rejets précoces et importants pour le réacteur EPR2.

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

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 évaluation sur les points susmentionnés.

¹ Exigence selon laquelle un système doit être capable de remplir une fonction déterminée malgré la défaillance d'un des équipements affectés à cette fonction.

2. CLASSEMENT DE SÛRETÉ

Lors de l’instruction du DOS de l’EPR NM, l’IRSN a considéré que la démarche de classement de sûreté proposée par EDF était globalement satisfaisante. Certains aspects restaient toutefois à clarifier et sont examinés ci-après.

2.1. DÉROGATIONS AUX RÈGLES DE CLASSEMENT

D’après le RPrS, les éléments importants pour la protection des intérêts pour la sûreté nucléaire (EIPS) contribuant à la réalisation d’une fonction de sûreté (catégories 1, 2 et 3) se voient attribuer une classe de sûreté unique (S1, S2 et S3) qui est associée à la catégorie la plus élevée des fonctions qu’ils réalisent. Cette classe de sûreté reflète leur rôle pour la sûreté. Lors de l’expertise du DOS de l’EPR NM (désormais EPR2), l’IRSN avait estimé qu’EDF devait limiter autant que possible les dérogations aux règles de classement et justifier dans le RPrS que celles qu’il retiendrait ne pouvaient pas être évitées par conception.

Les dérogations aux règles de classement retenues au stade du RPrS de l’EPR2 concernent :

- des composants de contrôle-commande des systèmes RCP² et RGL³, classés S3 au lieu de S2, dont la défaillance en fonctionnement normal conduirait à une condition de fonctionnement de référence DBC⁴-3 ou DBC-4 ;
- les composants de différents systèmes, classés S3 au lieu de S1, participant aux fonctions d’isolement des consommateurs de vapeur.

Ces dérogations sont abordées ci-après.

2.1.1. Fonctions de « gavé ouvert » et de dépressurisation du circuit primaire (RCP)

La fonction d’évacuation de la puissance thermique du cœur par l’ouverture des vannes de décharge en « gavé ouvert » et la fonction de dépressurisation du circuit primaire par l’ouverture des vannes de décharge en condition de fonctionnement avec fusion du cœur sont des fonctions de catégorie 3 pour leur participation respectivement à la gestion des situations DEC-A⁵ et DEC-B⁶. Le RPrS indique qu’« *une chaîne de contrôle-commande dont la défaillance en fonctionnement normal mènerait directement à une condition de fonctionnement de référence DBC-3 ou DBC-4* » relève d’un classement S2 (critère accepté par l’IRSN lors de l’expertise du DOS de l’EPR NM). En application de ce critère, les composants de contrôle-commande assurant l’ouverture des vannes de décharge doivent être classés S2. Néanmoins, EDF retient un classement S3 pour le système de contrôle-commande diversifié (DAS) et le système de contrôle-commande accident grave (CCAG) pilotant ces vannes (deux vannes en série pour chacune des deux lignes de décharge) en justifiant que l’ouverture de l’une des deux vannes en série nécessite la validation par des équipements classés S2. **L’IRSN estime que les justifications de la dérogation aux règles de classement apportées par EDF sont satisfaisantes.**

2.1.2. Fonction d’insertion, de retrait et de maintien des grappes de contrôle (RGL)

La fonction d’insertion, de retrait et de maintien des grappes de contrôle est une fonction de catégorie 3. Toutefois, une défaillance des fonctions de régulation et de commande des grappes de contrôle serait susceptible de conduire à un retrait incontrôlé d’une grappe en puissance qui est une situation DBC-3. En application du critère de la classe S2 précédemment cité, les composants de contrôle-commande assurant cette fonction

² Circuit primaire.

³ Commande des grappes de contrôle.

⁴ DBC (design basis conditions) : situations incidentelles et accidentelles du domaine de conception de référence qui sont classées en quatre catégories selon leur fréquence d’occurrence.

⁵ DEC-A (design extension conditions-A) : situations du domaine de conception étendu pour lesquelles la fusion de combustible est prévenue.

⁶ DEC-B (design extension conditions-B) : situations du domaine de conception étendu pour lesquelles la fusion de combustible est postulée.

doivent être classés S2. Néanmoins, EDF retient un classement S3 pour le système de limitation, de surveillance et de contrôle du réacteur (RCSL) et le système commandant le mouvement des grappes de contrôle⁷.

Le RCSL et le système commandant le mouvement des grappes ont les mêmes principes d'architecture et de conception que ceux de l'EPR de Flamanville, ce qui est satisfaisant. Le système commandant le mouvement des grappes dont le logiciel est figé par le constructeur est conçu avec des matériels standards. **Pour ce système, l'IRSN estime que la dérogation aux règles de classement envisagée par EDF est acceptable.** S'agissant du RCSL, il est constitué d'un automate dont le logiciel système est figé par le constructeur, tandis que le logiciel applicatif est développé par EDF. La famille de matériels retenue pour le RCSL est similaire à celle du système de protection qui est considéré par EDF comme très robuste. De plus, selon EDF, les défaillances dues aux erreurs dans le logiciel applicatif sont très peu probables dans la mesure où celui-ci est conçu conformément aux normes CEI 61513 et CEI 62138 (normes internationales sur l'instrumentation et le contrôle-commande des systèmes importants pour la sûreté des centrales nucléaires). **L'IRSN estime que la dérogation aux règles de classement envisagée par EDF pour le RCSL est acceptable à la condition que son logiciel système ainsi que tous ses matériels qui peuvent l'être, soient identiques à ceux du système de protection classé S1 sur l'EPR2.**

2.1.3. Fonctions d'isolement des consommateurs de vapeur

Les fonctions d'isolement des consommateurs de vapeur en cas d'arrêt automatique du réacteur sont des fonctions de catégorie 1 compte tenu de leur valorisation dans les conditions de fonctionnement de référence. Néanmoins, EDF retient un classement S3 pour les SSC⁸ associés à ces systèmes car la déclinaison stricte des exigences associées au classement S1 ne permet pas de valoriser le meilleur standard industriel connu, qui bénéficie d'un retour d'expérience favorable. Par ailleurs, EDF a indiqué que la technologie du contrôle-commande associé au déclenchement de la turbine sera à base de relais. Pour l'IRSN, cette technologie est en effet à privilégier lorsque la logique des fonctions à réaliser est suffisamment simple. EDF s'est engagé à transmettre l'architecture simplifiée de ce contrôle-commande à échéance du dépôt de la demande d'autorisation de création de l'EPR2. Pour ce qui concerne le contrôle-commande associé à l'isolement des consommateurs de vapeur, EDF a indiqué que le fournisseur n'était pas encore retenu mais a confirmé que la technologie utilisée pour ce contrôle-commande sera également de même type. EDF s'est engagé à en transmettre l'architecture simplifiée dès qu'elle sera disponible. **L'IRSN estime que les justifications de la dérogation aux règles de classement apportées par EDF sont satisfaisantes.**

2.2. DÉROGATIONS À L'APPLICATION DU CRITÈRE DE DÉFAILLANCE UNIQUE

La seule dérogation à l'application du critère de défaillance unique reconduite de l'EPR de Flamanville concerne les vannes d'isolement vapeur, chacune des quatre lignes de vapeur principales étant équipée d'une unique vanne d'isolement. Pour justifier cette dérogation, EDF a transmis une note d'étude, qui reprend les principes de celle réalisée pour l'EPR de Flamanville, traitant la défaillance à la fermeture d'une vanne d'isolement vapeur en cas de rupture d'un ou de deux tubes de générateur de vapeur (GV) située au-dessus de la plaque tubulaire du côté de la boîte à eau⁹ froide du GV. Cette note conclut à l'absence de conséquences inacceptables. Toutefois, EDF n'a pas étudié le cas de la rupture d'un ou de deux tubes de GV située du côté de la boîte à eau chaude. À l'issue de la présente expertise, EDF s'est engagé à transmettre cette étude à échéance de fin 2023. **Sous réserve**

⁷ Le contrôle des grappes comporte deux types d'automates : le RCSL qui élabore les ordres de montée ou de descente en fonction de l'état du réacteur et le système commandant le mouvement des grappes qui reçoit ces ordres et génère les séquences de contrôle des électro-aimants qui actionnent les grappes de contrôle.

⁸ Structures, systèmes et composants.

⁹ Un générateur de vapeur permet d'évacuer la puissance du cœur du réacteur par refroidissement du circuit primaire par le circuit secondaire. Il est constitué d'un faisceau tubulaire en « épingle » et de deux boîtes à eau. L'eau du circuit primaire entre dans la « boîte à eau chaude » du GV et sort par la « boîte à eau froide ».

des conclusions de cette dernière, l'IRSN estime que la dérogation à l'application du critère de défaillance unique est acceptable.

2.3. DÉMARCHE « PÉRIODE DE GRÂCE »

Pour l'EPR2, EDF introduit la démarche dite « période de grâce » qui permet un classement de sûreté des systèmes ou composants supports à un niveau inférieur à celui normalement requis, lorsque leur défaillance n'entraîne pas « immédiatement » la perte de la fonction supportée. EDF restreint la mise en œuvre de cette démarche aux seuls systèmes de conditionnement thermique en support à des fonctions de catégorie 1, pour lesquels une période de grâce est disponible. Cette période est définie comme la durée maximale pendant laquelle les conditions ambiantes dans un local permettent à un matériel de fonctionner sans conditionnement thermique. Cette durée est fixée par EDF à au moins deux heures.

L'IRSN considère que l'existence de périodes de grâce permet d'apporter de la robustesse à l'installation en cas de perte des systèmes de conditionnement thermique. Néanmoins, il identifie d'ores et déjà plusieurs difficultés associées à la déclinaison opérationnelle de la démarche « période de grâce ». **En effet, ce délai est jugé très court pour réaliser une éventuelle action corrective et le caractère suffisant de la durée minimale de deux heures retenue n'est pas démontré. En outre, un classement S2 des systèmes de conditionnement thermique ne doit pas conduire à définir pour ces systèmes des exigences de suivi en exploitation en retrait par rapport à un classement S1. L'IRSN sera vigilant sur ce point.** Enfin, l'IRSN relève que la volonté d'EDF de reconduire autant que possible les matériels de l'EPR de Flamanville sur l'EPR2 afin de bénéficier de leur qualification existante, peut conduire à des situations sur l'EPR2 où la température de qualification des matériels est dépassée, compte tenu des températures plus élevées atteintes dans les locaux à l'issue de la période de grâce (sans conditionnement thermique). Sur ce point, EDF envisage de procéder à des compléments de qualification pour les cas où les dépassements de la température ne seraient pas couverts par les dossiers de qualification existants. À cet égard, il réalisera une analyse pour chaque matériel, afin de s'assurer de sa capacité à fonctionner à la température atteinte dans le local concerné en se basant sur des avis fournisseurs, des résultats d'essais ou des jugements d'experts. **L'IRSN convient de l'intérêt pour EDF de valoriser la qualification de matériels existants et considère que, pour un réacteur encore en projet, les compléments de qualification doivent s'appuyer prioritairement sur des résultats d'essais.**

De plus, l'IRSN considère que l'ensemble des matériels conditionnés thermiquement par des systèmes supports classés S2 au titre de la démarche « période de grâce » doit être qualifié au minimum à la température ambiante atteinte, sans conditionnement thermique, à l'issue de la période de grâce d'au moins deux heures. En outre, au regard de cette durée relativement courte fixée forfaitairement par EDF, l'IRSN estime que cette température de qualification doit intégrer une marge afin de garantir que l'inertie thermique dans le local qui abrite les matériels ne conduit pas, même transitoirement, au dépassement de leur température de qualification, malgré la reprise du conditionnement thermique. Enfin, l'IRSN considère que chacun de ces matériels doit faire l'objet d'un dossier de qualification complet. **L'ensemble de ces éléments fait l'objet de la recommandation en annexe.**

3. ÉLIMINATION PRATIQUE

L'IRSN a analysé la démarche d'« élimination pratique » présentée dans le RPrS de l'EPR2. Les paragraphes suivants abordent la liste des situations « pratiquement éliminées » pour le réacteur EPR2 et la démarche retenue par EDF pour assurer la justification de l'« élimination pratique » de ces situations.

3.1. LISTE DES SITUATIONS « PRATIQUEMENT ÉLIMINÉES »

La démarche d'« élimination pratique » concerne les situations pouvant entraîner des rejets radiologiques importants et précoces, et pour lesquelles des dispositions raisonnables et suffisantes de limitation des

conséquences ne sont pas envisageables, dans l'état actuel des connaissances et des techniques disponibles. Elle vise ainsi à « éliminer pratiquement » ces situations, c'est-à-dire à les rendre physiquement impossibles ou, à défaut, extrêmement improbables avec un haut degré de confiance.

EDF a identifié une liste de situations à « éliminer pratiquement » correspondant à des accidents avec fusion des assemblages de combustible, avec un confinement absent ou suffisamment dégradé pour conduire à des rejets importants dont la cinétique rapide ou la nature pourrait remettre en cause l'applicabilité des mesures de protection pour y faire face.

EDF retient notamment dans cette liste l'ensemble des situations de fusion d'assemblages de combustible lorsque ceux-ci sont entreposés dans la piscine de désactivation du bâtiment combustible, y compris celles présentant des cinétiques de rejet relativement lentes. Cette approche se justifie par l'absence d'une enceinte de confinement pour la piscine de désactivation et de dispositions de limitation des rejets pour ces situations.

Enfin, EDF s'est engagé à inclure à la liste des situations à « éliminer pratiquement », celles relevant de la défaillance des composants dits « non ruptibles¹⁰ » et celles étudiées au regard du risque de criticité, ce qui est satisfaisant. EDF a précisé pour ces situations que la justification de leur « élimination pratique » reposera sur des référentiels dédiés.

3.2. DÉMARCHE RETENUE PAR EDF POUR ASSURER LA JUSTIFICATION DE L'« ÉLIMINATION PRATIQUE »

Pour la liste des situations « pratiquement éliminées », leur justification consiste, en premier lieu, à analyser les causes menant aux situations concernées, puis à identifier les parades à mettre en œuvre pour les prévenir et à évaluer leur suffisance.

3.2.1. Causes menant aux situations à « pratiquement éliminées »

L'analyse des causes menant aux situations « pratiquement éliminées » peut, soit porter sur les phénomènes survenant lors de la fusion du cœur, soit être basée sur une caractérisation précise des scénarios menant aux situations concernées, en valorisant, lorsqu'elles sont disponibles, les études probabilistes de sûreté (EPS). **L'IRSN n'a pas de remarque concernant l'approche proposée par EDF.**

3.2.2. Identification des parades et analyse de leur suffisance

Une justification de l'« élimination pratique » repose sur l'impossibilité physique ou, à défaut, sur le caractère extrêmement improbable avec un haut degré de confiance de la situation redoutée.

Impossibilité physique

EDF indique dans le RPrS que la démarche d'« élimination pratique » repose sur une analyse au cas par cas des situations redoutées et que, par conséquent, il apparaît difficile de définir une démarche générique de démonstration d'impossibilité physique au regard de l'état d'avancement des études. À cet égard, **l'IRSN estime qu'il convient de privilégier les justifications fondées sur une démonstration d'impossibilité physique qui doit reposer sur la mise en œuvre de dispositions de conception qui ne peuvent être mises en défaut.** L'IRSN portera une attention particulière aux éléments de justification en support à ce type de démonstration.

Justification du caractère hautement improbable avec un haut degré de confiance

EDF identifie les « parades nécessaires » pour démontrer le caractère extrêmement improbable avec un haut degré de confiance d'une situation « pratiquement éliminée ». Les « parades nécessaires » sont constituées par des parades issues des études de conditions de fonctionnement DBC/DEC-A et des dispositions d'« élimination

¹⁰ La cuve et son couvercle, les générateurs de vapeur (hors faisceau tubulaire), le pressuriseur et les volutes des groupes motopompes primaires.

pratique ». En complément, EDF introduit les notions de « parade principale » et « parade supplémentaire » pour identifier les « parades nécessaires », les deux types de parades relevant d'un socle commun d'exigences de conception. À l'issue de l'expertise, l'IRSN note que la seule différence entre une « parade principale » et une « parade supplémentaire » est que la démonstration du caractère extrêmement improbable d'une situation « pratiquement éliminée » repose au moins sur une « parade principale ». **Selon l'IRSN, les notions de « parade principale » et de « parade supplémentaire » - telles que définies par EDF - ne sont pas nécessaires à la formalisation de la démarche d'« élimination pratique » et à sa déclinaison, voire pourraient introduire une notion de hiérarchisation, ce qui n'est pas souhaitable.**

Pour ce qui concerne le volet déterministe de la démarche, la suffisance des « parades nécessaires » à la justification de l'« élimination pratique » est évaluée sur la base du classement de sûreté et des exigences associées, en termes de tenue aux agressions internes et externes, de suivi en exploitation et de sensibilité au risque d'erreur humaine. Le classement de sûreté et les exigences de tenue aux agressions relèvent de requis minimum (par exemple, le RPrS évoque « *une catégorisation au minimum en catégorie 3* », « *au moins une parade...* »). EDF s'est engagé à préciser dans le RPrS que ces requis minimum sont nécessaires, mais pas forcément suffisants, la suffisance reposant sur une analyse au cas par cas, **ce qui est satisfaisant pour l'IRSN.**

Pour les exigences de suivi en exploitation, EDF a indiqué qu'elles seront explicitées ultérieurement en cohérence avec la doctrine des règles générales d'exploitation qui n'est pas encore définie à ce stade du projet, **ce qui n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.** Pour ce qui concerne la sensibilité au risque d'erreur humaine, EDF évoque sa difficulté à définir des éléments spécifiques à la démarche d'« élimination pratique », en soulignant que cela relève de la démarche plus globale de conception des systèmes dans laquelle le facteur humain est pris en compte. À cet égard, **l'IRSN souligne que, compte tenu des enjeux de sûreté liés aux situations « pratiquement éliminées », les exigences retenues au regard du risque d'erreur humaine pour les dispositions valorisées dans ces situations doivent faire l'objet d'une attention particulière de la part d'EDF.**

Pour ce qui concerne l'indépendance des « parades nécessaires » à une justification d'« élimination pratique », EDF s'est engagé à compléter le RPrS pour les situations qui ne seraient pas déjà couvertes par le sous-chapitre dédié à l'indépendance entre les différents niveaux de défense en profondeur, **ce qui est satisfaisant pour l'IRSN.**

Pour ce qui concerne le volet probabiliste de la démarche, l'IRSN estime que l'utilisation des EPS proposées, à ce stade, est appropriée.

4. CONCLUSION

L'IRSN a analysé certains aspects relatifs au classement de sûreté ainsi que la démarche d'« élimination pratique » présentés dans le RPrS de l'EPR2.

L'IRSN constate que le nombre de dérogations aux règles de classement et à l'application du critère de défaillance unique présentées au stade du RPrS reste limité et considère que les justifications apportées par EDF, accompagnées des compléments proposés, sont satisfaisants.

S'agissant des périodes de grâce introduites par EDF pour le projet EPR2 dans le classement de sûreté, l'IRSN estime qu'elles permettent d'apporter de la robustesse à l'installation. Toutefois, l'IRSN identifie des difficultés dans la déclinaison de la démarche dite « période de grâce » en ce qui concerne la qualification des matériels conditionnés thermiquement par des systèmes supports classés S2. Pour l'IRSN, les éventuels compléments de qualification doivent s'appuyer prioritairement sur des résultats d'essais. De plus, EDF doit s'assurer que la température de qualification de ces matériels couvre les températures qui pourraient être atteintes dans le local qui les abrite, y compris après la reprise du conditionnement thermique.

Une démarche d'« élimination pratique » a été proposée par EDF pour la première fois dans le cadre de l'instruction du DOS de l'EPR NM, puis dans le cadre de la présente expertise. L'IRSN estime que cette démarche pourrait être simplifiée mais reste globalement satisfaisante. Les analyses menées, à ce stade de la conception,

ont permis de converger sur le domaine d'application de la démarche et les différentes étapes de déclinaison, ainsi que sur la liste des situations concernées.

Enfin, l'IRSN estime que les éléments contenus dans le RPrS relatifs aux sujets expertisés dans le cadre du présent avis sont globalement suffisants.

IRSN

Le Directeur général
Par délégation
Thierry PAYEN
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2022-00195 DU 29 SEPTEMBRE 2022

Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande que, pour l'ensemble des matériels conditionnés thermiquement par des systèmes supports classés S2 au titre de la démarche « période de grâce », EDF établisse un dossier de qualification complet justifiant que la température de qualification de ces matériels couvre les températures qui pourraient être atteintes dans le local qui les abrite, y compris après la reprise du conditionnement thermique. Pour les matériels reconduits du réacteur EPR de Flamanville qui nécessiteraient des compléments de qualification, les justifications associées devront s'appuyer prioritairement sur des résultats d'essais.