

Fontenay-aux-Roses, le 28 juin 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2016-00217

Objet : Réacteur EPR Flamanville 3 - Examen des études d'accidents

Réf. Lettre ASN-CODEP-DCN-2016-014370 du 8 avril 2016

Dans le cadre de la demande de mise en service du réacteur EPR Flamanville 3 (INB n° 167), vous avez sollicité, par lettre citée en référence, l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les études d'accidents de ce réacteur.

La démonstration de sûreté du réacteur EPR Flamanville 3 est établie sur la base d'une démarche déterministe complétée par un éclairage probabiliste et s'appuie sur des études présentées dans le rapport de sûreté (RDS) de l'installation. Cette démonstration comprend notamment :

- des études déterministes d'accident présentant l'analyse et les conséquences pour l'installation d'un événement initiateur unique ; ces études, dénommées « Plant category conditions » ou PCC, sont classées, suivant leur fréquence d'occurrence estimée, en catégories 2 à 4 ;
- des études déterministes d'accident présentant l'analyse et les conséquences pour l'installation de défaillances multiples : ces études sont dénommées « Risk reduction category » ou RRC-A ;
- des études spécifiques ;
- des études de conséquences radiologiques des PCC et des RRC-A.

Ces études de la démonstration de sûreté sont réalisées avec des règles adaptées et s'appuient sur des méthodes, des logiciels de calcul, des hypothèses d'études et des critères d'acceptation. Elles doivent permettre de s'assurer du bon dimensionnement des systèmes de protection et de sauvegarde du réacteur, de la suffisance des dispositions prises pour limiter la fréquence de fusion du cœur en cas de situations résultant de défaillances multiples, de l'adéquation des actions de conduite requises par les règles générales d'exploitation ainsi que de l'atteinte des objectifs de limitation des conséquences radiologiques fixés pour le réacteur.

Adresse courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

Dans le cadre du présent avis, l'IRSN a analysé l'acceptabilité :

- des études PCC,
- des études RRC-A,
- des études spécifiques,
- des conséquences radiologiques des PCC et RRC-A,
- du comportement du combustible,
- de la démonstration de sûreté des cœurs lors des rechargements de combustible.

1. Étude des PCC

Règles d'étude

Les règles retenues pour l'étude des PCC et la liste des PCC ont fait l'objet d'une instruction de l'IRSN, antérieurement au dossier de demande d'autorisation de mise en service (DMES), suivie de demandes de l'ASN. Certaines demandes ont d'ores et déjà été prises en compte dans le rapport de sûreté transmis dans le cadre du DMES de l'EPR Flamanville 3 déposé par EDF en mars 2015 ; les autres le seront dans le cadre de la révision du rapport de sûreté prévue mi-2017.

Méthodes et logiciels utilisés

Pour la démonstration de sûreté de l'EPR Flamanville 3, certaines méthodes utilisées pour les études d'accidents du parc en exploitation ont été reconduites, d'autres ont été adaptées du fait des spécificités de l'EPR et des méthodes plus évoluées, privilégiant le recours à des calculs tridimensionnels (3D), ont été développées pour mieux représenter la physique des phénomènes qui se produisent pendant les transitoires.

À la suite de son analyse, l'IRSN considère les méthodes suivantes comme acceptables pour les études de l'EPR avec, pour certaines, des réserves qui ne mettent toutefois pas en cause leur utilisation :

- la méthode rénovée pour l'étude de la phase court terme de l'éjection de grappe ainsi que la démarche d'étude pour la phase moyen terme de cet accident ;
- la méthode 3D pour l'étude du retrait incontrôlé de groupes à puissance nulle ;
- la méthode 3D pour les études de perte de débit primaire ;
- la méthode statistique généralisée pour le calcul des incertitudes associées aux seuils de surveillance et de protection du cœur ;
- la méthode totalement couplée 3D (MTC 3D) pour les accidents de rupture de tuyauterie vapeur (RTV) sans arrêt des pompes primaires et pour la phase court terme de ces accidents avec arrêt des pompes primaires ;
- la méthode d'évaluation des pressions et températures dans l'enceinte de confinement en cas d'accident ;
- la méthode déterministe réaliste (MDR) utilisée pour les études d'accident de perte de réfrigérant primaire suite à une brèche intermédiaire ou une petite brèche (APRP BI-PB), de rupture de tube de générateur de vapeur (RTGV) et de tuyauterie d'eau alimentaire (RTE).

En revanche :

- la démarche d'étude du risque de dilution inhérente à l'APRP n'a pas été jugée acceptable ;
- l'application de la méthode MTC 3D pour la phase moyen terme de la RTV avec arrêt des pompes primaires n'a pas été jugée acceptable, la phase moyen terme se caractérisant par des déséquilibres de débit entre les boucles et des écoulements, dissymétriques et fortement tridimensionnels dans la cuve et le cœur, difficiles à simuler. À cet égard, EDF a transmis une démarche complémentaire, qui fait l'objet de demandes et de réserves, mais qui ne mettent toutefois pas en cause son utilisation pour l'EPR ;
- la corrélation de flux critique permettant d'évaluer le risque de passage en crise d'ébullition des crayons n'est pas suffisamment conservatrice au regard de l'objectif de taux de couverture de 95 % avec un niveau de confiance de 95 %. EDF a indiqué qu'il révisera les incertitudes associées à la corrélation et les études concernées.

En ce qui concerne les logiciels de simulation utilisés, l'IRSN a analysé :

- la chaîne de calcul neutronique : la validation de cette chaîne est adaptée aux spécificités du réacteur EPR que sont la taille du cœur et l'utilisation d'une nouvelle instrumentation. Concernant la présence du réflecteur lourd, EDF a apporté des éléments de validation, mais l'IRSN estime que l'interprétation des essais physiques du premier démarrage devra conforter la capacité de la chaîne à modéliser ces effets et confirmer les incertitudes retenues ;
- le logiciel de calcul pour évaluer la cinétique de chute des grappes lors de l'Arrêt automatique du réacteur (AAR) : la validation de ce logiciel est assurée pour évaluer un temps de chute dans les conditions représentatives du fonctionnement du réacteur sans séisme et dans une géométrie de canal de chute nominale, c'est-à-dire sans déformation latérale d'assemblages en exploitation. En revanche, l'IRSN estime qu'EDF n'a pas fourni les éléments démontrant la validation des modèles représentant l'effet du séisme dans ce logiciel.

Données et hypothèses retenues pour les études des PCC

Le réacteur est conçu pour fonctionner à une puissance de 4300 MW en base, en suivi de réseau journalier ainsi qu'en fonctionnement prolongé à puissance réduite.

La gestion du combustible de l'EPR Flamanville 3 se caractérise par des assemblages à structure et gainage en alliage M5, un cœur composé de 241 assemblages avec une hauteur active de 420 cm, un enrichissement de 4,2 % en uranium 235 et un rechargement par tiers de cœur.

La définition du point de fonctionnement nominal du réacteur n'appelle pas de remarque particulière : des provisions ont été prises en compte pour la définition des débits primaires minimal et maximal, compte tenu du retour d'expérience du démarrage du palier N4¹. Un taux de bouchage maximal des tubes de générateurs de vapeur (BTGV) de 10 % est considéré.

¹ Le débit primaire avait été significativement sous-évalué à la conception.

La conception thermohydraulique du réacteur EPR Flamanville 3 comprend certaines spécificités qui ont un impact sur la répartition de débit dans la cuve (présence d'un répartiteur de débit sous le fond support de cœur, présence du réflecteur lourd...). EDF a apporté, dans le cadre de cette instruction, des éléments justifiant la pertinence de cette conception : ce point fait l'objet de l'observation n°2 en annexe 2.

Le domaine d'exploitation et les états standards de la chaudière sont définis dans le RDS. En particulier, dans les états d'arrêt de l'EPR Flamanville 3, toutes les grappes de commande sont insérées dans le cœur. En cas de transitoire incidentel ou accidentel, elles participent à la sous-criticité initiale, mais ne peuvent pas apporter d'anti-réactivité. Cependant, compte tenu de dispositions spécifiques à l'EPR, ce choix ne conduit pas à un accroissement du risque en termes de maîtrise de la réactivité, moyennant des concentrations en bore adéquates requises dans les états d'arrêt.

Les données relatives au cœur utilisées dans les études d'accidents n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN, à l'exception de la puissance résiduelle. En effet, l'incertitude sur le terme de la puissance résiduelle correspondant à la désintégration des actinides et des produits de fission et de capture a été réduite par rapport à celle retenue dans les études pour le parc en exploitation (passage de 2σ à $1,645\sigma$). Dans le cadre de cette instruction, EDF a démontré que cela ne modifiait pas les conclusions des études. L'IRSN estime toutefois que, compte tenu des méconnaissances associées à ce terme, il conviendrait, à l'instar de ce qui est fait pour le parc en exploitation, de conserver l'incertitude de 2σ pour le réacteur EPR qui ne présente pas de spécificité au regard de ce paramètre. Ce point fait l'objet de l'observation n°3 en annexe 2.

Par ailleurs, les pénalités considérées dans les études (pour les différents modes de fonctionnement prévus, pour les oscillations xénon, pour le déséquilibre azimutal de puissance...) sont acceptables. En particulier, un éventuel déséquilibre azimutal de puissance serait amplifié par la présence du réflecteur lourd de l'EPR : cet effet, qui concerne essentiellement les situations au démarrage du premier cycle de l'EPR, a été pris en compte. EDF a par ailleurs démontré la stabilité radiale du cœur de l'EPR aux oscillations xénon, le mode de pilotage permettant quant à lui de contrôler les oscillations axiales.

Compte tenu de ses réserves sur la validation du logiciel pour représenter l'effet du séisme, l'IRSN souligne que les temps de chute des grappes en cas de séisme, pris en compte dans certaines études d'accident, peuvent ne pas être enveloppes, ce qui peut avoir un impact défavorable sur certaines études d'accidents du RDS.

Dans le RDS de l'EPR Flamanville 3, il y a coexistence de deux jeux d'hypothèses d'études :

- un jeu d'hypothèses « réconcilié » cohérent avec l'état documentaire de référence du DMES ;
- un jeu d'hypothèses « intermédiaire », correspondant à une configuration matérielle antérieure de l'installation, à partir duquel a été réalisée la majorité des études.

EDF a analysé et justifié l'impact des modifications associées au jeu d'hypothèses « réconcilié » sur les résultats des études réalisées avec le jeu d'hypothèses « intermédiaire ».

Instrumentation spécifique à l'EPR et système de protection du réacteur

L'EPR Flamanville 3 dispose de systèmes spécifiques de mesure neutronique dans le cœur basés sur :

- une instrumentation interne mobile (aéroballs) permettant de réaliser des cartes de flux (mesures de référence de la distribution de puissance effectuées régulièrement, typiquement tous les mois) ;
- une instrumentation interne fixe (collectrons) permettant de suivre en permanence certaines grandeurs intervenant dans la surveillance et la protection du réacteur. Seuls 12 assemblages du cœur sont équipés de collectrons.

Les mesures issues des collectrons permettent notamment d'estimer en permanence, par des algorithmes adaptés et en tenant compte d'incertitudes, la puissance linéique maximale du cœur et le rapport de flux thermique critique² (RFTC) minimal dans le cœur. Le RFTC est calculé par un algorithme, simplifié par rapport aux logiciels de référence utilisés dans les études d'accidents : EDF s'est engagé à apporter des éléments complémentaires pour confirmer le conservatisme des valeurs de RFTC déterminées par cet algorithme.

Par ailleurs, les mesures sont affectées d'une erreur de représentativité cumulée de manière quadratique aux autres incertitudes aléatoires pour la définition de certains seuils de surveillance ou de protection. L'IRSN considérant cette erreur comme déterministe, EDF s'est engagé à réviser le type de cumul considéré et à réévaluer les seuils correspondants.

Pour la définition de certains seuils de surveillance et de protection, EDF a cumulé la pénalité de fléchissement³ de manière quadratique aux autres incertitudes aléatoires. L'IRSN estime que cette pénalité doit être cumulée de manière déterministe conformément à la position exprimée par l'ASN sur le sujet dans le cadre du troisième réexamen de sûreté des réacteurs de 1300 MWe.

Enfin, l'IRSN estime que l'utilisation de la méthode statistique généralisée est acceptable pour définir les seuils de surveillance et de protection contre la crise d'ébullition moyennant l'introduction d'une pénalité pour tenir compte des incertitudes dont l'indépendance n'est pas établie.

Analyse des études PCC

L'objectif des études PCC est de montrer que les seuils de surveillance et de protection du réacteur et les caractéristiques des systèmes de sauvegarde permettent de vérifier le respect des critères de sûreté.

L'IRSN a réalisé une analyse détaillée des études PCC pour lesquelles il existe un enjeu de sûreté important (dimensionnement d'un système, marge réduite à un critère...) ou bien une spécificité de l'EPR Flamanville 3 (étude, méthode, instrumentation ou système spécifique). L'analyse réalisée conduit aux conclusions essentielles suivantes.

Pour ce qui concerne la maîtrise de la réactivité, EDF retient, comme critère, après l'arrêt automatique du réacteur (AAR), une sous-criticité nulle dans les conditions thermohydrauliques de l'arrêt à chaud, ce qui ne garantit pas l'absence de retour aux conditions critiques après l'AAR en cas de refroidissement intempestif du circuit primaire.

² Rapport entre le flux thermique critique (conduisant à la crise d'ébullition) et le flux thermique

³ Impact du fléchissement des crayons entre deux grilles sur la puissance linéique et le risque de crise d'ébullition

Suite à un avis de l'IRSN, l'ASN a demandé que le maintien de la sous-criticité soit garanti pour les conditions PCC de deuxième catégorie et a considéré, pour les autres catégories de PCC, que l'atteinte des conditions critiques pourrait être considéré acceptable, « *après examen particulier* » et à condition, notamment, de « *garantir le retour à un état sous-critique sans action manuelle des opérateurs* ». L'IRSN souligne que plusieurs modifications bénéfiques pour la maîtrise de la réactivité ont été décidées par EDF (relèvement des insertions limitées des grappes de régulation, signaux de démarrage automatique du système de boratation de sécurité...). L'IRSN estime qu'EDF doit montrer que les systèmes participant à la maîtrise de la réactivité permettent de répondre aux demandes de l'ASN précitées.

Pour ce qui concerne l'accident par perte de réfrigérant primaire, l'IRSN note que des signaux spécifiques ont été définis pour déclencher le système d'injection de sécurité en cas d'accident survenant en état d'arrêt ; le fonctionnement de ce système permet alors d'assurer le refroidissement du cœur. Pour ces initiateurs survenant en puissance, EDF n'a pas tenu compte du risque de rupture de gaine résultant du passage en crise d'ébullition pendant la phase de dépressurisation du circuit primaire. À cet égard, EDF a apporté, en fin d'instruction, des éléments visant à montrer que le passage en crise d'ébullition des crayons dans cette situation n'est pas susceptible de conduire à leur rupture. Ces éléments remettent en cause le principe en vigueur depuis la conception du parc électronucléaire, à savoir qu'un crayon entrant en crise d'ébullition est considéré comme rompu. L'IRSN considère que la démonstration de sûreté de l'EPR Flamanville 3 ne devrait pas relaxer, d'une part l'hypothèse de taux de rupture de gaine retenue pour l'évaluation des doses d'irradiation pour la qualification des matériels, d'autre part le principe en vigueur depuis la conception du parc qui considère un crayon entrant en crise d'ébullition comme rompu. Par conséquent, l'IRSN formule la recommandation n°2 en annexe 1.

Cet accident peut conduire dans une phase ultérieure à une dilution hétérogène du circuit primaire. Dans la mesure où la démarche d'étude associée n'a pas été considérée comme acceptable par l'ASN, EDF a fourni, lors de l'instruction, des études reposant sur des hypothèses enveloppes (volume du bouchon d'eau faiblement borée, nombre de bouchons, cinétique d'envoi des bouchons, débit de reprise de la circulation naturelle...) qui justifient l'absence de dommage pour le combustible durant cette phase de l'accident. À cet égard, l'IRSN estime qu'EDF devra inclure ces études dans le RDS.

Pour ce qui concerne l'étude de rupture d'une tuyauterie vapeur, les études présentées dans le RDS complétées par d'autres études fournies par EDF montrent le respect des critères d'acceptation pour les cas initiés à puissance nulle et pour les cas initiés en puissance sans cumul du manque de tension externe (MDTE). En revanche, les études d'EDF initiées en puissance et avec cumul du MDTE ne permettent pas d'exclure que des crayons ayant été endommagés suite à la crise d'ébullition au moment de l'AAR soient soumis à une excursion de puissance après l'AAR. Aussi, l'IRSN formule la recommandation n°1 en annexe 1.

Pour ce qui concerne l'étude de la rupture de tube(s) de générateur de vapeur, la pression de refoulement de l'injection de sécurité moyenne pression (ISMP à ~ 90 bar) pour l'EPR, inférieure à la pression d'ouverture des soupapes secondaires, a pour objectif d'éviter les rejets d'eau liquide, et ainsi de limiter significativement les rejets radioactifs dans l'environnement.

Les études de RTGV de 3^{ème} et 4^{ème} catégories (avec respectivement un et deux tubes rompus) confirment que cet objectif est atteint. Cependant, cet accident conduit à un écoulement d'un volume important d'eau non borée des générateurs de vapeur vers le circuit primaire. À cet égard, la vérification du respect de la sous-criticité du cœur requise en état sûr reste à apporter, ce qu'EDF s'est engagé à faire dans la prochaine révision du RDS prévue mi-2017.

Pour ce qui concerne l'étude d'éjection de grappe, les études montrant la refroidissabilité du cœur présentent des marges significatives et n'appellent pas de remarque particulière de l'IRSN. Cet accident est également étudié pour évaluer le nombre de crayons susceptibles d'entrer en crise d'ébullition (NCE), et donc supposés rompus. L'étude aboutit à une valeur de NCE proche de la limite de découplage (10 %), qui pourrait encore augmenter du fait de la révision de la corrélation de flux critique. L'étude révisée, transmise dans la prochaine révision du RDS, devra montrer le respect de la limite de découplage, hypothèse retenue pour l'étude des conséquences radiologiques et l'évaluation des doses utilisées pour la qualification des matériels. Dans le cadre de l'instruction, EDF a justifié le caractère enveloppe de l'étude réalisée pour la gestion de combustible retenue dans le RDS : l'IRSN estime que cette étude devrait figurer dans le RDS (observation n°4 en annexe 2).

Enfin, les critères de sûreté relatifs au comportement du combustible présentés dans le RDS ne couvrent pas certains taux de combustion, ni les cas d'éjection de grappe initiés à puissance intermédiaire, ni l'effet du conditionnement mécanique initial du combustible. L'IRSN estime néanmoins que les éléments fournis par EDF pendant l'instruction montrent l'absence de risque de rupture de gaine par interaction mécanique entre la pastille et la gaine et par oxydation à haute température pour la gestion du combustible retenue pour l'EPR Flamanville 3.

Pour ce qui concerne l'intégrité du réservoir de décharge du pressuriseur (RDP), une montée en pression du circuit primaire est susceptible de conduire à l'ouverture des soupapes du pressuriseur, et donc au remplissage du RDP. Ceci entraîne un risque de rupture des disques de ce réservoir et donc de relâchement de fluide radioactif dans l'enceinte du réacteur. Les études PCC-2 visent à montrer l'absence de rupture des disques du RDP. Cependant, pour certaines d'entre elles, EDF tient compte de l'effet bénéfique de la régulation de pression du pressuriseur qui n'a pas le niveau de classement de sûreté exigé pour les matériels valorisés dans les PCC. À cet égard, l'IRSN formule la recommandation n°3 en annexe 1.

De plus, l'IRSN estime que, pour certains des initiateurs conduisant à la pressurisation du circuit primaire, la démonstration de sûreté devrait être complétée afin de justifier l'atteinte de l'état contrôlé (observation n°7 en annexe 2), de l'état sûr (observation n°8 en annexe 2) et le conservatisme de certaines hypothèses (observation n°6 en annexe 2).

2. Études RRC-A

La démarche pour l'établissement de la liste des études RRC-A a fait l'objet d'une instruction de l'IRSN, antérieurement au dossier de demande d'autorisation de mise en service (DMES). L'application de cette démarche au réacteur EPR Flamanville 3 conduit l'IRSN à formuler l'observation n°1 en annexe 2.

L'objectif des études RRC-A est de vérifier que les dispositions RRC-A déterminées sur la base des Études probabilistes de sûreté (EPS) permettent l'atteinte de l'état final dans lequel les fonctions de sûreté sont assurées.

L'IRSN a réalisé une analyse détaillée des études RRC-A pour lesquelles :

- la marge aux critères de sûreté ou de découplage est faible ;
- une disposition RRC-A au moins consiste en une action manuelle ;
- la probabilité de fusion du cœur sans disposition RRC-A est supérieure à 1.10^{-6} par a.r.

Les études RRC-A ont été réalisées avec le jeu d'hypothèses « réconcilié » cohérent avec l'état documentaire de référence du DMES.

À l'issue de cette analyse, l'IRSN estime que les études RRC-A sont acceptables, à l'exception de l'étude du blocage mécanique des grappes cumulé à une augmentation excessive du débit vapeur qui ne permet pas de démontrer le respect des critères liés à l'intégrité du combustible avec le taux de couverture de 95 % visé pour les études RRC-A. EDF s'est engagé à réviser cette étude lors de la prochaine révision du RDS afin de montrer l'atteinte de ce taux de couverture.

Par ailleurs, l'IRSN rappelle que la liste des séquences RRC-A et les dispositions associées seront mises à jour à l'échéance du Dossier de fin de démarrage (DFD) sur la base de l'Étude probabiliste de sûreté (EPS) d'exploitation.

3. Études spécifiques

Le RDS comporte quatre études spécifiques :

- la brèche guillotine doublement débattue d'une tuyauterie du circuit primaire : EDF démontre, avec des hypothèses adaptées (réalistes, sans aggravant) compte tenu de la démarche d'exclusion de rupture appliquée aux tuyauteries primaires, que les caractéristiques du système d'injection de sécurité de l'EPR permettent le refroidissement du combustible. Cependant, EDF ne démontre pas, pour ce scénario accidentel, la tenue fonctionnelle des assemblages combustibles et des équipements internes à la cuve, qui constitue une condition nécessaire au refroidissement du cœur ;
- la vidange simultanée de deux générateurs de vapeur suite à une chute d'avion : l'IRSN estime qu'EDF a apporté la démonstration que cet accident n'entraîne pas de conséquence sur le combustible ;
- la rupture complète d'une tuyauterie vapeur : l'IRSN estime que l'étude réalisée avec des hypothèses conservatives, malgré la démarche d'exclusion de rupture appliquée à ces tuyauteries, est satisfaisante ;

- les initiateurs de PCC-2 avec risque d'interaction entre la pastille et la gaine des crayons combustibles assisté par la corrosion sous contrainte : les études réalisées concernent les initiateurs conduisant à une augmentation significative de la puissance linéique pouvant mettre en cause l'intégrité des gaines. L'IRSN estime ces études acceptables. Ces études définissant des seuils de protection et des spécifications techniques d'exploitation, EDF s'est engagé, suite à la demande de l'ASN, à les intégrer dans les études PCC.

4. Conséquences radiologiques

L'IRSN considère que les résultats des calculs des conséquences radiologiques pour les conditions de fonctionnement PCC et RRC-A (hors agressions), présentés par EDF dans le RDS, montrent le respect des objectifs fixés par les directives techniques et le décret d'autorisation de création de l'EPR Flamanville 3. L'introduction, dans l'EPS de niveau 2 de l'EPR Flamanville 3, de situations d'accident sans fusion du cœur apporte par ailleurs un éclairage intéressant, qu'il conviendrait de compléter (observation n° 11 en annexe 2).

Dans le cadre de l'instruction, EDF a indiqué que les études de sensibilité réalisées seront référencées dans le RDS (observation n° 10 en annexe 2). Les études de conséquences radiologiques seront par ailleurs mises à jour après réévaluation de certaines hypothèses relatives aux rejets hors de l'installation, conformément aux actions proposées par EDF.

De plus, l'IRSN a identifié des besoins d'améliorations méthodologiques (non spécifiques à l'EPR Flamanville 3) pour apprécier les conséquences radiologiques d'un accident et a noté qu'EDF a engagé une démarche d'amélioration de sa méthodologie commune à tous les réacteurs.

5. Comportement du combustible

Le combustible prévu pour l'EPR Flamanville 3 ne présente pas de spécificité significative par rapport au combustible à gainage M5 chargé sur les réacteurs en exploitation.

Pour la gestion du combustible de l'EPR Flamanville 3, EDF a apporté la démonstration du respect des critères thermomécaniques de conception des crayons et du maintien axial des assemblages. Par ailleurs, les forces d'impact sur les grilles en cas d'accident de référence⁴ sont inférieures aux critères de tenue des grilles.

Cependant, la taille du cœur de l'EPR et le taux de combustion maximal visé constituent un facteur de risque pour la déformation latérale des assemblages de combustible en fonctionnement normal ; les mesures qui seront mises en œuvre par EDF pour surveiller ce risque sont convenables.

6. Démonstration de sûreté des cœurs lors des rechargements de combustible

Pour la démonstration de sûreté des cœurs lors des rechargements de combustible, la démarche a été analysée par l'IRSN pour chaque étude concernée. Cette démarche est applicable pour les recharges ne présentant que de faibles fluctuations par rapport aux recharges prévues pour la gestion du combustible.

⁴ Cumul conventionnel d'un séisme et d'un accident par perte de réfrigérant primaire

Certaines variations envisagées par EDF (76 assemblages neufs au lieu de 80, arrêt anticipé du cycle précédent jusqu'à 40 jours équivalents pleine puissance au lieu de 30...) ne sont pas couvertes par la démonstration de sûreté présentée dans le RDS et nécessiteront des justifications particulières (observation n°9 en annexe 2). À cet égard, il est à noter qu'une instruction est en cours pour le parc en exploitation ; les conclusions devront être prises en compte pour l'EPR Flamanville 3. Moyennant l'observation n° 5 et sous réserve de la mise en œuvre des actions qu'EDF s'est engagé à réaliser pour l'étude d'éjection de grappe et pour l'étude de chute de grappes notamment, l'IRSN n'a pas de remarque complémentaire.

7. Conclusion

L'IRSN estime que les études PCC, RRC-A et les études spécifiques du rapport de sûreté du réacteur EPR Flamanville 3 sont satisfaisantes sous réserve de la prise en compte des recommandations jointes au présent avis et de la mise en œuvre des engagements pris par EDF. Toutefois, la prise en compte de ces recommandations et engagements nécessitera encore, avant la mise en service, un volume d'études significatif à réaliser pour la démonstration de sûreté de ce réacteur.

Pour le Directeur général et par délégation

Sylvie CADET-MERCIER

Directrice des systèmes, des nouveaux réacteurs
et des démarches de sûreté

Recommandations

Recommandation n° 1 :

L'IRSN recommande, pour les transitoires induits par une brèche dans le circuit secondaire, qu'EDF démontre, en préalable à la mise en service du réacteur EPR de Flamanville 3 :

- l'absence de retour en puissance en cas d'entrée en crise d'ébullition affectant les crayons combustibles au moment de l'arrêt automatique du réacteur ou,
- l'absence de crise d'ébullition au moment de l'arrêt automatique du réacteur en cas de retour en puissance.

Le cas échéant, EDF mettra en œuvre des modifications matérielles ou d'exploitation.

Recommandation n° 2 :

Compte tenu du risque de crise d'ébullition affectant les crayons combustibles pendant la dépressurisation rapide du circuit primaire induite par une brèche de ce circuit, l'IRSN recommande qu'EDF démontre, en préalable à la mise en service du réacteur EPR de Flamanville 3 et selon une méthode éprouvée, que le taux de rupture de gaine reste inférieur à la valeur de 10 % considérée dans l'évaluation des conséquences radiologiques et retenue pour la qualification des matériels.

Recommandation n° 3 :

L'IRSN recommande qu'EDF démontre que la non prise en compte de la régulation de la pression primaire lors des transitoires :

- de perte de l'eau alimentaire normale du circuit secondaire ;
- de dysfonctionnement du circuit de contrôle volumétrique et chimique par augmentation de l'inventaire en eau du circuit primaire ;
- d'augmentation de la pression du circuit primaire en cas du réchauffement intempestif du pressuriseur ;

n'est pas de nature à mettre en cause la tenue du réservoir de décharge du pressuriseur. Cette démonstration devra s'appuyer sur des études, conformes aux règles des études « PCC », disponibles au plus tard à l'échéance du « dossier de fin de démarrage ».

Observations

Observation n° 1 :

L'IRSN estime que, à l'échéance du « dossier de fin de démarrage », EDF devrait référencer dans le chapitre 19 du rapport de sûreté un document détaillant précisément la déclinaison de la démarche « RRC-A », notamment :

- la liste des séquences accidentelles élémentaires du modèle EPS constituant chaque séquence fonctionnelle ;
- la justification de la couverture à 95 % de la fréquence de la séquence fonctionnelle des séquences accidentelles élémentaires devant être enveloppées par la ou les conditions de fonctionnement « RRC-A » ;
- la justification du caractère enveloppe des conditions de fonctionnement « RRC-A » associées aux séquences fonctionnelles.

Observation n° 2 :

L'IRSN estime que le chapitre 4.4 du rapport de sûreté, consacré à la conception thermohydraulique du réacteur, devrait être complété par les éléments de justification du dimensionnement hydraulique de la cuve transmis par EDF pendant l'instruction préalable à la demande de mise en service.

Observation n° 3 :

L'IRSN estime nécessaire qu'EDF intègre, dans la révision du rapport de sûreté prévue mi-2017, les justifications montrant que la prise en compte de l'incertitude de deux écart-types sur le terme de la puissance résiduelle correspondant à la désintégration des actinides et des produits de fission et de capture n'est pas de nature à remettre en cause les conclusions des études « PCC ».

Observation n° 4 :

L'IRSN estime que l'étude de « signature » visant à démontrer que l'étude de l'accident d'éjection de grappe est enveloppe de la gestion prévisionnelle du combustible EPR Flamanville 3 devrait être mentionnée dans le rapport de sûreté.

Observation n° 5 :

Dans le cas où une recharge en combustible de l'EPR Flamanville 3 nécessiterait un calcul explicite du nombre de crayons susceptibles d'entrer en crise d'ébullition (NCE) en cas d'éjection de grappe et conduirait à un résultat proche de la valeur d'acceptation, l'IRSN estime qu'EDF devrait évaluer la sensibilité de ce résultat au « scénario xénon » considéré pour pénaliser la distribution axiale de puissance, en cohérence avec l'analyse réalisée dans l'étude générique présentée dans le rapport de sûreté.

Observation n° 6 :

S'agissant de l'étude de la défaillance de l'alimentation normale des générateurs de vapeur par augmentation de débit, l'IRSN estime qu'EDF devrait démontrer, dans la révision du rapport de sûreté prévue mi-2017 et en s'appuyant sur des études de sensibilité, le caractère pénalisant des choix effectués en termes de surdébit et de boucle affectée vis-à-vis du critère de découplage (absence de retour en criticité) ou reprendre l'étude en considérant des hypothèses enveloppes.

Observation n° 7 :

S'agissant de l'étude de la fermeture intempestive d'une ou de toutes les vannes d'isolement du circuit vapeur, l'IRSN estime qu'EDF devrait inclure, dans la révision du rapport de sûreté prévue mi-2017, la démonstration de l'atteinte de l'état contrôlé du réacteur.

Observation n° 8 :

S'agissant de l'étude du transitoire d'augmentation de l'inventaire en eau du circuit primaire par dysfonctionnement du circuit de contrôle volumétrique et chimique, l'IRSN estime qu'EDF devrait mettre à jour, dans la révision du rapport de sûreté prévue mi-2017, la démonstration de l'atteinte de l'état sûr du réacteur pour tenir compte de la consommation d'eau des bâches ASG.

Observation n° 9 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait apporter des justifications complémentaires vis-à-vis des études IPG pour les recharges qui ne seraient pas couvertes par la démonstration de sûreté de l'EPR Flamanville 3.

Observation n° 10 :

Pour les accidents de retrait de grappe, de RTV et de rotor bloqué et conformément au recueil d'hypothèses, l'IRSN estime que l'étude de sensibilité relative au délai pour atteindre les conditions de connexion du circuit de refroidissement à l'arrêt du réacteur devrait être citée dans la révision du rapport de sûreté prévue mi-2017.

Observation n° 11 :

Dans la révision du rapport de sûreté prévue mi-2017, l'IRSN estime qu'EDF devrait justifier que les situations d'accident sans fusion du cœur analysées dans l'EPS de niveau 2 et qui ne relèvent pas du risque résiduel, ne nécessitent pas la mise en place de mesure de protection des populations vivant dans le voisinage de la centrale (pas d'évacuation, pas de mise à l'abri).