



DIRECTION DES CENTRALES NUCLÉAIRES

Montrouge, le 18 mai 2017

Réf. : CODEP-DCN-2017-000364**Monsieur le Directeur du projet
Flamanville 3
Centre national d'équipement nucléaire
EDF
97, avenue Pierre BROSSOLETTE
92120 MONTROUGE****Objet : Réacteurs électronucléaires – EDF
EPR Flamanville 3 (FLA3)
Examen des études d'accidents du réacteur EPR de Flamanville 3****Réf. :** voir Annexe 1

Monsieur le Directeur,

Dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de mise en service du réacteur EPR de Flamanville 3 (EPR FLA3) transmise par le courrier en référence [1], l'ASN a souhaité recueillir l'avis du groupe permanent d'experts pour les réacteurs (GPR) sur les études du rapport de sûreté de l'EPR FLA3 (Cf. courrier en référence [2]) et notamment sur :

- les études d'accident du rapport de sûreté (RDS) joint au dossier de demande d'autorisation de mise en service (DMES) de l'EPR FLA3, transmis par le courrier en référence [1], comprenant les études des conditions de fonctionnement de référence, les études des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples (RRC-A), les études spécifiques et les études des conséquences radiologiques ;
- la gestion du combustible prévue par l'exploitant dans le DMES, notamment ses caractéristiques générales, la démarche de démonstration de sûreté des cœurs avant chaque rechargement de combustible, la variabilité des recharges envisagée ;
- les éléments relatifs au combustible présentés dans le DMES, portant principalement sur le combustible retenu, ses critères de conception, ses comportements mécanique et thermomécanique ;
- l'instrumentation du cœur et le système de protection du réacteur (à l'exception de la qualification aux conditions accidentelles de ces matériels, examinée dans un autre cadre), en lien avec le rôle de ces systèmes dans les études d'accident.

Le GPR a rendu son avis, cité en référence [3], à l'issue des réunions du 30 juin 2016 et du 1^{er} juillet 2016. Je vous prie de bien vouloir trouver ci-après la position de l'ASN ainsi que ses demandes sur l'ensemble de ces sujets.

Position de l'ASN

RÈGLES, MÉTHODES ET LOGICIELS UTILISÉS POUR LES ÉTUDES D'ACCIDENTS

La démonstration de sûreté du réacteur EPR FLA3 présentée dans le RDS joint au DMES est établie sur la base d'une démarche déterministe, complétée par un éclairage probabiliste. Elle comporte différentes études d'accident, qui ont été réalisées avec des règles adaptées et qui s'appuient sur des méthodes d'étude, des outils 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, du caractère suffisant des dispositions prises pour limiter la fréquence de fusion du cœur due aux situations pouvant résulter de défaillances multiples, de la pertinence des actions de conduite prévues dans les règles générales d'exploitation ainsi que d'apprécier le respect des objectifs de limitation des conséquences radiologiques en cas d'accident définis dans les directives techniques en référence [4].

Règles des études des conditions de fonctionnement de référence

Les règles d'études des conditions de fonctionnement de référence (PCC), présentées dans le chapitre 15.0 du RDS de l'EPR FLA3, ont fait l'objet du courrier ASN en référence [5]. Vous avez mis à jour ce chapitre afin notamment de :

- préciser les objectifs des études des conditions de fonctionnement de référence en termes de vérification du dimensionnement de l'installation ;
- mettre à jour la justification de la liste des conditions de fonctionnement de référence, des données de fiabilité des matériels et des durées estimées pour les différents états du réacteur ;
- mieux décrire la démarche d'élaboration des critères d'acceptation ou expliciter les critères de sûreté vérifiés dans les études de sûreté.

L'ASN estime toutefois que la justification de la liste des conditions de fonctionnement de référence est incomplète et ne permet pas de répondre à la demande A.3 du courrier en référence [5]. **Ce point fait l'objet de la demande A en annexe 2 du présent courrier.**

Conditions de fonctionnement avec défaillances multiples

Les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples (conditions RRC-A) sont des situations accidentelles non couvertes par les conditions de fonctionnement de référence et qui supposent l'occurrence de défaillances multiples. L'ASN note que la déclinaison de la démarche permettant notamment de définir des dispositions particulières de conception n'est pas présentée dans le RDS de l'EPR FLA3. **Ce point fait l'objet de la demande F en annexe 2 du présent courrier.**

Méthodes d'études des conditions de fonctionnement de référence

Une méthode d'étude d'accident vise notamment à déterminer le ou les cas pénalisants à étudier et à définir la façon de prendre en compte les conditions initiales, les incertitudes, etc. Elle est en général indépendante du type de réacteur. Certaines méthodes d'étude utilisées pour les études d'accident des réacteurs en exploitation ont été reconduites pour la démonstration de sûreté du réacteur EPR FLA3 ; d'autres méthodes ont été adaptées pour tenir compte des spécificités de ce réacteur ; des méthodes plus évoluées, privilégiant le recours à des calculs tridimensionnels (3D), ont été développées pour mieux représenter le déroulement physique des phénomènes qui peuvent se produire lors des situations considérées. Ces méthodes ont fait l'objet de lettres de l'ASN après une instruction par son appui technique, l'IRSN.

La méthode rénovée pour l'étude d'éjection de grappe a fait l'objet de la lettre en référence [6] pour la phase de court terme de l'accident, et de la lettre en référence [7] pour la phase de moyen terme de l'accident. L'ASN estime que les réponses que vous avez apportées sont satisfaisantes pour la phase de court terme. Toutefois, l'acceptabilité de l'étude de la phase de moyen terme de l'accident nécessite la prise en compte des demandes formulées dans la lettre en référence [7].

La méthode 3D pour réaliser les études des accidents de perte de débit primaire a fait l'objet de la lettre ASN en référence [8]. L'ASN estime que les réponses que vous avez apportées sont satisfaisantes, et que cette méthode est par conséquent acceptable.

La méthode statistique généralisée (MSG) a fait l'objet de la lettre ASN en référence [9]. L'ASN estime que les réponses que vous avez apportées sont satisfaisantes et que la méthode est acceptable.

La méthode d'évaluation des pressions et températures dans l'enceinte de confinement en cas d'accident a fait l'objet de la lettre ASN en référence [10]. L'ASN estime que votre démarche est applicable à l'EPR FLA3 sous réserve de la prise en compte des demandes qu'elle a formulées.

La méthode déterministe réaliste (MDR) est actuellement utilisée dans le cadre de la démonstration de sûreté des réacteurs du parc en exploitation pour étudier les transitoires d'accident de perte de réfrigérant primaire (APRP), pour les cas de petite brèche et de brèche intermédiaire, de rupture de tube de générateur de vapeur (RTGV) et de rupture de tuyauterie d'eau alimentaire (RTE). Cette méthode a été reconduite dans les études de sûreté de l'EPR FLA3, ce qui a fait l'objet de la lettre ASN en référence [11], laquelle vous demandait notamment de justifier le conservatisme global des études de sûreté réalisées pour l'EPR FLA3. L'ASN estime que, compte tenu des éléments que vous avez apportés, l'utilisation de la MDR dans les études de sûreté de l'EPR FLA3 est acceptable et considère que la méthode est applicable du fait des sources de conservatismes existantes (transitoires d'APRP) et des marges disponibles (transitoires de RTGV et de RTE). Toutefois, l'ASN rappelle la demande de la lettre en référence [12] relative à l'utilisation d'une nouvelle méthode d'étude (CathSBI¹) pour les études d'APRP. L'ASN considère que cette nouvelle méthode devra être utilisée dans les études d'APRP de l'EPR FLA3 à échéance du premier réexamen périodique du réacteur. **Ce point fait l'objet de la demande E-5.1 en annexe 2.**

La méthode 3D pour les études de retrait de groupes à puissance nulle a fait l'objet de la lettre ASN en référence [13]. À la suite de l'instruction réalisée par l'ASN et son appui technique, l'ASN considère que cette méthode est acceptable, sous réserve de lui apporter les modifications demandées par ce courrier.

La méthode totalement couplée en 3D (MTC 3D) ainsi que la démarche complémentaire mise en œuvre pour l'étude de la phase de moyen terme des transitoires de rupture de tuyauterie vapeur (RTV) avec arrêt des pompes primaires ont fait l'objet de la lettre ASN en référence [14]. L'ASN n'a plus d'objection à la mise en œuvre de la MTC 3D pour l'étude des transitoires de RTV avec les pompes primaires en service et pour l'étude de la phase de court terme du transitoire de RTV avec arrêt des pompes primaires. Par contre, la démarche complémentaire n'a pas été jugée acceptable en l'état. Toutefois, **le cas d'application sur l'EPR FLA3 est jugé acceptable sous réserve de la prise en compte de la demande E-2.2 en annexe 2 du présent courrier.**

Corrélation de flux critique

L'un des objectifs des études des conditions de fonctionnement de référence et des études avec défaillances multiples est de démontrer l'absence de crise d'ébullition, ou le cas échéant que seul un faible nombre de crayons de combustible est susceptible d'entrer en crise d'ébullition (NCE). L'estimation de l'atteinte de la crise d'ébullition repose sur la comparaison du flux thermique local généré par le combustible par rapport au flux thermique critique. Le rapport entre le flux thermique critique et le flux thermique local est appelé rapport de flux thermique critique (RFTC). L'évaluation du flux thermique critique s'appuie sur une expression analytique, établie expérimentalement, dite « corrélation de flux critique ».

¹ CATHARE Statistique Brèches Intermédiaires, CATHARE étant le logiciel de calcul utilisé

L'ASN vous a transmis deux courriers, en référence [15] et [16], sur les corrélations de flux critique utilisées dans les études de sûreté de l'EPR FLA3. L'ASN estime que les réponses que vous avez apportées concernant le domaine de validité de la corrélation, la validation de la corrélation FC2002r et l'utilisation de la corrélation W3 en amont de la première grille de mélange sont satisfaisantes. L'ASN note toutefois que vous indiquez dans le compte rendu en référence [17] que la pénalisation de la corrélation FC2002r, en réponse à une demande formulée dans le courrier en référence [16], entraînerait une modification des seuils « site » de surveillance et de protection « Bas RFTC » ainsi que des résultats des calculs de NCE effectués dans le cadre des études des conditions de fonctionnement de référence et avec défaillances multiples. Certaines études de sûreté pourront donc être affectées défavorablement. L'ASN rappelle que la révision de ces études est prévue à l'échéance de la prochaine mise à jour du DMES.

Outils de calcul

La chaîne de calcul d'AREVA SCIENCE V2 est un ensemble d'outils de calculs neutroniques utilisé pour réaliser les études nécessaires à la démonstration de sûreté générique des REP français, en particulier pour la définition des seuils de surveillance et de protection des réacteurs. En ce qui concerne l'EPR FLA3, la chaîne SCIENCE V2 est utilisée pour calculer l'ensemble des données neutroniques et pour simuler plusieurs accidents. La qualification de cette chaîne de calcul a fait l'objet de la lettre en référence [18]. L'ASN estime que les réponses que vous avez apportées sont satisfaisantes, et n'a donc plus de remarque à formuler sur la capacité de la chaîne SCIENCE V2 à correctement prendre en compte l'augmentation de la taille du cœur du réacteur de l'EPR FLA3 et l'introduction d'une nouvelle instrumentation dans ce réacteur. En ce qui concerne le réflecteur lourd mis en place sur l'EPR FLA3, l'ASN estime que l'interprétation des essais physiques du premier démarrage permettra de conforter la capacité de la chaîne SCIENCE V2 à modéliser ses effets et de vérifier la pertinence des incertitudes prises en compte dans les études de sûreté.

Le logiciel CIGAL est utilisé pour calculer la cinétique de chute des grappes lors de l'arrêt automatique du réacteur dans les études de sûreté présentées dans le RDS. L'ASN s'est prononcée dans la lettre en référence [19] sur la qualification de ce logiciel et a notamment formulé une demande concernant sa validation pour les situations de séisme. À ce stade, la justification des temps de chute des grappes avec séisme pris en compte dans les études d'accidents du RDS est à compléter. L'ASN souligne l'importance de valider l'évaluation de ce temps de chute utilisé dans certaines études d'accident. Les réponses que vous avez transmises, notamment par le courrier en référence [20], feront l'objet d'une instruction ultérieure par l'ASN.

Enfin, l'utilisation du logiciel CATHARE dans les études d'APRP, RTGV et RTE a fait l'objet de la lettre en référence [11]. L'ASN estime que les réponses que vous avez apportées sont satisfaisantes et que l'utilisation de ce logiciel est acceptable dans les études de sûreté de l'EPR FLA3.

DONNÉES ET HYPOTHÈSES DE LA GESTION COMBUSTIBLE

Dimensionnement hydraulique de la cuve

Le dimensionnement hydraulique de la cuve contribue à apporter la justification de l'évacuation de la puissance générée dans le cœur du réacteur en conditions normales, incidentelles et accidentelles. Il permet en particulier de justifier le refroidissement des internes de la cuve, d'évaluer les sollicitations thermiques et hydrauliques subies par les internes de la cuve, et de justifier le maintien axial des assemblages de combustible. L'ASN estime que l'ensemble des éléments justifiant le dimensionnement hydraulique de la cuve sont nécessaires à la démonstration de sûreté nucléaire, et par conséquent doivent être référencés dans le RDS de l'EPR FLA3. **Ce point est repris dans la demande H en annexe 2.**

Maîtrise de la réactivité

La maîtrise de la réactivité de l'EPR FLA3 dans les états d'arrêt du réacteur a fait l'objet de la lettre ASN en référence [21]. Le décret en référence [22] précise notamment que « *la réactivité du cœur est contrôlée par deux moyens indépendants, comportant l'un un absorbant neutronique inclus dans les grappes de commande et l'autre un absorbant neutronique soluble dans l'eau de refroidissement du cœur, étant entendu que l'un au moins de ces moyens est capable de maintenir l'arrêt sous-critique du réacteur* ». Concernant la maîtrise de la réactivité dans les états d'arrêt du réacteur, l'ASN estime que le choix retenu pour l'EPR FLA3 d'insérer toutes les grappes de commande dans le cœur du réacteur dans les états d'arrêt ne conduit pas à une moindre maîtrise de la réactivité, sous réserve que des concentrations en bore adéquates soient assurées dans ces états.

Par ailleurs, les modifications définies par EDF pour contribuer à la maîtrise de la réactivité après l'arrêt automatique du réacteur pour les conditions de fonctionnement de référence de refroidissement (notamment le relèvement des insertions limites de grappes de régulation et les nouveaux signaux de démarrage automatique du système de borication de sécurité) sont utiles pour démontrer que l'EPR FLA3 est conforme au principe général qui demande que, pour les conditions de fonctionnement de référence et à l'exception de certains cas bien identifiés, l'arrêt automatique du réacteur mette fin à la réaction nucléaire en chaîne, ainsi qu'à l'exigence de l'ASN d'un retour automatique à un état sous-critique. Cependant, la plupart des études concernées dans le RDS transmis par le courrier en référence [1] ne reflètent pas l'état final de conception et ne permettent donc pas actuellement de montrer le bon dimensionnement du réacteur sur ces deux points. L'ASN note néanmoins votre engagement de mettre à jour dans le dossier de fin de démarrage les études de sûreté concernées afin de refléter l'état final de conception de l'installation.

Puissance résiduelle

La puissance résiduelle du combustible est prise en compte dans les études de sûreté de l'EPR FLA3, notamment par la prise en compte d'une incertitude relative aux phénomènes de capture neutronique sur l'uranium 238 et de désintégration des produits de fission et des actinides. Cette incertitude est plus faible que celle considérée dans les études de sûreté des réacteurs en exploitation, sans que l'EPR FLA3 ne présente de spécificité au regard de ce paramètre. L'ASN note que l'impact sur le respect des critères de sûreté de la prise en compte de la même incertitude que celle retenues dans les études de sûreté des réacteurs en exploitation ne figure pas dans le RDS de l'EPR FLA3. **Ce point fait l'objet de la demande B-1 en annexe 2.** L'ASN estime qu'il est nécessaire de conserver une approche prudente sur la prise en compte de la puissance résiduelle, qui est un paramètre important pour les études de sûreté. **Ce point fait l'objet de la demande B-2 en annexe 2.**

INSTRUMENTATION ET SYSTÈME DE PROTECTION

Le réacteur EPR FLA3 dispose de systèmes spécifiques de mesure neutronique, et notamment d'une instrumentation interne utilisant des collectrons fixes et des aéroballs. Les mesures issues des collectrons permettront notamment d'estimer en continu, en tenant compte des incertitudes, certaines grandeurs intervenant dans la surveillance et la protection du réacteur, notamment la puissance linéique maximale du cœur et le RFTC minimal dans le cœur.

L'ASN note que le calcul de l'incertitude totale de la chaîne de protection contre les puissances linéiques élevées fait intervenir une pénalité liée au fléchissement des crayons de combustible. Cette pénalité est prise en compte de manière quadratique, alors que la lettre ASN en référence [23] demande de la prendre en compte de manière arithmétique pour les réacteurs du palier 1300 MWe. **Ce point fait l'objet de la demande C-1.1 en annexe 2.**

Par ailleurs, l'ASN estime que cette demande du courrier en référence [23] doit également être étendue aux calculs neutroniques tridimensionnels du facteur de point chaud. **Ce point fait l'objet de la demande C-1.2 en annexe 2.**

L'ASN souligne enfin que les grandeurs estimées à partir des signaux des collectrons seront affectées d'une erreur de représentativité, due au fait que certains assemblages seulement en seront équipés ; vous vous êtes engagé à revoir d'ici la remise du dossier de fin de démarrage le mode de cumul de cette erreur avec les autres incertitudes de manière à le rendre conservatif pour le calcul des seuils de surveillance et de protection du réacteur. L'ASN estime satisfaisant votre engagement mais considère que cette action doit être réalisée avant le démarrage de l'EPR FLA3. **Ce point fait l'objet de la demande C-2 en annexe 2.**

DÉFORMATION DES ASSEMBLAGES DE COMBUSTIBLE

La démonstration du bon comportement des assemblages au cours de leur irradiation vis-à-vis du risque de déformation s'appuie sur le retour d'expérience des réacteurs en exploitation et sur les améliorations apportées à la conception des assemblages. L'EPR FLA3 présente des spécificités vis-à-vis de ce risque : la taille du cœur du réacteur est supérieure à celle des réacteurs en exploitation, et le taux de combustion maximal est élevé. L'ASN estime que ces éléments peuvent avoir des conséquences en termes de déformations latérales des assemblages de combustible en fonctionnement normal. À ce titre, l'ASN estime que des dispositions de surveillance devront être mises en œuvre. **Ce point fait l'objet de la demande D en annexe 2.**

ÉTUDES DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE RÉFÉRENCE

L'objectif des études des conditions de fonctionnement de référence est de vérifier que les seuils de surveillance et de protection du réacteur et les caractéristiques des systèmes de sauvegarde permettent d'assurer le respect des critères d'acceptation retenus. En plus des critères relatifs à la première barrière, gradués selon la catégorie de l'étude considérée, les études relatives aux conditions de fonctionnement de référence de deuxième catégorie visent, pour l'EPR FLA3, à montrer le maintien de l'intégrité du réservoir de décharge du pressuriseur, c'est-à-dire l'absence d'ouverture de ses disques de rupture.

L'ASN note que les études des conditions de fonctionnement de référence sont globalement conformes aux directives techniques en référence [4] pour ce qui concerne la prise en compte des actions des opérateurs et de la maintenance préventive. L'ASN souligne par ailleurs que, d'ici à la mise en service du réacteur, certaines études et les déterminations de certains seuils de surveillance et de protection devront être modifiées pour compléter la démonstration de sûreté nucléaire. Vous devrez bien entendu tenir compte, dans les hypothèses des études, des modifications apportées à l'installation de sorte que les études soient cohérentes avec l'état réel de l'installation lors de son démarrage.

Accidents de réactivité

S'agissant des accidents de réactivité, l'ASN estime que les études sont globalement satisfaisantes. L'étude de l'accident d'éjection de grappe présentée aboutit à un nombre de crayons en crise d'ébullition proche de la limite de découplage retenue (10 %). La révision de la corrélation de flux critique FC2002r (Cf. référence [17]) pouvant aboutir à une révision à la hausse de ce nombre, l'ASN note que vous vous êtes engagé à transmettre avant la mise en service du réacteur une étude révisée montrant le respect de la limite de découplage retenue pour l'étude des conséquences radiologiques et pour l'évaluation des doses utilisées pour la qualification des matériels. Ceci pourra nécessiter des adaptations des insertions limites des groupes de grappes de pilotage.

Concernant la démonstration de sûreté des recharges en combustible vis-à-vis de l'étude d'éjection de grappe, l'ASN prend note de la nouvelle démarche mise en œuvre par EDF et de l'étude « de signature de la gestion du combustible » réalisée en conséquence. L'ASN note toutefois que cette étude n'est pas référencée dans le RDS, alors qu'elle participe à la démonstration du caractère enveloppe des études présentées. **Ce point fait l'objet de la demande E-1 en annexe 2.** L'ASN considère également que la démonstration de la sûreté des recharges de combustible en cas d'éjection de grappe doit être complétée. **Ce point fait l'objet de l'observation I en annexe 3.**

Par ailleurs, vous vous êtes engagé dans le courrier en référence [24] à fournir à échéance du dossier de fin de démarrage une étude spécifique visant à démontrer l'absence de criticité en cas de chute d'assemblage de combustible dans ou sur le cœur du réacteur. L'ASN estime que cette étude participe à la démonstration de sûreté de l'EPR FLA3 et, à ce titre, doit être présentée dans le RDS préalablement à la mise en service du réacteur. **Ce point fait l'objet de la demande E-7 en annexe 2.**

Enfin, concernant le retrait incontrôlé de groupes en puissance, l'ASN estime que l'étude présentée dans le RDS mérite d'être complétée. **Ce point fait l'objet de la demande E-9 en annexe 2.**

Accidents de refroidissement et d'échauffement

S'agissant des accidents de refroidissement et d'échauffement, l'ASN estime que les études sont globalement satisfaisantes. Toutefois, en l'état actuel, les études de rupture d'une tuyauterie de vapeur (RTV) ne permettent pas, pour les cas d'accident se produisant en puissance avec cumul du manque de tension externe (MDTE), d'exclure que des crayons de combustible qui auraient pu être endommagés du fait de la crise d'ébullition concomitante à l'arrêt automatique du réacteur et à la perte de débit due au MDTE, puissent ensuite être soumis à une excursion de puissance. **Ce point fait l'objet de la demande E-2.1 en annexe 2.**

Concernant les études de RTV survenant à puissance nulle, l'ASN estime que la démonstration de sûreté présentée dans le RDS est incomplète, et nécessite la prise en compte de l'étude de sensibilité réalisée par EDF dans le cadre de l'instruction de la méthode MTC 3D, qui a fait l'objet de la lettre ASN en référence [14]. **Ce point fait l'objet de la demande E-2.2 en annexe 2.**

L'ASN considère également que l'efficacité des chaînes de protection sollicitées lors des transitoires de RTV devra être justifiée préalablement à la mise en service du réacteur. **Ce point fait l'objet de la demande E-2.3 en annexe 2.** Néanmoins, l'ASN n'a pas d'objection à la mise en œuvre d'un signal d'arrêt automatique des pompes primaires pour les situations de RTV sous réserve de la prise en compte des demandes ci-dessus.

Par ailleurs, concernant le transitoire de fermeture intempestive d'une ou de toutes les vannes d'isolement vapeur, l'ASN considère que la démonstration de l'atteinte de l'état contrôlé² à la suite de cet accident doit être complétée dans le RDS préalablement à la mise en service du réacteur. **Ce point fait l'objet de la demande E-3 en annexe 2.**

Accidents de diminution du débit primaire

L'ASN estime que les études des accidents de diminution du débit primaire sont satisfaisantes.

Accidents de diminution ou d'augmentation de l'inventaire en eau du circuit primaire

S'agissant des accidents de diminution ou d'augmentation de l'inventaire en eau du circuit primaire, l'ASN note que, pour les accidents de perte de réfrigérant primaire, 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. En revanche, pour les accidents de perte de réfrigérant primaire survenant en puissance, vous n'avez pas tenu compte dans les études du risque de rupture de gaines résultant du passage en crise d'ébullition au cours de la dépressurisation du circuit primaire. **Ce point fait l'objet de la demande E-5.2 en annexe 2.**

Un tel accident peut par ailleurs conduire, dans une phase ultérieure, à une dilution hétérogène du circuit primaire. Vous avez fourni, au cours de l'instruction, des études reposant sur des hypothèses pénalisantes qui justifient l'absence de dommage pour le combustible durant cette phase de l'accident. L'ASN estime que ces éléments contribuent à la justification de la démonstration de sûreté nucléaire et considère satisfaisant votre engagement de les inclure dans le RDS de l'EPR FLA3 avant sa mise en service. L'ASN rappelle néanmoins que l'étude de dilution présente dans le chapitre 15 du RDS est basée sur une démarche qui n'a pas été jugée acceptable (Cf. courrier en référence [30]). L'ASN estime par conséquent que l'étude de dilution présentée parmi les conditions de fonctionnement de référence doit être reprise avec des hypothèses « enveloppes » et doit démontrer le respect des critères associés. **Ce point fait l'objet de la demande E-5.3 en annexe 2.**

Concernant un éventuel dysfonctionnement du système de contrôle volumétrique et chimique (RCV) entraînant une augmentation de l'inventaire en eau du circuit primaire, l'ASN estime que la démonstration de l'atteinte de l'état d'arrêt sûr³ doit être complétée préalablement à la mise en service de l'EPR FLA3. **Ce point fait l'objet de la demande E-6 en annexe 2.**

Accidents affectant les GV

Pour ce qui concerne les ruptures de tubes des générateurs de vapeur (RTGV), les études avec un et deux tubes rompus confirment que l'objectif d'absence de rejets liquides est bien atteint. Cependant, ce type d'accident conduit aussi à un écoulement d'un volume important d'eau non borée des générateurs de vapeur vers le circuit primaire ; à cet égard, vous vous êtes engagé dans le courrier en référence [31] à vérifier le respect de la sous-criticité du cœur requise pour l'état d'arrêt sûr après un accident, avec une marge minimale à la criticité de 1000 pcm. L'ASN considère par conséquent que les études de RTGV doivent être mises à jour préalablement à la mise en service afin de vérifier ce critère. **Ce point fait l'objet de la demande E-4 en annexe 2.**

² Dans l'état contrôlé, le cœur est sous-critique, l'évacuation de la puissance est assurée à court terme, l'inventaire en eau du cœur est stable, les rejets radioactifs restent tolérables.

³ Dans l'état d'arrêt sûr, le cœur est sous-critique, la chaleur résiduelle est évacuée durablement et les rejets radioactifs restent tolérables.

Concernant une éventuelle défaillance du système d'alimentation en eau normale des GV qui conduirait à une augmentation du débit d'eau alimentaire, vous vous êtes engagé dans le courrier en référence [24] à démontrer dans le dossier de fin de démarrage le respect des critères de sûreté associés à cette étude. L'ASN estime satisfaisant votre engagement. Par ailleurs, l'ASN considère que la démonstration du caractère pénalisant du transitoire initié à puissance nulle n'a pas été apportée. **Ce point fait l'objet de la demande E-8 en annexe 2.**

Critère d'intégrité du réservoir de décharge du pressuriseur

Par ailleurs, pour montrer l'intégrité du réservoir de décharge du pressuriseur, vous avez tenu compte, dans certaines conditions de fonctionnement de référence de deuxième catégorie, de l'effet bénéfique de la régulation de pression du pressuriseur alors que celui-ci n'a pas le niveau de classement de sûreté normalement exigé pour cela. L'ASN note toutefois que vous vous êtes engagé dans le courrier en référence [24] à démontrer « *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 et d'augmentation de la pression du circuit primaire en cas de réchauffement intempestif du pressuriseur, n'est pas de nature à mettre en cause l'intégrité du réservoir de décharge du pressuriseur* » et à adapter en conséquence le scénario enveloppe présenté au titre des accidents de deuxième catégorie à l'échéance de la remise du dossier de fin de démarrage de l'EPR FLA3. **L'ASN estime cet engagement satisfaisant.**

ÉTUDES AVEC DÉFAILLANCES MULTIPLES (RRC-A)

L'objectif des études RRC-A est de vérifier que les dispositions RRC-A, déterminées notamment sur la base des études probabilistes de sûreté (EPS), permettent bien l'atteinte de l'état final dans lequel les fonctions de sûreté sont assurées. Les études disponibles à ce stade, complétées par vos engagements, répondent à cet objectif. L'ASN considère que ces éléments devront être consolidés à l'occasion de la mise à jour des séquences RRC-A et des dispositions associées sur la base de l'EPS d'exploitation, qui tiendra compte de l'état réel de l'installation lors de sa mise en service.

ÉTUDES SPÉCIFIQUES

Le RDS de l'EPR FLA3 présente également, au titre de la robustesse, les analyses d'événements « exclus » des conditions de fonctionnement de référence. Ces études sont pour la plupart réalisées avec des règles d'études différentes de celles des conditions de fonctionnement de référence (hypothèses réalistes, non prise en compte d'un aggravant).

Une étude spécifique relative au cas d'une rupture guillotine doublement débattue d'une tuyauterie principale du circuit primaire est présentée dans le RDS de l'EPR FLA3. L'étude, menée avec des hypothèses adaptées compte tenu de l'exclusion de cet accident de la liste des PCC, montre que les caractéristiques du système d'injection de sécurité permettraient le refroidissement du cœur, ce qui répond aux exigences des directives techniques en référence [4].

Une autre étude spécifique concerne le risque d'interaction pastille-gaine (IPG). L'ASN note que ces études seront intégrées dans les conditions de fonctionnement de référence à échéance du dossier de fin de démarrage, conformément à une de ses demandes (Cf. lettre en référence [5]). L'ASN estime que ces études sont satisfaisantes, mais rappelle néanmoins que la démonstration de la sûreté des recharges de combustible vis-à-vis du risque IPG ne couvre pas une éventuelle variabilité des recharges de combustible qui pourraient être mises en œuvre sur l'EPR FLA3, contrairement à ce qui est fait pour les réacteurs en fonctionnement.

L'ASN estime satisfaisantes les autres études spécifiques présentées dans le RDS de l'EPR FLA3.

CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES

L'ASN considère que les résultats des calculs de conséquences radiologiques des conditions de fonctionnement de référence et avec défaillances multiples permettent de vérifier le respect des objectifs fixés pour la conception du réacteur EPR FLA3. L'introduction, dans l'EPS de niveau 2 de ce réacteur, de situations d'accident sans fusion du cœur complète ces évaluations.

L'ASN rappelle néanmoins ses demandes déjà exprimées, en particulier :

- les demandes B1 et B3.1 de la lettre en référence [25], relatives au terme source radiologique pris en compte dans les études d'accident ;
- la demande S-RDS-15.3.3 de la lettre en référence [26]. Cette demande concerne les conditions de fonctionnement de référence de deuxième à quatrième catégorie, et non les seules conditions de fonctionnement de référence de deuxième catégorie dont vous faites mention dans votre réponse apportée par la note en référence [28].

Par ailleurs, l'ASN estime que la demande D.13 de l'annexe 2 de la lettre en référence [29], concernant la cinétique de relâchement des produits de fission lors d'un accident de retrait incontrôlé d'une grappe de commande (R1GP), est applicable à l'EPR FLA3.

En outre, l'analyse des études des conséquences radiologiques de l'accident de manutention de combustible fait **l'objet de la demande G en annexe 2.**

L'ASN estime enfin que vous devriez compléter le RDS de l'EPR FLA3 avec vos conclusions concernant les conséquences radiologiques des EPS de niveau 2 pour les accidents sans fusion du cœur ainsi qu'avec des études de sensibilité réalisées concernant les transitoires d'accident de retrait de grappe, de RTV et de rotor de pompe primaire bloqué. **Ces points font l'objet des observations K-1 et K-2 en annexe 3.**

*

* *

Positions et actions

L'ASN a pris note de vos engagements de fournir des éléments et de réaliser les actions figurant dans le courrier « Positions et actions » cité en référence [24]. L'ASN vous demande de veiller au respect de ces engagements dans les délais prévus car leurs résultats sont nécessaires à l'ASN pour statuer sur votre demande d'autorisation de mise en service du réacteur EPR FLA3. Vous présenterez trimestriellement, lors des réunions dites « trimestrielle direction », un bilan exhaustif de leur réalisation, en y intégrant la prise en compte des demandes et observations de l'ASN du présent courrier et de son annexe. Vous veillerez, préalablement à chacune de ces réunions de suivi, à transmettre à l'ASN un récapitulatif écrit de l'avancement des études et actions entreprises en conséquence, *a minima* une semaine avant cette réunion.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma considération distinguée.

Le directeur général adjoint

**Signé par
Julien COLLET**

REFERENCES

- [1] Courrier du Président-Directeur Général d'EDF du 16 mars 2015 – Demande d'autorisation de mise en service
- [2] Lettre ASN CODEP-DCN-2016-000774 du 8 février 2016 – Saisine du groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) sur les études de la démonstration de sûreté de Flamanville 3
- [3] Courrier CODEP-MEA-2016-030534 du 26 juillet 2016 – Avis et recommandations du groupe permanent « réacteurs » des 30 juin et 1^{er} juillet 2016
- [4] Directives techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression transmises par le courrier DGSNR/SD2/N° 0729/2004 du 28 septembre 2004
- [5] Lettre ASN – CODEP-DCN-2014-057234 du 18 décembre 2014 : Flamanville 3 (réacteur de type EPR) – Règles d'études d'accidents
- [6] Lettre ASN CODEP-DCN-2010-049305 du 24 janvier 2011 : Réacteur électronucléaire – Projet EPR Flamanville 3 – Instruction de la méthode rénovée pour l'étude d'éjection de grappe
- [7] Lettre ASN CODEP-DCN-2016-032680 du 20 octobre 2016 – Réacteurs électronucléaires – EDF – EPR Flamanville 3 (FLA3) – Méthode d'étude de la phase moyen terme de l'accident d'éjection de grappe
- [8] Lettre ASN CODEP-DCN-2012-023700 du 10 décembre 2012 – Réacteurs nucléaires à eau sous pression – EDF – Tous paliers et EPR – Utilisation d'une nouvelle méthode 3D pour réaliser les études des accidents de perte de débit primaire
- [9] Lettre ASN CODEP-DCN-2014-000533 du 27 janvier 2014 – Réacteur électronucléaire – Projet EPR Flamanville 3 – Instruction de la méthode statistique généralisée
- [10] Lettre ASN CODEP-DCN-2015-015367 du 31 juillet 2015 – Réacteurs électronucléaires EDF projet EPR Flamanville 3 – Evaluation des pressions et températures dans l'enceinte de confinement d'un réacteur de type EPR en cas d'accident
- [11] Lettre ASN CODEP-DCN-2014-022375 du 8 août 2014 : Réacteurs électronucléaires – EDF – Projet EPR – Flamanville 3 – Utilisation de la version 2.5 du logiciel CATHARE 2 pour l'étude des transitoires APRP BI/PB, RTGV et RTE
- [12] Lettre ASN CODEP-DCN-2017-001478 du 12 janvier 2017 – Réacteurs électronucléaires – EDF – Nouvelle méthode d'étude de l'accident de perte de réfrigérant primaire par brèche de taille intermédiaire
- [13] Lettre ASN CODEP-DCN-2016-024824 du 20 octobre 2016 – Réacteurs électronucléaires – EDF – Méthode tridimensionnelle d'étude de l'accident de retrait incontrôlé de groupes à puissance nulle (RIGZ) – Etude RIGZ du dossier de demande de mise en service de l'EPR de Flamanville 3
- [14] Lettre ASN CODEP-DCN-2016-036888 du 16 décembre 2016 – Réacteur électronucléaires – EDF – Rupture de tuyauterie vapeur – Méthode totalement couplée en 3 dimensions (MTC 3D) et démarche d'étude complémentaire
- [15] Lettre ASN CODEP-DCN-2012-026566 du 9 juillet 2012 – Réacteurs électronucléaires – Réacteur EPR Flamanville 3 – Corrélation de flux critique pour l'évaluation du rapport de flux thermique critique dans les études de l'EPR
- [16] Lettre ASN CODEP-DCN-2015-016904 du 10 juillet 2015 – Réacteurs électronucléaires – Réacteur EPR Flamanville 3 – Corrélation de flux critique pour l'évaluation du rapport de flux thermique critique dans les études de l'EPR
- [17] Compte rendu IRSN – PSN-RES/SEMIA/2016-00054 de la réunion du 26 janvier 2016 2016-00 : EPR Flamanville 3 – Corrélation de flux critique FC2002r – Discussion des réponses EDF (D305915020778) aux demandes ASN (CODEP-DCN-2015-016904)

- [18] Lettre ASN CODEP-DCN-2014-031441 du 25 septembre 2014 : Réacteurs électronucléaires – EDF – Projet EPR – Flamanville 3- Chaîne de calcul neutronique SCIENCE V2 – Applicabilité de la qualification aux études EPR
- [19] Lettre ASN CODEP-DCN-2016-022193 du 21 juillet 2016 – Flamanville 3 – Projet EPR – Instruction de la demande d'autorisation de mise en service – Thématique des composants mécaniques hors ESPN – Chute des grappes de commande
- [20] Fiche réponse EDF D305916016776 du 25 octobre 2016 – Réponse à la demande B du courrier CODEP-DCN-2016-022193 du 21 juillet 2016
- [21] Lettre ASN CODEP-DCN-2016-000282 du 21 avril 2016 – Réacteurs électronucléaires – EDF-EPR Flamanville 3 (FLA3) – Maîtrise de la réactivité
- [22] Décret n° 2007-534 du 10 avril 2007 autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3, comportant un réacteur nucléaire de type EPR, sur le site de Flamanville (Manche)
- [23] Lettre ASN CODEP-DCN-2015-046507 du 24 décembre 2015 – Réacteurs électronucléaires – EDF – Palier 1300 MWe – Réexamen de sûreté associé à la troisième visite décennale des réacteurs (VD3 1300) – Revue de conception du système de protection intégré numérique – Prise en compte de la pénalité de fléchissement
- [24] Courrier EDF D305916012576 du 13 juillet 2016 – GPR études d'accidents du réacteur EPR de Flamanville – Positions et actions
- [25] Lettre ASN CODEP-DCN-2012-058893 du 7 janvier 2013 - Projet EPR – Flamanville 3 – Contrôle de la construction – Définition des termes sources utilisés et méthodologie d'évaluation des termes source
- [26] Lettre ASN CODEP-DCN-2015-010163 du 12 juin 2015 - Réacteur Flamanville 3 (FLA3) – Complétude et suffisance du dossier de demande d'autorisation de mise en service
- [27] Fiche de synthèse EDF D305915018195 du 9 novembre 2015 – Réponses aux demandes I-RDS-15.2.4 et S-RDS-15.2.5
- [28] Fiche réponse EDF D305915015922 du 24 septembre 2015
- [29] Lettre ASN CODEP-DCN-2014-020043 en date du 16 juillet 2014 - Réacteurs électronucléaires — EDF — Palier 1300 MWe - Réexamen de sûreté associé à la troisième visite décennale des réacteurs (VD3 1300) - Conséquences radiologiques des accidents (hors RTGV et accidents graves) associées au réexamen de sûreté des réacteurs du palier 1300 MWe réalisé à l'occasion de leur troisième visite décennale
- [30] Lettre ASN CODEP-DCN-2015-002998 du 9 février 2015 - Réacteurs électronucléaires – EDF – Projet EPR – Flamanville 3 – Dilution hétérogène inhérente lors d'une petite brèche ou d'une brèche intermédiaire sur le circuit primaire
- [31] Courrier EDF D305915013793 du 16 septembre 2015 – Remarques EDF sur le projet de fiche technique IRSN PSN-RES/SEMIA/2015-00324 relatif au contrôle de la réactivité sur l'EPR FA3
- [32] Lettre ASN CODEP-DCN-2017-000375 du 12 janvier 2017 – EDF – Palier N4 – Instruction des études associées au deuxième réexamen périodique des réacteurs du palier N4 – Risque de criticité associé à la chute d'assemblages de combustible dans le bâtiment réacteur
- [33] Courrier EDF ECESN110124 du 7 octobre 2011 : EPR FA3 - Transmission de la 3^e version de travail du dossier de demande de mise en service
- [34] Note EDF/SEPTEN – D305913012728 indice A du 25 juin 2014 : « EPR FA3 – Justification de la liste des conditions de fonctionnement de référence (PCC) »
- [35] Note EDF/SEPTEN – D305914020058 révision A du 6 janvier 2015 : EPR FLA3 – Note de présentation du dossier combustible
- [36] Note AREVA – NEPC-F DC 379 G du 30 septembre 2014 : « EPR FA3 – Système de protection (partie relative au cœur) – Descriptions fonctionnelles et réglages des points de consigne »
- [37] Fiche de synthèse EDF D305916002032 du 1^{er} février 2016 : réponse à la question n° 47
- [38] Fiche de synthèse EDF/SEPTEN – D305915019855 du 1^{er} décembre 2015
- [39] Fiche de synthèse EDF/SEPTEN – D305916004101 du 3 mars 2016

- [40] Arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
- [41] Lettre EDF/SEPTEN D305916001463 du 9 février 2016 – Second retour EDF au questionnaire IRSN EPR Flamanville 3 « conception thermohydraulique » - Questionnaire n° 7
- [42] Note EDF/SEPTEN – ENSNDR060091B du 18 mai 2010 : Rapport de sûreté associé à la mise en service de Flamanville 3 : démarche de définition des études RRC-A – règles d'études associées
- [43] Lettre EDF/DPN – D455014066641 du 23 février 2015 : Prise en compte de la variabilité dans la démonstration de sûreté relative à l'IPG

DEMANDES DE L'ASN

A. Règles, méthodes et logiciels utilisés pour les études d'accidents

À la suite de l'instruction du chapitre 15.0 du projet de rapport de sûreté transmis par le courrier en référence [33], l'ASN a formulé dans le courrier en référence [5] une demande concernant la justification de la liste des conditions de fonctionnement de référence présentées dans le rapport de sûreté de l'EPR FLA3. Des mises à jour du chapitre 15.0 ont été effectuées notamment pour mettre à jour la justification de la liste des conditions de fonctionnement de référence (Cf. note en référence [34]), des données de fiabilité des matériels et des durées estimées pour les différents états du réacteur. Cette note présente la logique d'identification et de regroupement des événements déclencheurs possibles et décrit les principales étapes ayant conduit à la liste définitive, telle que demandée par l'ASN. En revanche, l'ASN estime que les éléments présentés ne sont pas suffisants pour justifier les classifications effectuées et les exclusions de certains événements « avec des données à jour » et « sur la base de la conception détaillée des équipements correspondants ». De manière générale, l'ASN note qu'aucune quantification probabiliste des différentes situations n'est présentée.

Demande A : L'ASN estime que, si la nouvelle note de justification de la liste des PCC référencée dans le chapitre 15.0 du RDS de l'EPR FLA3 constitue une avancée en termes de description de la démarche d'élaboration de cette liste, elle ne répond pas à la demande exprimée dans le courrier en référence [5] en termes de justification d'exclusion de certains événements et de classification des événements étudiés et qu'elle doit donc être complétée sur ce point préalablement à la mise en service de l'EPR FLA3.

B. Puissance résiduelle

Après un arrêt automatique du réacteur, le combustible continue à produire une puissance dite « résiduelle » composée de trois termes :

- terme A : fissions résiduelles dues aux neutrons retardés (issus des produits de fission), qui sont négligeables pour des temps supérieurs à 100 sec ;
- terme B : capture neutronique sur l'uranium 238 (activités β et γ de l'uranium 239 et du neptunium 239) ;
- terme C : désintégration des produits de fission et des actinides (sauf l'uranium 239 et le neptunium 239).

La majorité des études de sûreté de l'EPR FLA3 considère une incertitude de $1,645\sigma^4$ sur le terme B+C de la puissance résiduelle, alors qu'une incertitude de 2σ est considérée dans les études de sûreté des réacteurs en exploitation, sans que l'EPR FLA3 ne présente de spécificité au regard de ce paramètre.

Vous justifiez cette incertitude par l'analyse des résultats de l'expérience MERCI du CEA, consistant en la mesure de la puissance résiduelle émise par un crayon de combustible représentatif des crayons des assemblages des REP après son irradiation dans le réacteur OSIRIS. Vous considérez toutefois qu'en « l'absence de mesure pour des temps de refroidissement courts dans un dispositif expérimental dédié, il est difficile de réaliser une validation intégrale du calcul de la puissance résiduelle pour ces temps de refroidissement avant 45 minutes, qui couvrent notamment le délai considéré dans les règles d'études d'accident pour l'intervention de l'opérateur ». Par conséquent, l'ASN considère que ces essais ne permettent pas de justifier une incertitude sur la puissance résiduelle plus faible pour l'EPR FLA3 que celle considérée dans les études d'accidents des réacteurs en

⁴ Le terme B + C de la puissance résiduelle est pénalisé de 1,645 fois la valeur de l'écart type σ caractérisant son incertitude.

exploitation. L'ASN note néanmoins que vous avez présenté une analyse montrant que la prise en compte d'une incertitude de 2σ sur le terme B + C de la puissance résiduelle dans les études des conditions de fonctionnement de référence de l'EPR FLA3 ne remet pas en cause le respect des critères de sûreté des études PCC.

Demande B-1 : L'ASN vous demande d'intégrer dans le RDS de l'EPR FLA3, préalablement à sa mise en service, les justifications montrant que la prise en compte d'une incertitude de 2σ sur le terme B + C de la puissance résiduelle n'est pas de nature à remettre en cause les conclusions des études des conditions de fonctionnement de référence.

La puissance résiduelle constituant un paramètre important des études de sûreté, l'ASN estime nécessaire de conserver une approche prudente et conservatrice pour sa prise en compte. En effet, d'une part, il est difficile de justifier son traitement par une variable aléatoire et, d'autre part, il n'a pas été possible jusqu'à maintenant de vérifier le conservatisme de l'incertitude conventionnelle de un σ par des mesures expérimentales pour des temps de refroidissement courts.

Demande B-2 : L'ASN vous demande, à compter du premier réexamen périodique de l'EPR FLA3, de prendre en compte une incertitude de 2σ sur le terme B + C de la puissance résiduelle dans les études des conditions de fonctionnement de référence.

C. Instrumentation et système de protection

C.1. Pénalité de fléchissement

Une pénalité liée au fléchissement des crayons de combustible est prise en compte dans le calcul de l'incertitude totale de la chaîne de protection contre les puissances linéiques élevées. Vous considérez cette pénalité comme indépendante des autres incertitudes et donc la prenez en compte de manière quadratique sur l'EPR FLA3. Cependant, dans le cas des conditions de fonctionnement de référence de catégorie 2, le but des protections est de s'assurer que les critères de RFTC⁵ et de PLIN⁶ ne sont pas atteints y compris au niveau d'un crayon fléchi. L'ASN estime par ailleurs qu'il s'agit d'une incertitude influente. Cette pénalité devrait donc être cumulée de manière arithmétique. À ce titre, l'ASN rappelle avoir demandé dans le courrier en référence [23] la prise en compte de manière arithmétique de cette pénalité dans le SPIN⁷ des réacteurs du palier 1300 MWe. Dans la mesure où il n'y a pas de spécificité de l'EPR FLA3 vis-à-vis de cette problématique par rapport aux réacteurs du palier 1300 MWe, l'ASN estime que la demande formulée dans le courrier en référence [23] est applicable à l'EPR FLA3.

Demande C-1.1 : L'ASN vous demande, à échéance du dossier de fin démarrage, de cumuler arithmétiquement la pénalité de fléchissement aux autres postes d'incertitudes lors du calcul global de l'incertitude affectant les chaînes de protection contre les puissances linéiques élevées.

Par ailleurs, dans la mesure où cette pénalité est également cumulée de manière quadratique dans l'évaluation de l'incertitude sur le facteur de point chaud lors des calculs neutroniques tridimensionnels, l'ASN estime que la demande du courrier en référence [23] doit également être étendue à ces calculs.

⁵ RFTC : Rapport de Flux Thermique Critique

⁶ PLIN : Puissance linéique (W/cm)

⁷ SPIN : Système de Protection Intégré Numérique

Demande C-1.2 : L'ASN vous demande d'évaluer, à échéance du dossier de fin de démarrage, l'impact de la prise en compte d'un cumul arithmétique de la pénalité de fléchissement dans l'évaluation de l'incertitude sur le facteur de point chaud lors des calculs neutroniques tridimensionnels sur le respect des critères de sûreté des études des conditions de fonctionnement de référence de l'EPR FLA3. Le cas échéant, vous mettrez à jour les études de sûreté présentées dans le RDS.

C.2. Perte de représentativité du système de protection

Après le calibrage des collectrons, du fait de l'évolution du spectre neutronique et de la distribution de puissance au cours de l'irradiation du cœur ou de transitoires, la mesure locale de flux peut dévier de la grandeur de calibrage (par exemple la puissance linéique maximale). L'utilisation de coefficients de calibrage, qui ne sont alors plus parfaitement adaptés, constitue une source d'incertitude affectant la représentativité du paramètre suivi par les chaînes collectrons appelée « tracking error ». La « tracking error » est définie comme l'écart de représentativité entre une grandeur reconstruite (par exemple la puissance linéique ou le RFTC) calculée en ligne grâce à la réponse des collectrons et cette même grandeur qui serait calculée à l'issue du post-traitement d'une carte de flux obtenue dans cet état du cœur. La « tracking error » constitue par ailleurs une des incertitudes prises en compte dans le calcul des seuils « site » des chaînes collectrons.

Vous vous êtes engagé à revoir le mode de cumul de cette erreur avec les autres incertitudes de manière à le rendre conservatif pour le calcul des seuils de surveillance et de protection du réacteur à échéance du dossier de fin de démarrage. L'ASN estime que cette action, satisfaisante dans son principe, est toutefois de nature à modifier les seuils de surveillance et de protection du réacteur et doit donc être réalisée en préalable au démarrage de l'EPR FLA3.

Demande C-2 : L'ASN vous demande de revoir, avant le 31 décembre 2017, le mode de cumul de la perte de représentativité du système de protection avec les autres incertitudes de manière à le rendre conservatif pour le calcul des seuils de surveillance et de protection du réacteur.

Concernant la vérification en recharge de la « tracking error », l'ASN prend note de votre engagement de réaliser, à échéance du dossier de fin de démarrage, des « *évaluations de TE [(Tracking Error)] sur la base de plans [...] utilisée pour réaliser "l'étude de signature de l'éjection de grappes en recharge". Cette étude de sensibilité se basera sur les variations de "TE brutes", c'est-à-dire sans la prise en compte des pénalités pour modèles perturbés (Tilt⁸, SCTR⁹, FPPR¹⁰...)* ». L'ASN estime cet engagement satisfaisant.

D. Maîtrise du risque de déformation des assemblages de combustible

Votre démonstration du bon comportement des assemblages au cours de leur irradiation vis-à-vis du risque de déformation latérale excessive s'appuie sur le retour d'expérience des réacteurs en fonctionnement et sur les améliorations apportées à la conception des assemblages.

⁸ Le Tilt correspond au déséquilibre azimutal de la distribution de la puissance neutronique dans le cœur.

⁹ SCTR : Suivi de Charge et Télé Réglage

¹⁰ FPPR : Fonctionnement Prolongé à Puissance Réduite

Pour ce qui concerne l'EPR FLA3, vous avez estimé dans la note en référence [35] qu'il n'y avait pas de risque de déformation latérale excessive pour les raisons suivantes :

- les conditions de fonctionnement de l'EPR sont plus favorables que celles des réacteurs des paliers 1300 MWe et 1450 MWe, compte tenu en particulier de la présence d'un dispositif de distribution du débit en entrée du cœur ;
- la présence pour le premier démarrage d'assemblages neufs uniquement, et donc non déformés (situation plus favorable qu'un cœur déjà déformé dans lequel des assemblages de conception améliorée seraient introduits progressivement à chaque recharge) ;
- le choix de tubes guides épaissis afin de faire bénéficier aux assemblages EPR des améliorations de conception qui ont été généralisées sur les paliers 1300 MWe et 1450 MWe.

Néanmoins, l'ASN estime que les arguments que vous présentez ne permettent pas de montrer la maîtrise du risque de déformation des assemblages pour l'EPR FLA 3 et rappelle que la taille du cœur du réacteur, l'absence de quantification de l'effet bénéfique du dispositif de distribution du débit en entrée du cœur et l'épuisement de décharge¹¹ des assemblages de combustible constituent des éléments pouvant avoir des conséquences en termes de déformations latérales des assemblages de combustible en fonctionnement normal. Ainsi, du fait des similitudes entre les réacteurs des paliers 1450 MWe, 1300 MWe et EPR et du retour d'expérience récent sur certains réacteurs en exploitation, l'ASN estime qu'une surveillance particulière de la déformation des assemblages est nécessaire pour l'EPR FLA3.

Demande D : En cas de mesure de déformations anormales à l'issue de chaque cycle d'irradiation à l'aide du dispositif DAMAC¹² ou en cas d'augmentation des temps de chute des grappes mesurés, l'ASN vous demande de réaliser des essais pour surveiller l'évolution des temps de chute de grappe à mi-cycle (avancement dans le cycle compris entre 60 % et 80 % de sa durée sans prolongation).

E. Conditions de fonctionnement de référence

E.1. Ejection de grappe (en puissance ou en attente à chaud)

L'accident d'éjection de grappe de contrôle résulte de la rupture de l'enceinte sous pression d'un mécanisme de commande de grappe. La pression exercée sur la tige d'actionnement peut alors provoquer l'éjection de la grappe hors du cœur, ce qui entraîne un apport rapide de réactivité. L'étude présentée dans le RDS de l'EPR FLA3 concerne les cas initiés en attente à chaud (conditions critiques à puissance nulle) ou en puissance.

La phase de court terme de l'accident, correspondant aux premières secondes jusqu'à l'arrêt automatique du réacteur et se traduisant par un apport quasi-instantané de réactivité et à une augmentation très rapide du flux neutronique, est étudiée selon la méthode « 3D rénovée » qui a fait l'objet de la lettre ASN en référence [6]. La phase de moyen terme de l'accident, couvrant la période entre l'arrêt automatique du réacteur (AAR) et l'atteinte de l'état contrôlé, a fait l'objet de la lettre ASN en référence [7].

Lors de la phase de court terme, l'analyse thermique des transitoires présente des marges importantes par rapport aux critères vérifiés (au point chaud et pour les assemblages à haut taux de combustion). En effet, les températures maximales atteintes dans le combustible et dans la gaine du combustible sont respectivement de 2315 °C (soit une marge d'environ 490 °C par rapport à la limite de fusion) et 1087 °C (soit une marge de 395 °C par rapport au critère de sûreté), tandis que l'enthalpie maximale au point chaud et la variation d'enthalpie maximale sont respectivement de 147 cal/g et 30 cal/g (soient des marges

¹¹ Taux de combustion maximal des assemblages combustibles.

¹² Le DAMAC (dispositif amovible de mesure des assemblages de combustible) a été développé par EDF pour mesurer les déformations des assemblages de combustible.

relatives de 26 % et 47 % par rapport aux critères de sûreté). L'analyse thermohydraulique des transitoires lors de la phase court terme conduit, en revanche, à une valeur maximale de nombre de crayons entrant en crise d'ébullition (NCE) de 9,3 %, proche du critère de sûreté de 10 %.

Ainsi, les cas limitatifs de l'étude vis-à-vis du critère en NCE présentent très peu de marges et celles-ci pourraient encore se réduire à la suite des conclusions de l'instruction de la corrélation de flux critique FC2002r (Cf. courriers en référence [16] et [17]) et à la reprise de l'étude d'éjection de grappe.

Pour la démonstration de sûreté des recharges en combustible de l'EPR FLA3, vous avez développé une nouvelle approche pour l'accident d'éjection de grappe, différente de celle mise en œuvre récemment à l'occasion du troisième réexamen périodique des réacteurs du palier 1300 MWe. L'ASN note que, comme dans l'approche initialement prévue, votre objectif est de démontrer la sûreté de chaque recharge en combustible compte tenu des caractéristiques spécifiques du plan de chargement du cœur retenu, en vous appuyant sur un nombre limité de calculs simplifiés du fait des contraintes liées à l'exploitation. Dans le but de restreindre le nombre de vérifications à effectuer, vous avez réalisé pour l'EPR FLA3 une étude dite de « *signature de la gestion du combustible* », qui consiste à analyser les transitoires sans tenir compte des provisions appliquées dans l'étude générique, mais pour une variété de plans de chargement intégrant des aléas dans la gestion du combustible. L'étude de signature a été réalisée sur un grand nombre de plans de chargement susceptibles d'être rencontrés en exploitation, représentant 47 campagnes.

L'ASN considère que l'étude de signature de la gestion du combustible de l'EPR FLA3 a permis de montrer que les provisions retenues sur les paramètres neutroniques dominants permettent de démontrer la couverture de la variabilité des futures recharges en combustible par l'étude du RDS pour ce qui regarde la marge par rapport au critère sur le NCE.

Demande E-1 : L'ASN vous demande, préalablement à la mise en service de l'EPR FLA3, de référencer dans le rapport de sûreté l'étude de « signature » visant à démontrer que l'étude de l'accident d'éjection de grappe présentée dans le rapport de sûreté couvre la gestion prévisionnelle du combustible de l'EPR FLA3.

E.2. Rupture de tuyauterie vapeur (RTV)

E.2.1. Rupture de tuyauterie vapeur en puissance

L'étude de la RTV en puissance sans cumul avec le manque de tension externe (MDTE) doit permettre de vérifier l'intégrité des crayons de combustible au travers du respect des critères applicables aux conditions de fonctionnement de référence de deuxième catégorie, dont celui concernant le RFTC.

Les cas de RTV cumulés à un MDTE sont plus pénalisants du fait de la baisse du débit primaire consécutive à l'arrêt des pompes primaires, qui pénalise le flux critique et l'évacuation de la chaleur produite par le combustible. L'étude avec cumul du MDTE doit permettre de vérifier le respect des critères applicables aux conditions de fonctionnement de référence de quatrième catégorie. En particulier, le NCE doit rester inférieur à 10 %. Les gaines dont les crayons sont en crise d'ébullition sont ensuite considérées comme rompues pour l'évaluation des conséquences radiologiques (ce principe étant également considéré dans le référentiel actuel de sûreté des réacteurs en exploitation). Ces critères sont ceux vérifiés dans l'étude de la phase « en puissance » des RTV en puissance cumulées au MDTE. Ensuite, la phase après l'arrêt automatique du réacteur est couverte par l'étude à puissance nulle, pour laquelle EDF retient les critères des conditions de fonctionnement de référence de deuxième catégorie visant à démontrer l'intégrité des crayons de combustible : pas de crise d'ébullition et pas de fusion du combustible.

Ainsi, la démonstration de sûreté pour l'étude de la RTV en puissance repose sur deux études distinctes : une étude explicite pour la phase en puissance (c'est-à-dire jusqu'à l'arrêt automatique du réacteur), et une étude à puissance nulle pour couvrir la phase après l'arrêt automatique du réacteur.

L'ASN note que le choix d'EDF consistant à découpler l'étude de la phase en puissance de la RTV de l'étude de la phase après l'arrêt automatique du réacteur, et à retenir pour cette seconde phase des critères d'intégrité des crayons, revient à chercher à démontrer dans cette phase l'intégrité de gaines qui ont potentiellement été endommagées pendant la phase de court terme. De plus, le risque d'un retour en puissance significatif après l'arrêt automatique du réacteur alors que des gaines de combustible ont potentiellement été endommagées pendant la phase en puissance concerne les accidents de RTV cumulés au MDTE (et potentiellement tous les événements déclencheurs couverts par l'étude correspondante du spectre de brèche). Enfin, le comportement en situation d'accident d'un combustible endommagé et n'assurant potentiellement plus son rôle de première barrière de confinement est peu connu et les études des conditions de fonctionnement de référence ne tiennent pas compte de cette situation.

L'ASN remarque par ailleurs que vous précisez dans le courrier en référence [24], afin de démontrer l'absence d'endommagement du combustible dans la phase en puissance, que « *les situations de RTV conduisant à une crise d'ébullition avant AAR se caractérisent par une excursion de la température de la gaine (T_{gaine}) limitée en amplitude et en durée. [...] Ce faible niveau de sollicitation permet de garantir l'intégrité du gainage suite à la crise d'ébullition ainsi que le maintien de propriétés combustibles permettant d'accommoder une remontée en puissance limitée dans la suite du transitoire* ». L'ASN constate que cette position remet en question le principe de découplage en vigueur depuis la conception du parc des réacteurs nucléaires français, qui considère qu'un crayon de combustible entrant en crise d'ébullition est considéré comme rompu. Les conséquences radiologiques des accidents et l'évaluation des doses d'irradiation pour la qualification des matériels sont calculées en application de ce principe, y compris pour l'EPR.

Demande E-2.1 : L'ASN vous demande de détailler, avant le 30 juin 2017, la démarche que vous mettrez en œuvre afin de justifier l'absence d'endommagement des crayons de combustible entrant en crise d'ébullition au moment de l'arrêt automatique du réacteur, au regard du risque de retour en puissance ultérieur. Vous préciserez notamment les logiciels de calculs, les méthodes et les résultats d'essais que vous utiliserez et l'adéquation de leur domaine de validité avec la démarche que vous envisagez et l'objectif de démonstration de sûreté visée. Par ailleurs, l'ASN vous demande de transmettre, pour mars 2018, le résultat de l'application de cette démarche au réacteur EPR FLA3.

E.2.2. Rupture de tuyauterie vapeur à puissance nulle

Les études de RTV initiées à puissance nulle (ou correspondant à la phase faisant suite à l'arrêt automatique du réacteur consécutif à une RTV initiée en puissance) sont présentées dans le chapitre 15.2.4B du rapport de sûreté. Ces études couvrent les transitoires de RTV sans arrêt des pompes primaires pour les brèches de taille inférieure ou égale à 200 cm² et les phases de court terme des transitoires de RTV avec arrêt des pompes primaires pour les brèches de taille supérieure à 200 cm².

Les études sont réalisées avec la méthode MTC 3D dans des cas pour lesquels cette méthode n'appelle plus de réserve (cf. lettre ASN en référence [14]). La brèche conduisant aux marges les plus faibles vis-à-vis de l'intégrité de la gaine du combustible est la brèche d'interface de 200 cm² avec maintien des pompes primaires en service. La puissance linéique maximale alors atteinte est de 655 W/cm, ce qui garantit une température inférieure à la température de fusion à cœur des pastilles de combustible, et la marge minimale de RFTC atteinte est de 40 %, ce qui garantit l'absence d'entrée en crise d'ébullition. L'ASN estime donc ces études acceptables.

Cependant, ces études ne couvrent pas la phase de moyen terme des transitoires de RTV avec arrêt des pompes primaires, qui fait l'objet d'une démarche complémentaire d'EDF. L'ASN a exprimé ses réserves et demandes relatives à cette démarche complémentaire dans la lettre en référence [14].

L'ASN remarque néanmoins que vous avez fourni au cours de l'instruction de la démarche complémentaire une étude de sensibilité au transitoire de RTV à puissance nulle avec arrêt des pompes primaires, en phase de moyen terme, réalisée en ne considérant aucun mélange en aval du cœur dès l'instant initial du transitoire. L'ASN note que ce transitoire, qui considère des hypothèses plus pénalisantes que les transitoires étudiés avec la démarche complémentaire, conduit à une marge de 26 % concernant le RFTC. L'ASN estime que cette étude de sensibilité permet de démontrer l'intégrité de la gaine des crayons de combustible pendant la phase de moyen terme des transitoires de RTV avec arrêt des pompes primaires.

Demande E-2.2 : L'ASN vous demande, dans l'attente d'une éventuelle démonstration de sûreté nucléaire basée sur une nouvelle méthode d'étude, d'intégrer préalablement à la mise en service du réacteur EPR FLA3 cette étude de sensibilité dans le chapitre 15 du RDS de l'EPR FLA3.

E.2.3. Efficacité de la chaîne « bas RFTC » en ambiance dégradée

En cas de brèche sur une partie des circuits secondaires localisée à l'intérieur de l'enceinte, les conditions de température et de pression dans le bâtiment réacteur pourraient être anormales : on parle alors de conditions d'ambiance « dégradée ». Dans de telles situations, les mesures issues de l'instrumentation (capteurs, détecteurs...) peuvent être inexactes. La chaîne « bas RFTC » calcule en ligne le RFTC minimal à partir d'un nombre important de capteurs. En particulier, la valeur du débit primaire utilisée dans l'algorithme est calculée à partir de la mesure de la vitesse de rotation des pompes primaires. Cependant, l'ASN remarque que la note en référence [36] indique que « *le capteur de vitesse des pompes n'est pas qualifié pour des conditions d'ambiance dégradée* ». Ainsi, la chaîne « bas RFTC » pourrait ne plus être capable de délivrer des informations exactes en conditions d'ambiance dégradée.

Vous avez toutefois précisé dans le courrier en référence [24] qu' « *une des voies pour satisfaire cet objectif, est la qualification du capteur de vitesse des GMPP. Celle-ci est accessible à court terme en l'état de l'installation mais elle n'est pas la seule envisageable. EDF souhaite instruire la solution la plus appropriée. Quelle que soit la solution retenue, elle sera mise en œuvre au plus tard à l'échéance du dossier de fin de démarrage* ».

Demande E-2.3 : L'ASN estime satisfaisant l'objectif d'EDF de démontrer, en s'appuyant sur des chaînes de protection qualifiées à l'ambiance dégradée dans l'enceinte, le respect des critères des conditions de fonctionnement de référence de quatrième catégorie en cas de brèche sur le circuit secondaire située à l'intérieur de l'enceinte et initiée en puissance, lorsque le cumul du manque de tension externe est pris en compte avant l'atteinte du seuil de protection par « bas RFTC », mais considère que la mise en œuvre des actions d'EDF devra être réalisée préalablement à la mise en service du réacteur EPR FLA3.

E.3. Fermeture intempestive d'une ou de toutes les vannes d'isolement vapeur

La démonstration de cet accident d'échauffement est présentée dans le chapitre 15 du RDS de l'EPR FLA3. L'étude de cet accident montre que les critères de sûreté relatifs au nombre de crayons de combustible entrant en crise d'ébullition, à la température maximale de gaine et à l'absence de fusion du combustible sont respectés.

L'ASN constate que la démonstration de l'atteinte de l'état d'arrêt sûr est basée sur une évaluation qualitative, renvoyant à d'autres études d'accident du RDS. L'ASN estime non satisfaisant la seule mention dans le RDS de la phrase suivante « *plus tard, l'état contrôlé, correspondant à l'arrêt à chaud, est atteint, l'évacuation de la puissance résiduelle étant assurée par les VDA et l'ASG* » afin de justifier l'atteinte de l'état contrôlé. L'ASN remarque que vous avez apporté des justifications supplémentaires relatives à l'atteinte de l'état contrôlé dans la fiche de synthèse en référence [37].

Demande E-3 : L'ASN vous demande de compléter le RDS de l'EPR FLA3 préalablement à la mise en service de l'EPR FLA3 en démontrant l'atteinte de l'état contrôlé à la suite de la fermeture intempestive d'une ou de toutes les vannes d'isolement vapeur.

E.4. Rupture de tube de générateur de vapeur (RTGV)

Les accidents étudiés sont la rupture complète d'un tube d'un générateur de vapeur et la rupture complète de deux tubes distincts d'un même générateur de vapeur. Les conséquences principales de cet accident sont liées aux risques de contamination de l'eau du circuit secondaire par la fuite de fluide primaire et éventuellement à la décharge d'activité dans l'atmosphère par les soupapes de sûreté des GV ou par le système de décharge à l'atmosphère. Les critères de sûreté retenus pour ces études sont le respect des critères radiologiques et la capacité à rallier l'état d'arrêt sûr.

L'ASN constate que les spécificités de l'EPR FLA3 par rapport aux réacteurs en fonctionnement, notamment le fait que la pression de refoulement de l'injection de sécurité à moyenne pression soit inférieure à la pression de tarage des soupapes des GV, ainsi que l'isolement automatique du GV sur un signal de « haut niveau GV » (arrêt de l'alimentation en eau normal et de secours des GV et fermeture des vannes d'isolement vapeur), permettent d'éviter le débordement du GV affecté et de limiter les rejets dans l'environnement à des rejets de vapeur, conduisant à des conséquences radiologiques limitées, inférieures à 1 mSv.

Toutefois, l'ASN remarque que l'étude présentée dans le rapport de sûreté présente, en état d'arrêt sûr, une marge à la concentration en bore critique de 2 ppm lorsque la consommation d'eau des réservoirs d'alimentation en eau de secours des GV est maximisée, en tenant notamment compte de la rétro-vidange de l'eau du GV affecté dans le circuit primaire. Cette concentration en bore ne permet de dégager qu'une marge de quelques pcm par rapport à la criticité. Or l'ASN rappelle que vous vous êtes engagé dans le courrier en référence [31] à ce qu'une marge à la criticité de 1000 pcm en état d'arrêt sûr soit garantie dans la prochaine mise à jour du RDS. L'ASN constate que les études actuelles de RTGV présentées dans le RDS de l'EPR FLA3 ne permettent pas de garantir une telle marge à la criticité.

Demande E-4 : L'ASN vous demande de mettre à jour les études de RTGV dans le RDS de l'EPR FLA3 préalablement à la mise en service de l'EPR FLA3 afin de garantir une marge à la criticité de 1000 pcm en état d'arrêt sûr lors d'un accident de RTGV impliquant un et deux tubes, compte tenu de l'effet de la rétro-vidange du GV affecté dans le circuit primaire.

E.5. Accidents de perte de réfrigérant primaire – petites brèches et brèches intermédiaires (APRP PB et APRP BI)

E.5.1. Démonstration du conservatisme global des études d'APRP BI

Un accident de brèche sur une tuyauterie primaire conduit à une dépressurisation du circuit primaire et une perte d'inventaire en eau primaire pouvant conduire à un découverture du cœur et à une détérioration des gaines tant que l'apport d'eau par les systèmes d'injection de sécurité est insuffisant au regard du débit de brèche.

L'objectif de l'étude d'APRP est de vérifier le respect des principes de sûreté et des critères de découplage spécifiques à l'APRP, classé en quatrième catégorie parmi les conditions de fonctionnement de référence :

- la structure géométrique du cœur ne doit pas être détériorée de sorte que son refroidissement puisse être convenablement assuré :
 - o la température maximale de gaine doit rester inférieure à 1200 °C ;
 - o l'oxydation maximale de la gaine doit rester inférieure à 17 % de l'épaisseur de gaine (ECR) ;
- l'intégrité de l'enceinte doit être assurée : la génération maximale d'hydrogène doit rester inférieure à 1 % de la quantité qui serait dégagée par l'oxydation complète des gaines ;
- le refroidissement à long terme du cœur doit être assuré en garantissant l'absence de cristallisation du bore dans le cœur.

Les études de l'APRP résultant d'une brèche de taille intermédiaire (APRP BI) sont réalisées avec la méthode déterministe réaliste (MDR), en utilisant le logiciel CATHARE 2 V2.5_2. À la demande de l'ASN (Cf. demande C1 du courrier en référence [11]), vous avez apporté des éléments complémentaires visant à quantifier certains conservatismes de la méthode MDR afin de garantir le conservatisme global des études APRP BI. À la suite de la quantification des impacts unitaires, vous avez réalisé un calcul global afin de déterminer le conservatisme global de la méthode en prenant en compte les effets croisés entre les différentes sources de conservatismes et en considérant les incertitudes seulement sur le modèle de frottement interfacial. Le conservatisme global ainsi évalué est d'environ 75 °C.

Néanmoins, si la marge par rapport au critère en température de gaine obtenue dans l'étude présentée dans le RDS semble importante (788 °C pour une brèche de 220 cm², à comparer au critère de 1200 °C), l'ASN souligne que certains phénomènes concernant le combustible ne sont pas pris en compte actuellement dans la MDR. En effet, vous avez proposé une nouvelle méthode, CathSBI, dans le cadre du nouveau référentiel d'étude de l'APRP, dont la première application est prévue pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs du palier 900 MWe. CathSBI présente, par rapport à la MDR, plusieurs évolutions majeures, notamment un traitement statistique des incertitudes et la prise en compte des phénomènes physiques liés au combustible. Cette nouvelle méthode a fait l'objet de la lettre ASN en référence [12].

L'ASN estime que l'application de la méthode CathSBI à l'EPR FLA3 devrait conduire à une diminution du pic de température de gaine par rapport à la MDR du fait du traitement statistique des incertitudes sur les paramètres d'entrée et de la nouvelle modélisation de la cuve. De plus, la pression interne du crayon de combustible, qui constitue un paramètre clé vis-à-vis du phénomène de ballonnement-éclatement des gaines, est relativement faible pour le réacteur EPR FLA3, ce qui est bénéfique vis-à-vis du risque de rupture de gaine en APRP. **Par conséquent, l'ASN estime que les conclusions de l'étude d'APRP présentée dans le RDS de l'EPR FLA3 ne devraient pas être remises en cause par l'application de la méthode CathSBI, notamment du fait d'une faible pression interne des crayons de combustible.**

Demande E-5.1 : L'ASN vous demande toutefois de prendre en compte le nouveau référentiel APRP lors du premier réexamen périodique de l'EPR FLA3, notamment les phénomènes physiques relatifs au comportement du combustible mis en évidence par les programmes expérimentaux ainsi que la méthode de traitement des incertitudes.

E.5.2. Justification du taux de rupture de gaine en APRP BI

La justification du taux de rupture de gaine vise à s'assurer, dans le cadre de la démonstration de sûreté, du respect de l'hypothèse d'un taux de crayons rompus inférieur ou égal à 10 % retenue pour l'EPR FLA3 pour l'évaluation des conséquences radiologiques en APRP BI et pour la qualification des matériels aux conditions d'ambiance accidentelles.

La justification d'un taux de rupture de gaine de 10 % doit être fondée sur l'évaluation de deux modes de rupture potentiels consécutifs :

- à l'entrée en crise d'ébullition des gaines à la suite de la dépressurisation du circuit primaire alors que la puissance du réacteur est encore élevée : il s'agit de la phase accidentelle à court terme. De manière générale, pour les conditions de fonctionnement de référence de quatrième catégorie, ce risque est couvert par le respect de la limite en NCE, qui doit rester inférieur à 10 % ;
- au ballonnement-éclatement des gaines à la suite du découvrage du cœur et au différentiel de pression de part et d'autre de la gaine intervenant à moyen terme : il s'agit de la phase accidentelle à moyen terme.

L'ASN note que la démonstration pour justifier le taux de rupture de gaine pour l'EPR FLA3 concerne uniquement la phase de moyen terme de l'accident. Les éléments que vous avez transmis dans les courriers en référence [38] et [39] ont permis d'écarter le risque de rupture de gaine par ballonnement des crayons de combustible en APRP BI pour l'EPR FLA3. La justification du taux de rupture de gaine lors de la phase de court terme de l'accident d'APRP n'est toutefois pas apportée par EDF.

Par ailleurs, l'ASN souligne que pour le court terme un transitoire d'APRP doit être considéré comme un accident de dépressurisation du circuit primaire. En effet, l'ouverture de la brèche entraîne une dépressurisation rapide du circuit primaire alors que le réacteur est encore en puissance, c'est-à-dire avant l'ordre d'arrêt automatique du réacteur et la chute des grappes de commande. Si le cœur est en puissance, la baisse de pression primaire peut entraîner l'apparition d'une crise d'ébullition pour les crayons les plus chauds. Il convient de souligner que, dans le RDS de l'EPR FLA3, vous étudiez la phase de court terme de l'ouverture intempestive d'une soupape du pressuriseur en état A¹³, qui correspond à une brèche primaire de 40 cm² située en haut du pressuriseur. À court terme, les critères de découplage associés à la crise d'ébullition sont vérifiés. Le transitoire pénalisant prenant en compte le cumul du MDTE présente un nombre maximal de crayons susceptibles d'entrer en crise d'ébullition de 9,7 % et une température maximale de gaine atteinte de 1145 °C. La marge réduite au critère de 10 % en NCE et le niveau de température de gaine observés dans cette étude résultent d'hypothèses très conservatives. À moyen et long termes, ce sont les critères relatifs à l'APRP qui sont vérifiés.

La cinétique de dépressurisation variant en fonction de la taille et la localisation de la brèche, il n'est à ce stade pas exclu qu'un transitoire d'APRP BI puisse conduire à un nombre de crayons susceptibles d'entrer en crise d'ébullition plus important que celui déterminé pour l'ouverture intempestive d'une soupape. Ainsi, le critère de découplage de 10 % sur le taux de rupture de gaine pris en compte dans le RDS de l'EPR FLA3 pourrait ne pas être respecté lors de la phase de court terme de ce transitoire. Par conséquent, l'ASN considère que le risque d'entrée en crise d'ébullition lors de la dépressurisation du circuit primaire et ses conséquences sur le combustible doivent être étudiés afin de justifier ce critère de découplage.

L'ASN note que vous avez transmis au cours de l'instruction des éléments complémentaires afin de justifier que la vérification des critères associés à la crise d'ébullition n'est pas nécessaire pour la phase de court terme des APRP, qui remettent en cause le principe en vigueur depuis la conception du parc de

¹³ État A : états en puissance, arrêt à chaud et arrêt intermédiaire sur GV (pression du CPP supérieure à 130 bar). Dans ces états d'arrêt, toutes les fonctions nécessaires de protection automatique du réacteur sont disponibles comme dans les états en puissance. En fait, certaines fonctions de protection peuvent être désactivées à faible puissance, mais il reste toujours suffisamment de fonctions automatiques de protection pour satisfaire les critères d'acceptation en cas de transitoire.

REP français qui considère qu'un crayon entrant en crise d'ébullition est rompu. L'ASN estime ces éléments insuffisants.

Demande E-5.2 : L'ASN vous demande, compte tenu du risque de crise d'ébullition affectant les crayons de combustible pendant la dépressurisation du circuit primaire induite par une brèche de ce circuit, d'évaluer, avant le 31 mars 2018, le comportement des crayons de combustible entrant en crise d'ébullition et de démontrer 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.

E.5.3. Dilution hétérogène inhérente à l'accident d'APRP

L'accident de dilution hétérogène inhérente à l'APRP résulte de l'envoi vers le cœur du réacteur d'un bouchon d'eau faiblement borée au moment de la reprise de la circulation naturelle. L'étude de ce transitoire, alors que le réacteur est en état A, ses conséquences sur le réacteur ainsi que les protections sollicitées sont présentées le chapitre 15 du RDS de l'EPR FLA3. L'étude présentée en tant que condition de fonctionnement de quatrième catégorie couvre l'ensemble du spectre de brèche possible.

L'étude de référence présentée dans le chapitre 15 du RDS correspond à l'envoi d'un bouchon d'eau faiblement borée de 11 m³. Dans cette situation, la concentration en bore minimale en entrée du cœur reste supérieure à la concentration en bore critique, ce qui garantit l'absence de retour en criticité et donc, de fait, l'absence d'endommagement du combustible. Vous avez complété cette étude, « afin de démontrer la robustesse des conclusions tirées de l'étude de référence », par des études de sensibilité au nombre de bouchons et au volume du ou des bouchons, dont les conclusions sont rappelées dans le chapitre 19 du RDS de l'EPR FLA3, relatif aux études spécifiques. Ces études de sensibilité se basent sur le scénario du RDS pénalisant. L'aggravant considéré porte sur la défaillance d'un groupe électrogène diesel concomitante avec une maintenance préventive sur un autre groupe diesel. Ces études complémentaires correspondent à l'étude de l'envoi :

- d'un bouchon de 16,5 m³ ;
- de deux bouchons d'eau claire de 11 m³, correspondant à la situation de reprise simultanée de la circulation naturelle dans deux boucles du circuit primaire ;
- de deux bouchons d'eau claire, pour des volumes compris entre 3 m³ et 11 m³, lors de la reprise simultanée de la circulation naturelle dans les deux dernières boucles où elle n'avait pas encore repris.

La sous-criticité du cœur est démontrée dans l'ensemble de ces cas, et vous estimez que ces études confirment la robustesse de la conclusion de non-retour en criticité en cas de dilution inhérente obtenue sur le cas de référence du RDS.

Cependant, l'ASN rappelle vous avoir demandé dans le courrier en référence [30] « d'étudier les conséquences sur la réactivité du cœur et le comportement du combustible du passage d'un bouchon d'eau faiblement borée dans le cœur, en fonction de son volume estimé ». Pour répondre à cette demande, vous avez réalisé des études complémentaires.

Les cas étudiés sont les suivants :

- envoi dans le cœur d'un seul bouchon d'eau claire d'un volume compris entre 25 et 50 m³, avec le débit de reprise de circulation naturelle de référence de la démarche, dont la valeur maximale est de 340 kg/s ;
- envoi de deux bouchons d'eau claire de 25 m³ en considérant un débit de reprise de circulation naturelle de référence, basé sur le débit de référence de la démarche mais avec une valeur maximale de 500 kg/s au lieu de 340 kg/s.

Vous considérez les conséquences sur le cœur « acceptables » si les critères de refroidissabilité du cœur spécifiques à l'accident d'éjection de grappe sont vérifiés (enthalpie maximale fixée à 200 cal/g, température de la gaine du combustible inférieure à 1482 °C). Les études correspondant à l'envoi dans le cœur d'un bouchon d'eau claire de 25 à 50 m³ montrent l'absence de retour en criticité, si la sous-criticité initiale retenue est réaliste. Seul le calcul réalisé en considérant une sous-criticité initiale pénalisée de 2350 pcm conduit à un retour en puissance, mais sans atteinte de la prompt-criticité : les conséquences sur le combustible sont donc acceptables lorsque toutes les grappes sont insérées.

L'envoi simultané dans le cœur de deux bouchons d'eau claire de 25 m³ conduit à une augmentation plus forte de la puissance nucléaire. Les valeurs maximales atteintes par les paramètres cibles dans les différents cas considérés sont : 450 °C pour la température maximale de gaine, 880 °C pour la température du combustible et 70 cal/g pour l'enthalpie maximale dans le combustible. En complément, l'analyse thermique menée sur ce transitoire conclut à une température maximale de gaine de 660 °C. En conséquence, vous indiquez que l'envoi dans le cœur de deux bouchons d'eau claire de 25 m³ avec un débit de reprise de la circulation naturelle pénalisé et en considérant une grappe bloquée hors du cœur ne conduit pas à des conséquences inacceptables pour le cœur, puisque les critères de refroidissabilité du cœur retenus sont vérifiés.

Les analyses complémentaires réalisées par EDF, en considérant des volumes importants de bouchons d'eau faiblement borée, un aggravant sur une grappe bloquée hors du cœur et des hypothèses réalistes, répondent à la demande de l'ASN formulée dans le courrier en référence [30]. Elles apportent l'assurance de l'absence de dommages sur le combustible susceptibles de mettre en cause la refroidissabilité du cœur résultants d'une dilution hétérogène inhérente à l'APRP pour le réacteur EPR FLA3.

Vous avez par ailleurs indiqué dans le courrier en référence [24] que « *le chapitre 19 tracera, dans la prochaine mise à jour du DMES à mi-2017, l'ensemble des études qui ont été réalisées au cours de l'instruction à la demande de l'IRSN, et qui ont permis de conclure à l'élimination pratique de tout effet falaise associé au phénomène de dilution inhérente* ». **L'ASN considère cet engagement satisfaisant.**

En revanche, la présence dans le chapitre 15 du RDS de l'EPR FLA3 d'une étude basée sur une démarche qui n'a pas été jugée recevable (Cf. courrier en référence [30]) n'est pas acceptable. En particulier, l'absence de démonstration du caractère enveloppe des valeurs retenues pour les paramètres dominants de cette étude n'est pas satisfaisante pour une étude d'une condition de fonctionnement de référence. C'est le cas en particulier du volume du bouchon d'eau claire, du nombre de boucles du circuit primaire où la circulation naturelle reprend simultanément et de l'évolution temporelle du débit de reprise de circulation naturelle.

Demande E-5.3 : Par conséquent, l'ASN vous demande de présenter dans le dossier de fin de démarrage, dans les études des conditions de fonctionnement de référence du RDS de l'EPR FLA3 et en retenant notamment des conditions initiales enveloppes :

- l'envoi d'un bouchon d'un volume égal à celui de la branche en U, de la boîte à eau de sortie et de la moitié de la partie descendante du GV (soit 16,5 m³), avec un débit de reprise de la circulation naturelle pouvant atteindre 500 kg/s ;
- l'envoi simultané de deux premiers bouchons chacun, d'un volume égal à celui de la branche en U et de la boîte à eau de sortie (soit 11 m³), avec un débit de reprise de la circulation naturelle pouvant atteindre 500 kg/s ;
- l'envoi simultané de deux derniers bouchons, chacun d'un volume égal à celui de la branche en U et de la boîte à eau de sortie (soit 11 m³), avec un débit de reprise de la circulation naturelle pouvant atteindre 170 kg/s.

L'ASN rappelle par ailleurs vous avoir demandé, dans le courrier en référence [26] (demande I-RDS-15.2.4), le classement du transitoire de dilution hétérogène inhérente en condition de fonctionnement de dimensionnement de troisième catégorie. Vous vous y êtes engagé dans le courrier en référence [27]. L'ASN considère que les études précisées dans la demande ci-dessus appartiennent également à la troisième catégorie, l'événement initiateur de ces scénarios étant une brèche primaire inférieure à 20 cm², ce qui correspond à une brèche classée en troisième catégorie.

E.6. Dysfonctionnement du RCV¹⁴ entraînant une augmentation de l'inventaire en eau du circuit primaire

Un dysfonctionnement du RCV peut provoquer une montée du niveau d'eau dans le pressuriseur et une augmentation de la pression dans le circuit primaire, limitée par l'aspersion normale. Les soupapes du pressuriseur peuvent être sollicitées, ce qui peut entraîner la rupture du réservoir de décharge du pressuriseur (RDP). Enfin, le débit injecté peut conduire à un léger refroidissement du circuit primaire et à une augmentation de la réactivité par effet modérateur. Si le réacteur est initialement en puissance, ce dysfonctionnement peut conduire à une légère augmentation de la puissance dans le cœur.

L'objectif de l'étude présentée dans le RDS est de vérifier le respect des critères des études des conditions de fonctionnement de référence de deuxième catégorie durant l'état contrôlé et l'atteinte de l'état d'arrêt sûr.

L'étude montre que cet événement n'entraîne pas de crise d'ébullition ni de fusion du combustible. Elle montre également que la montée en pression du circuit primaire n'est pas suffisante pour conduire à la sollicitation des soupapes du pressuriseur, et donc de mettre en cause l'intégrité du RDP. Les critères de sûreté à court et moyen termes sont donc respectés.

Le RDS précise par ailleurs que l'état d'arrêt sûr peut être atteint pour le transitoire d'augmentation de l'inventaire en eau par dysfonctionnement du RCV cumulé à un MDTE. En particulier, en ce qui concerne la consommation d'eau des réservoirs du système d'alimentation auxiliaire de secours des GV (bâches ASG) nécessaire pour atteindre les conditions de connexion du système d'injection de sécurité et de refroidissement du réacteur à l'arrêt (RIS-RA) en mode RA, vous estimez que ce transitoire est couvert par l'accident de perte des alimentations électriques externes de longue durée (PTAEE). Or, l'ASN souligne que le caractère enveloppe de l'accident de PTAEE de longue durée vis-à-vis de la consommation de la bâche ASG en cas de cumul avec un MDTE n'est pas justifié dans le RDS.

Demande E-6 : L'ASN vous demande de justifier dans le RDS de l'EPR FLA3, dans le dossier de fin de démarrage, l'atteinte de l'état d'arrêt sûr du réacteur dans l'étude du transitoire d'augmentation de l'inventaire en eau du circuit primaire par dysfonctionnement du circuit de contrôle volumétrique et chimique, en tenant compte de la consommation d'eau des bâches ASG.

E.7. Chute d'un assemblage de combustible dans le bâtiment réacteur

Vous vous êtes engagé dans le courrier en référence [24] à fournir à échéance du dossier de fin de démarrage de l'EPR FLA3 une étude spécifique visant à démontrer l'absence de criticité en cas de chute d'assemblage de combustible dans le bâtiment réacteur (dans ou sur le cœur du réacteur). En effet, les études actuelles couvrent seulement la chute d'un assemblage de combustible dans la piscine, lors de sa manutention entre la cuve et le tube de transfert entre le bâtiment réacteur et le bâtiment combustible.

¹⁴ Le RCV est le système de contrôle chimique et volumétrique.

L'ASN rappelle que l'article 3.4 de l'arrêté en référence [40] précise que la maîtrise des réactions en chaîne est une fonction nécessaire à la démonstration de sûreté nucléaire. À ce titre, le RDS doit notamment justifier comment cette fonction est assurée. L'ASN rappelle par ailleurs avoir demandé dans le courrier en référence [32] d'intégrer l'évaluation de ce risque dans le RDS des réacteurs du palier N4.

Demande E-7 : L'ASN vous demande de démontrer l'absence de criticité en cas de chute d'assemblage de combustible dans ou sur le cœur du réacteur préalablement à la mise en service de l'EPR FLA3.

E.8. Défaillance du système d'alimentation en eau normale des GV (ARE) conduisant à une augmentation du débit d'eau alimentaire des GV

L'augmentation intempestive du débit du système ARE provoquerait l'augmentation de la capacité d'extraction de chaleur par le circuit secondaire. Elle conduit à une augmentation de l'inventaire en eau dans les GV et un refroidissement du circuit primaire qui, par effet modérateur, peut conduire à l'augmentation de la puissance du cœur ou à la réduction de la marge par rapport à la criticité. Les critères de sûreté à vérifier sont, d'une part, ceux des transitoires de référence de deuxième catégorie pour les cas sans MDTE et, d'autre part, ceux des transitoires de référence de quatrième catégorie pour les cas cumulés avec le MDTE. Pour les cas initiés à puissance nulle, le réacteur doit rester sous-critique, ce qui garantit l'absence de retour en puissance et, par conséquent, l'intégrité des gaines du combustible.

Concernant le transitoire initié en puissance en état A cumulé avec le MDTE, l'ASN note que les hypothèses du transitoires ont évolué entre le RDS transmis par le courrier en référence [33] et le RDS transmis lors de la demande de mise en service par le courrier en référence [1]. Ces nouvelles hypothèses conduisent à une augmentation du nombre de crayons entrant en crise d'ébullition (4,4 % contre 0,1 % auparavant). En revanche, ces nouvelles hypothèses conduisent à une puissance thermique et à des températures de combustible et de gaine plus faibles. Ainsi, l'ASN constate que le seul jeu d'hypothèses retenu ne permet pas de pénaliser l'ensemble des paramètres cibles concernés. Vous vous êtes engagé dans le courrier en référence [24] à « *démontrer*, à l'échéance du dossier de fin de démarrage, le respect des différents critères associés à l'étude de mauvais fonctionnement de l'eau alimentaire normale, en prenant des jeux d'hypothèses maximisant d'une part le nombre de crayons en crise d'ébullition, et, d'autre part, les températures du combustible et de la gaine et la puissance thermique ». L'ASN estime cet engagement satisfaisant.

Concernant le transitoire initié à puissance nulle en état A, l'ASN estime que la démonstration du caractère pénalisant du transitoire présenté dans le RDS n'a pas été apportée. En effet, ce transitoire se caractérise par la présence de phénomènes antagonistes difficiles à apprécier, en particulier vis-à-vis du sur-débit de l'ARE et de la localisation de la boucle affectée, nécessitant des compléments de justification sur le caractère pénalisant des hypothèses considérées dans le RDS. L'ASN convient que la marge minimale d'anti-réactivité d'environ 900 pcm mise en évidence dans le RDS suffirait à compenser l'accroissement de la réactivité faisant suite à un changement d'hypothèse d'étude, mais estime néanmoins que le rapport de sûreté doit présenter le cas le plus pénalisant pour être démonstratif.

Demande E-8 : L'ASN vous demande de démontrer, préalablement à la mise en service de l'EPR FLA3 le caractère pénalisant des choix effectués pour le sur-débit de l'ARE et le choix de la boucle affectée vis-à-vis du critère d'absence de retour en criticité, pour l'étude à puissance nulle de la défaillance de l'ARE par augmentation de son débit. Le cas échéant, l'ASN vous demande de reprendre l'étude en considérant des hypothèses enveloppes.

E.9. Retrait incontrôlé de groupes en puissance

Le transitoire de retrait incontrôlé de groupes en puissance induit une augmentation de puissance du cœur qui entraîne un échauffement du fluide primaire et perturbe la distribution de puissance. Le transitoire dépend de la vitesse d'insertion de réactivité et de l'intensité des contre-réactions neutroniques. L'étude doit vérifier le respect des critères concernant le RFTC et la puissance linéique.

L'ASN constate que les critères de sûreté sont respectés dans l'étude présentée dans le RDS de l'EPR FLA3. Toutefois, l'ASN remarque que les vitesses maximales d'insertion de réactivité en fonction de la puissance initiale du réacteur ne sont pas précisées dans le RDS. Or l'ASN souligne que l'arrêt automatique du réacteur est assuré par les chaînes de protection génériques du cœur par « bas RFTC » et « puissance linéique élevée », dont l'efficacité dépend notamment de la vitesse d'insertion de réactivité dans le cœur.

Demande E-9 : L'ASN vous demande de préciser dans le RDS de l'EPR FLA3, préalablement à sa mise en service, les vitesses maximales d'insertion de réactivité en fonction de la puissance initiale du réacteur et de les comparer aux plages d'efficacité des chaînes de protection génériques du cœur.

F. Déclinaison de la démarche RRC-A

Une condition de fonctionnement RRC-A est une situation accidentelle non couverte par les conditions de fonctionnement de référence qui suppose l'occurrence de défaillances multiples induisant un risque de :

- fusion du cœur situé dans le bâtiment réacteur ;
- fusion du combustible entreposé ou en cours de manutention dans la piscine de désactivation située dans le bâtiment combustible ;
- rejet supérieur à ceux des conditions de fonctionnement de référence de quatrième catégorie associées aux situations accidentelles sans fusion du cœur avec bipasse du confinement.

L'étude des conditions de fonctionnement RRC-A permet de définir des dispositions particulières de conception, appelées « dispositions RRC-A ». Afin d'identifier ces dispositions, vous avez développé la démarche en référence [42]. L'ASN note que la déclinaison de cette démarche n'est pas présentée dans le RDS de l'EPR FLA3, alors que les conditions de fonctionnement RRC-A en résultant sont présentées dans le RDS.

Demande F : L'ASN vous demande, dans le dossier de fin de démarrage, de référencer dans le 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 couvertes par la ou les conditions de fonctionnement RRC-A ;
- la justification du caractère enveloppe des conditions de fonctionnement RRC-A associées aux séquences fonctionnelles.

G. Conséquences radiologiques des accidents

Lors d'un accident de manutention de combustible, il est considéré qu'une majorité des aérosols est piégée par l'eau de la piscine de désactivation. Vous estimez, sur la base d'une publication de 1997, ce taux à 99,8 % (soit un coefficient de rétention de 500). Des essais (essais ACE) ont cependant été réalisés, indiquant des valeurs de coefficients de rétention comprises entre 145 et 3000 pour le césium et entre 47 et 1500 pour l'iode.

Demande G : L'ASN vous demande de retenir dans les évaluations des conséquences radiologiques de l'accident de manutention du combustible, pour le dossier de fin de démarrage, une valeur de coefficient de rétentions des aérosols dans l'eau de la piscine de désactivation conservative au regard de l'état des connaissances.

H. Dimensionnement hydraulique de la cuve

Vous précisez dans la lettre en référence [41] que le dimensionnement hydraulique de la cuve est principalement réalisé sur la base de l'interprétation de résultats d'essais expérimentaux, dont les résultats sont transposés à l'échelle du réacteur à l'aide d'un logiciel de CFD. Or le RDS ne présente ni les résultats de ces études, ni les données d'essais, ni les calculs de CFD. L'ASN estime que ces éléments permettent de justifier la pertinence et la robustesse du dimensionnement hydraulique des internes de cuve. L'ASN souligne que ces éléments ont néanmoins été transmis au cours de l'instruction, et considère que le RDS doit contenir l'ensemble des éléments participant à la démonstration de sûreté d'un réacteur.

Demande H : L'ASN vous demande, préalablement à la mise en service de l'EPR FLA3, de référencer dans le chapitre du RDS de l'EPR FLA3 relatif à la conception thermohydraulique du réacteur les éléments de justification du dimensionnement hydraulique de la cuve transmis durant l'instruction de la mise en service de l'EPR FLA3.

OBSERVATIONS DE L'ASN

I. Éjection de grappe

La démonstration de la sûreté des recharges de combustible est notamment basée sur le calcul du NCE lors d'un accident d'éjection de grappes. L'ASN estime satisfaisante la valeur limite de NCE fixée à 8 %, qui permet de limiter l'étude de recharge à des calculs réalisés grâce à des méthodes statiques simplifiées. Dans le cas où la valeur estimée du NCE dépasserait cette limite, la version actuelle du dossier général d'évaluation de la sûreté des recharges en combustible (DGES) prévoit de vérifier le critère de 10 % du rapport de sûreté à l'aide d'un calcul 3D-cinétique simplifié et d'effectuer une vérification complémentaire si la valeur calculée du NCE est comprise entre 9 % et 10 %.

Par ailleurs, vous avez fait part dans le courrier en référence [24] de votre position consistant à ne pas vérifier en étude de recharge de combustible le caractère pénalisant du scénario xénon retenu pour perturber la distribution axiale de puissance, sur la base de l'étude générique présentée dans le RDS de l'EPR FLA3. Pour EDF, *« en l'absence d'effet à seuil dans la physique de l'accident d'éjection de grappe en phase court terme, il ne peut y avoir d'augmentation importante du nombre de crayons en crise d'ébullition liée à une potentielle distribution spatiale du Xénon qui serait légèrement plus pénalisante que celle obtenue par le scénario xénon standard : il y a donc une absence d'enjeu à rechercher systématiquement le scénario Xénon le plus pénalisant possible »*. L'ASN souligne néanmoins que l'analyse de la sensibilité au xénon a montré un impact non négligeable sur le NCE, même en absence d'effet à seuil.

Observation I : L'ASN estime que, dans le cas où une recharge en combustible de l'EPR FLA3 nécessiterait un calcul explicite du nombre de crayons susceptibles d'entrer en crise d'ébullition en cas d'éjection de grappe et conduirait à un résultat proche de la valeur d'acceptation de 10 %, vous devriez 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 présentée dans le rapport de sûreté de l'EPR FLA3.

J. Interaction pastille-gaine (IPG)

Les études d'IPG disposent de règles d'études particulières, détaillées dans le chapitre 19 du RDS. Les études du risque de rupture de gaine par IPG seront intégrées dans le chapitre 15 du RDS au plus tard à l'échéance de remise du dossier de fin de démarrage, conformément aux demandes formulées dans le courrier en référence [5].

L'ASN note par ailleurs que l'hypothèse de recharges constituées de 80 assemblages neufs prise en compte dans le RDS ne permet pas de couvrir explicitement l'ensemble des recharges en combustible que vous envisagez, notamment le cas des recharges constituées de quatre assemblages neufs en moins. L'ASN rappelle que, vis-à-vis du risque d'IPG, vous avez développé une démarche simplifiée pour tenir compte de la variabilité des plans de chargement mise en œuvre sur les réacteurs en exploitation (Cf. référence [43]). Le premier cas d'application de cette démarche, concernant la gestion PARITE-MOX, montre que la variabilité des recharges mises en œuvre peut conduire, dans certaines situations, à dégrader le bilan de marges par rapport au risque d'IPG évalué avec le plan de référence à l'équilibre de la gestion, y compris pour une recharge neuve réduite de quatre assemblages.

Vous avez de plus précisé dans le courrier en référence [24] que « *la déclinaison de la démarche IPG variabilité sur EPR FA3 n'était pas planifiée à court-terme* », compte tenu de « *la variabilité limitée des campagnes de la gestion FA3 et des analyses IPG réalisées sur les premiers cycles* », mais qu'elle pourrait être envisagée à terme. **L'ASN rappelle néanmoins que, dans l'hypothèse où vous mettriez en place sur l'EPR FLA3 une recharge combustible non couverte par la démonstration du risque IPG, des restrictions d'exploitation seraient mises en place (vis-à-vis notamment du fonctionnement prolongé à puissance intermédiaire) en l'absence de justification complémentaire dans les études IPG.**

K. Conséquences radiologiques

Le RDS de l'EPR FLA3 précise, dans le cadre des EPS de niveau 2, que les accidents avec 100 % de rupture des gaines et un confinement intègre conduisent à des doses à 7 jours à 500 mètres inférieures à 50 mSv. L'ASN note que vous avez précisé dans le courrier en référence [24] que ces doses sont en réalité inférieures à 10 mSv (de l'ordre de 2,1 mSv). Par conséquent, ces accidents ne nécessitent pas la mise en place d'action de protection des populations en phase d'urgence. L'ASN estime que cette précision mériterait d'être incluse dans le RDS de l'EPR FLA3.

Observation K-1 : L'ASN estime que vous devriez préciser dans le RDS de l'EPR FLA3 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 d'action de protection des populations vivant au voisinage de la centrale.

Les accidents de retrait de grappe, de RTV et de blocage de rotor d'une pompe primaire prennent pour hypothèse un délai de 10 heures avant le refroidissement par le système de refroidissement à l'arrêt. Ce délai ne représentant pas un critère de sûreté, vous avez effectué une étude de sensibilité avec un délai plus important (24 heures), non référencée dans le rapport de sûreté.

Observation K-2 : L'ASN estime que l'étude de sensibilité relative au délai pour atteindre les conditions de connexion du circuit de refroidissement à l'arrêt du réacteur pour les transitoires de retrait de grappe, de RTV et de blocage de rotor d'une pompe primaire devrait être référencée dans le RDS de l'EPR FLA3.