



**Avis n° 2019-AV-0329 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2019
relatif au dossier d'options de sûreté présenté par EDF pour le projet de réacteur
EPR nouveau modèle (EPR NM) et à son évolution de configuration EPR 2**

L'Autorité de sûreté nucléaire,

Vu le code de l'environnement, notamment le titre IX de son livre V et son article R. 593-14 ;

Vu le code de la santé publique, notamment son article L. 1333-2 ;

Vu l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base ;

Vu la décision n° 2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 relative au rapport de sûreté des installations nucléaires de base ;

Vu la règle fondamentale de sûreté du 5 août 1980 relative à la prise en compte des risques liés aux chutes d'avions (RFS I.2.a) ;

Vu le guide de l'Autorité de sûreté nucléaire n° 22 du 18 juillet 2017 relatif à la conception des réacteurs à eau sous pression ;

Vu le courrier d'EDF du 15 avril 2016 sollicitant l'avis de l'Autorité de sûreté nucléaire sur les options de sûreté du projet de réacteur EPR NM ;

Vu les courriers d'EDF référencés ENM-PPPPPP-00006-ASNDCN du 30 janvier 2018, ENM-PPPPPP-00004-ASNDCN du 31 janvier 2018, ENM-PPPPPP-00007-ASNDCN du 26 février 2018, ENM-PPPPPP-00008-ASNDCN du 26 février 2018 et ENM-PPPPPP-00003-ASNDCN du 28 février 2018 ;

Vu les courriers de l'Autorité de sûreté nucléaire référencés CODEP-DCN-2014-045577 du 24 octobre 2014, CODEP-DCN-2017-008688 du 9 mars 2017 et CODEP-DCN-2019-010454 du 27 mai 2019 ;

Vu l'avis du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires référencé CODEP-MEA-2018-0004138 du 15 janvier 2018 ;

Vu les observations d'EDF en date du 31 mai 2019 ;

Vu les résultats de la mise à disposition du public du dossier d'options de sûreté du projet de réacteur EPR NM et de la consultation du public sur le projet du présent avis menées du 13 mai au 2 juin 2019 ;

Considérant que, par courrier du 15 avril 2016 susvisé, EDF a sollicité l'avis de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sur le dossier d'options de sûreté, comprenant le référentiel technique de sûreté et les choix de conception, du projet de réacteur nucléaire à eau sous pression EPR NM ; qu'EDF a mis à jour ce dossier par courrier du 26 février 2018 susvisé ;

Considérant que l'Agence internationale de l'énergie atomique, l'association des responsables d'autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest (WENRA) et l'ASN ont formulé des recommandations pour la conception des nouveaux réacteurs à eau sous pression ; qu'il importe que le projet de réacteur EPR NM les prenne en compte afin d'assurer la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement ;

Considérant que le projet de réacteur EPR NM doit prendre en compte les enseignements tirés de la conception, de la réalisation, des essais et des premières années de fonctionnement des réacteurs de type EPR situés en France et à l'étranger ;

Considérant que le référentiel de sûreté devra, le cas échéant, être adapté pour tenir compte des évolutions de la réglementation et des recommandations internationales au moment où sera envisagée la construction d'un réacteur de type EPR NM ;

Considérant qu'EDF a informé l'ASN par courrier du 30 janvier 2018 susvisé de son intention de faire évoluer la configuration technique retenue dans le dossier d'options de sûreté du projet de réacteur EPR NM ; que la majorité des options de conception de la nouvelle configuration technique retenue, appelée EPR 2, sont similaires à celles du projet de réacteur EPR NM ; que les observations formulées par l'ASN dans le présent avis sur le projet de réacteur EPR NM sont pour la plupart transposables au projet de réacteur EPR 2,

Rend l'avis suivant :

A. Concernant les objectifs généraux de sûreté

Les objectifs généraux de sûreté retenus pour le projet de réacteur EPR NM sont cohérents avec ceux définis par le guide du 18 juillet 2017 susvisé, qui reprend notamment les objectifs de sûreté définis en 2010 pour les nouveaux réacteurs par l'association WENRA, ce qui est satisfaisant.

L'ASN note qu'EDF a retenu les mêmes objectifs généraux de sûreté pour le projet de réacteur EPR NM que pour le réacteur EPR et que l'exigence de résistance aux agressions extrêmes d'origine naturelle a été intégrée dès la conception.

D'une manière générale, l'ASN considère que le niveau de sûreté d'un nouveau réacteur doit être, au minimum, équivalent à celui du réacteur EPR de Flamanville.

Enfin, l'ASN note qu'EDF a retenu, comme objectifs associés aux évaluations des conséquences radiologiques, les valeurs limites réglementaires d'exposition annuelle des travailleurs exposés et du public. L'ASN rappelle que l'article L. 1333-2 du code de la santé publique exige l'application du principe

d'optimisation des expositions des personnes aux rayonnements ionisants. L'ASN considère que ce principe doit être mis en œuvre dès la conception d'un nouveau réacteur.

B. Concernant le référentiel de sûreté

L'ASN considère que le référentiel de sûreté retenu pour le projet de réacteur EPR NM est globalement satisfaisant, notamment au regard de la réglementation, du guide du 18 juillet 2017 susvisé et des recommandations internationales.

En particulier, l'ASN considère que le référentiel de sûreté retenu n'appelle, à ce stade, pas d'observation pour ce qui concerne :

- la démarche générale de conception et les objectifs définis pour chaque niveau de défense en profondeur, au sens de l'article 3.1 de l'arrêté du 7 février 2012 susvisé ;
- la démarche d'élaboration de la liste des conditions de fonctionnement de référence ;
- les caractéristiques associées aux conditions de fonctionnement avec fusion du cœur ;
- la démarche de qualification des systèmes, structures et composants aux conditions accidentelles ;
- la démarche relative aux cumuls d'agressions ;
- l'approche de sûreté pour le traitement des accidents graves ;
- la démarche de prise en compte des dimensions organisationnelles et humaines lors de la conception.

C. Concernant les options de conception

La conception du projet de réacteur EPR NM est en grande partie fondée sur celle du réacteur EPR de Flamanville. EDF a souhaité néanmoins apporter des évolutions significatives pour simplifier la conception et la construction de l'installation, comme le recours à une enceinte à simple paroi, la suppression du bâtiment des auxiliaires nucléaires ou la suppression de la possibilité de réaliser des opérations de maintenance dans le bâtiment du réacteur pendant son exploitation en puissance, ce qui obligera l'exploitant à les réaliser pendant les phases d'arrêt du réacteur. Par ailleurs, EDF a fait évoluer l'architecture des systèmes supports. En particulier, EDF prévoit une source froide diversifiée et indépendante de la source froide principale, d'une technologie différente de celle retenue pour le réacteur EPR de Flamanville. De plus, des systèmes de sauvegarde et supports sont dédiés aux accidents avec fusion du cœur.

L'ASN considère qu'il aurait été souhaitable que la prise en compte du retour d'expérience conduise à réinterroger plus largement la conception, par exemple pour réduire les risques de bipasse du confinement inhérents à la conception de certains systèmes de sûreté ou encore pour rendre plus robuste la conception de systèmes participant à la gestion à long terme des accidents avec fusion du cœur.

L'ASN souligne, en outre, que des échanges approfondis entre EDF et l'ASN seront nécessaires sur la simplification de la conduite en fonctionnement normal et accidentel.

Par ailleurs, le dossier d'options de sûreté du projet de réacteur EPR NM prévoit l'application d'une démarche d'exclusion de rupture à certaines tuyauteries des circuits primaires et secondaires principaux. La démarche d'exclusion de rupture appliquée aux tuyauteries consiste, dans son principe, à ne pas étudier, dans la démonstration de sûreté nucléaire, les conséquences de la rupture d'une tuyauterie parce que cette rupture est rendue extrêmement improbable avec un haut degré de confiance. Ceci doit conduire à renforcer les deux premiers niveaux de la défense en profondeur mentionnée à l'article 3.1 de

l'arrêté du 7 février 2012 susvisé, car aucune disposition n'est mise en place, au titre du troisième niveau, pour limiter les conséquences d'une défaillance des niveaux précédents. Le recours à cette démarche, structurante en termes de conception, doit être examiné dès la phase initiale de conception du réacteur. Le dossier d'options de sûreté du projet de réacteur EPR NM déposé par EDF ne justifie pas suffisamment les avantages et inconvénients d'une telle démarche pour la sûreté et la radioprotection. Par ailleurs, le dossier d'options de sûreté ne présente pas les éléments qui permettront de justifier la haute qualité de conception, de fabrication et de suivi en service de ces tuyauteries. L'ASN considère que le recours à la démarche d'exclusion de rupture de ces tuyauteries des circuits primaire et secondaires n'est pas acceptable, à ce stade, en l'absence de ces éléments et des justifications demandées au point 4 de l'annexe 1 au présent avis.

De manière plus générale, les positions de l'ASN sur les options de conception du projet de réacteur EPR NM figurent en annexe 1 au présent avis.

D. Concernant les critères de choix du site d'implantation

Le dossier d'options de sûreté du projet de réacteur EPR NM s'appuie, pour les paramètres liés au site d'implantation, sur des hypothèses permettant de couvrir une gamme de sites possibles en France, qui devront être actualisées une fois le site retenu.

Les critères de choix du site d'implantation devront tenir compte des avantages et inconvénients potentiels en matière de protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement, en particulier, en application du II de l'article 3.1 de l'arrêté du 7 février 2012 susvisé, en ce qui concerne les risques d'origine naturelle ou industrielle pesant sur l'installation du fait de son environnement.

E. Concernant la demande d'autorisation de création

L'article R. 593-18 du code de l'environnement dispose que « *si l'installation correspond à un modèle dont les options de sûreté ont fait l'objet d'un avis de l'Autorité de sûreté nucléaire [...], la version préliminaire du rapport de sûreté identifie les questions déjà étudiées dans ce cadre, les études complémentaires effectuées et les justifications complémentaires apportées, notamment celles demandées par l'Autorité de sûreté nucléaire dans son avis. Le cas échéant, elle présente les modifications ou compléments apportés aux options ayant fait l'objet de l'avis de l'autorité* ».

Par ailleurs, la demande d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base devra présenter un niveau de détail permettant, conformément aux dispositions de l'article 3.1.6 de l'annexe de la décision du 17 novembre 2015 susvisée, d'avoir la raisonnable assurance que la démonstration de sûreté nucléaire sera confirmée au moment de la remise de la version du rapport de sûreté établie pour la demande d'autorisation de mise en service de l'installation.

La demande d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base devra préciser comment ont été pris en compte les enseignements tirés de la conception, de la réalisation, des essais et des premières années de fonctionnement des réacteurs de type EPR situés en France et à l'étranger.

Elle devra également démontrer la capacité de l'exploitant à détecter d'éventuels écarts qui pourraient intervenir lors de la construction avant qu'une remise en conformité ne devienne particulièrement difficile.

Enfin, conformément aux dispositions de l'arrêté du 7 février 2012 susvisé, la demande d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base, devra identifier, parmi les activités engagées préalablement à

la date de dépôt de cette demande, celles qui constituent des activités importantes pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement. Ce dossier devra justifier que ces dernières ont été réalisées dans le respect des dispositions définies par le titre II de cet arrêté, notamment celles relatives à la surveillance des intervenants extérieurs.

F. Concernant la durée de validité du présent avis

L'ASN considère que le présent avis reste valable en l'absence d'évolutions technologiques susceptibles d'améliorer la sûreté, d'évolution des connaissances susceptible de faire évoluer la démonstration de sûreté nucléaire, d'évènement majeur ou d'évolution de la réglementation ou des recommandations françaises et internationales.

G. EPR 2

Par courrier du 30 janvier 2018 susvisé, EDF a informé l'ASN de l'évolution de la configuration technique du projet de réacteur EPR NM vers une nouvelle configuration dénommée EPR 2.

La position de l'ASN sur les options mentionnées dans le courrier du 30 janvier 2018 susvisé figure en annexe 2 au présent avis.

*
* *

Le présent avis sera complété par une lettre adressée à EDF précisant les justifications complémentaires nécessaires à une éventuelle demande d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base.

Fait à Montrouge le 16 juillet 2019.

Le collègue de l'Autorité de sûreté nucléaire,

Signé par

Bernard DOROSZCZUK

Sylvie CADET-MERCIER

Philippe CHAUMET-RIFFAUD

Lydie EVRARD

Jean-Luc LACHAUME

**Annexe 1 à l'avis n° 2019-AV-0329 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2019
relatif au dossier d'options de sûreté présenté par EDF
pour le projet de réacteur EPR nouveau modèle (EPR NM) et à son évolution de
configuration EPR 2**

1 Puissance du réacteur

La puissance thermique nominale du projet de réacteur EPR NM est de 4850 MWth, soit environ 1750 MWe. Compte tenu de l'augmentation de puissance par rapport au réacteur EPR de Flamanville, certaines évolutions doivent être apportées à la conception. C'est en particulier le cas des gros composants, comme les générateurs de vapeur dont le volume doit être augmenté.

Le retour d'expérience du réacteur EPR de Flamanville montre les difficultés liées à la conception et à la fabrication des gros composants des circuits primaire et secondaires principaux. L'augmentation de la taille de ces composants nécessiterait le développement de nouveaux procédés de fabrication, dont la maîtrise n'est à ce jour pas démontrée.

Par ailleurs, l'ASN considère que certaines des modifications de la conception nécessaires à l'augmentation de la puissance du cœur du réacteur sont de nature à réduire les marges de sûreté. L'ASN n'est donc pas favorable à une telle augmentation de puissance.

2 Classement de sûreté

La démarche de classement de sûreté retenue pour déterminer les exigences applicables aux structures, systèmes et composants est conforme aux recommandations du guide du 18 juillet 2017 susvisé et est satisfaisante.

Toutefois, l'ASN considère que cette démarche devra être complétée pour tenir compte des matériels dont la défaillance n'est pas postulée dans la démonstration de sûreté nucléaire alors que celle-ci pourrait conduire à des scénarios d'agression. À cet égard, comme l'ASN l'a demandé pour le réacteur EPR de Flamanville dans son courrier du 24 octobre 2014 susvisé, un classement de sûreté approprié, comportant notamment des exigences de suivi en service adaptées, devra leur être attribué.

Par ailleurs, l'ASN considère que les dispositions nécessaires à la prévention des situations accidentelles susceptibles de conduire à des rejets importants hors du site avec une cinétique qui ne permettrait pas la mise en œuvre à temps des mesures nécessaires de protection des populations (ou situations « pratiquement éliminées ») doivent faire l'objet d'un classement de sûreté approprié, comportant notamment les exigences de conception, de qualification et de suivi en service adaptées. L'ASN note l'engagement d'EDF d'appliquer un classement de sûreté aux fonctions nécessaires à la prévention des situations « pratiquement éliminées ». La justification du niveau de classement retenu devra faire l'objet d'échanges approfondis.

Enfin, le dossier d'options de sûreté prévoit, pour certains équipements, des dérogations à la démarche de classement de sûreté, sans apporter de justification. L'ASN considère que de telles exceptions doivent être limitées autant que possible et faire l'objet de justifications.

3 Conditions de fonctionnement de référence

L'un des objectifs généraux de sûreté poursuivi étant de limiter autant que raisonnablement possible les conséquences radiologiques des accidents, l'ASN considère que les exigences suivantes doivent être prises en compte à la conception pour les conditions de fonctionnement de catégorie 3, au sens du guide du 18 juillet 2017 susvisé :

- la fusion des pastilles de combustible au point chaud du cœur doit être évitée, au sens du guide du 18 juillet 2017 susvisé ;
- le nombre des crayons susceptibles d'entrer en crise d'ébullition doit être limité.

Par ailleurs, les exigences et les critères d'acceptation retenus relatifs à la tenue du combustible devront permettre de répondre, pour le projet de réacteur EPR NM, aux demandes relatives aux études d'accident formulées par l'ASN pour le réacteur EPR de Flamanville et à la suite de l'instruction relative aux critères de tenue du combustible menée pour les réacteurs en fonctionnement d'EDF formulées dans son courrier du 27 mai 2019 susvisé.

Enfin, l'ASN considère que, conformément à l'article 6.1.2 du guide du 18 juillet 2017 susvisé, un objectif de maintien de la sous-criticité après un arrêt automatique du réacteur doit être retenu. Un retour éventuel en criticité ne peut être admis que dans certaines situations peu fréquentes. Il doit alors être de courte durée et conduire à une puissance neutronique faible. Il doit faire l'objet d'une justification particulière.

4 Application de la démarche d'exclusion de rupture aux tuyauteries primaires et secondaires principales

Le dossier d'options de sûreté du projet de réacteur EPR NM prévoit l'application d'une démarche d'exclusion de rupture aux tuyauteries primaires principales et aux tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur des circuits secondaires principaux, sans justifier de manière approfondie les avantages et les inconvénients de ce choix de conception pour la sûreté et la radioprotection prévue par l'article 5.2.4.2 du guide du 18 juillet 2017 susvisé.

Par ailleurs, le référentiel d'application de cette démarche pour le projet de réacteur EPR NM, destiné à atteindre une haute qualité de conception, de fabrication et de suivi en service et une haute confiance dans cette qualité, n'a pas été transmis à l'ASN lors de l'instruction du dossier d'options de sûreté.

L'ASN considère que la justification prévue par l'article 5.2.4.2 du guide du 18 juillet 2017 susvisé doit notamment expliciter l'impact de l'application de cette démarche sur l'installation et sur la démonstration de sûreté nucléaire. En particulier, les scénarios accidentels qui auraient dû être étudiés au titre du troisième niveau de la défense en profondeur ainsi que les dispositions qui en auraient résulté pour en limiter les conséquences devront être identifiés. Cette justification doit également permettre de juger de la nécessité de la mise en place de ces dispositions de limitation des conséquences, comme par exemple d'exutoires de pression ou de dispositifs de maintien des tuyauteries, quand bien même la démarche d'exclusion de rupture serait retenue.

De plus, le retour d'expérience de la fabrication des tuyauteries des circuits secondaires principaux du réacteur EPR de Flamanville montre que l'objectif de qualité de fabrication peut ne pas être atteint ou être difficile à vérifier. Compte tenu de ces enseignements, l'ASN considère qu'EDF doit définir les modalités pour démontrer l'atteinte de l'objectif de haute qualité de conception, de fabrication et de suivi en service et de la haute confiance dans cette qualité.

Enfin, l'ASN considère que le recours à une démarche d'exclusion de rupture est conditionné à la capacité de l'exploitant de s'assurer de la correcte déclinaison opérationnelle par ses prestataires du référentiel

d'exclusion de rupture. Cette démonstration doit aborder aussi bien les aspects techniques que les aspects organisationnels. Elle doit en particulier démontrer la capacité de l'exploitant à détecter d'éventuels écarts de mise en œuvre de la démarche avant qu'une remise en conformité ne devienne particulièrement difficile.

L'ASN prendra position sur l'acceptabilité du recours à une démarche d'exclusion de rupture pour les tuyauteries primaires principales et les tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur des circuits secondaires principaux après l'examen de la justification de ce choix, de son référentiel d'application et de ses modalités de mise en œuvre tenant compte des enseignements du réacteur EPR de Flamanville. Ces éléments devront être transmis à l'ASN au plus tôt et dans tous les cas en amont d'une demande d'autorisation de création.

5 Démarche de prise en compte des agressions

5.1 Prise en compte à la conception des agressions d'origine interne

La démarche de conception de l'installation vis-à-vis des agressions d'origine interne nécessite des compléments en ce qui concerne la maîtrise des risques dus à l'incendie, à l'explosion et à l'émission de projectiles.

5.1.1 Incendie

Les principes de conception présentés dans le dossier d'options de sûreté en matière de maîtrise des risques dus à l'incendie sont trop généraux pour pouvoir déterminer si la conception qui découlera de ces principes sera acceptable. Les études probabilistes menées pour les réacteurs en fonctionnement d'EDF montrent que le risque d'incendie est un contributeur important au risque global de fusion du cœur. À cet égard, l'ASN considère que la conception du projet de réacteur EPR NM doit permettre de réduire les risques dus à l'incendie et leur contribution au risque global de fusion du cœur.

Les principes de conception pour ce qui concerne la prévention des risques liés à l'incendie et la limitation de ses conséquences ainsi que les modalités de démonstration de la maîtrise de ces risques doivent être définis au plus tôt. L'ASN note qu'EDF s'est engagée à transmettre ces informations en amont d'une demande d'autorisation de création, ce qui est satisfaisant.

5.1.2 Explosion

Le dossier d'options de sûreté ne présente pas les dispositions de conception associées à la maîtrise du risque d'explosion.

L'ASN souligne l'importance de la conception pour la prévention des risques liés à une explosion d'origine interne et la limitation de ses conséquences.

L'ASN note qu'EDF s'est engagée à transmettre, en amont d'une demande d'autorisation de création, la démarche de maîtrise des risques liés à une explosion d'origine interne ainsi que les options de conception retenues pour prévenir ce risque et limiter ses conséquences.

5.1.3 Émission de projectiles

EDF ne prévoit pas de prendre en compte de manière systématique, comme source d'émission de projectiles internes potentiels, les défaillances de composants dits « à haute énergie », c'est-à-dire les composants dans lesquels circule un fluide sous une pression importante ou à une température élevée,

lorsque leur qualité de conception et de fabrication est jugée suffisante. EDF propose d'étudier la défaillance d'un nombre limité et représentatif de ces composants.

L'ASN considère, au titre de la défense en profondeur, que l'attribution d'exigences de haute qualité de conception et de fabrication à des composants dits « à haute énergie » n'est pas une condition suffisante pour exclure leur défaillance dans le cadre des études d'agression.

5.2 Prise en compte à la conception des agressions externes

5.2.1 Chute accidentelle d'aéronef

Sur la base des considérations probabilistes prévues dans la règle fondamentale de sûreté du 5 août 1980 susvisée, le dossier d'options de sûreté du projet de réacteur EPR NM retient, au titre des agressions du domaine de conception de référence, la chute accidentelle d'un aéronef de l'aviation générale pour le dimensionnement de l'installation.

L'évolution future de l'environnement aéronautique d'un site d'implantation ne peut être anticipée avec certitude compte tenu de la durée de vie envisagée de l'installation. De plus, la protection contre la chute d'aéronef peut difficilement être améliorée au cours de la vie d'une installation. Enfin, l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi conduit à s'interroger davantage sur les événements rares, plus sévères que ceux pris en compte dans le domaine de conception de référence de l'installation et dont les conséquences pourraient être significativement plus importantes. L'ASN considère donc que la chute accidentelle d'un avion militaire et celle d'un avion commercial doivent être prises en compte lors de la conception d'un nouveau réacteur.

L'ASN souligne à ce titre que la chute accidentelle d'un aéronef militaire a été retenue à la conception du réacteur EPR de Flamanville.

Ainsi, l'ASN considère que la chute accidentelle d'un aéronef militaire doit être prise en compte au titre des agressions du domaine de conception de référence du projet de réacteur EPR NM et que des dispositions doivent être mises en œuvre afin :

- de ne pas entraîner d'accident dans l'installation au sens de l'article 3.3.3.1.4 du guide du 18 juillet 2017 susvisé. Toute exception devra être justifiée et la situation correspondante pourra être étudiée avec des règles d'étude appropriées. Cette situation ne devra pas conduire à la nécessité de mettre en œuvre des mesures de protection des populations ;
- de garantir la disponibilité d'un ensemble d'éléments importants pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement permettant l'accomplissement des fonctions de sûreté en dépit de l'ensemble des effets directs et indirects de la chute accidentelle d'un avion militaire ;
- d'éviter la remise en cause des justifications d'exclusion des événements déclencheurs ;
- de permettre l'atteinte puis le maintien d'un état sûr.

En outre, sans préjudice des dispositions du code de la défense relatives à la maîtrise des conséquences des actes de malveillance, l'ASN considère nécessaire de vérifier, au titre de la sûreté nucléaire, que les mesures de protection de la population nécessaires, en cas de chute accidentelle d'un aéronef de l'aviation commerciale, sont limitées en termes d'étendue et de durée.

5.2.2 Séisme du domaine de conception étendu - méthode pour le dimensionnement des systèmes, structures et composants

Le dossier d'options de sûreté prévoit une nouvelle démarche pour le séisme du domaine de conception étendu, fondée sur une approche probabiliste, dénommée « *design extension seismic capacity* » (DESC). Cette démarche a pour objectif de démontrer la capacité de certains systèmes, structures et composants à assurer leur fonction lors d'un séisme du domaine de conception étendu.

L'ASN considère que les méthodes du domaine de conception étendu doivent être fondées sur des méthodes déterministes qui représentent les phénomènes physiques étudiés ainsi que le comportement des structures. Les critères retenus peuvent tenir compte du caractère extrême de la situation étudiée. La méthode « *design extension seismic capacity* » n'est ainsi pas acceptable.

6 Principe d'une enceinte de confinement à simple paroi

L'enceinte de confinement du projet de réacteur EPR NM est une enceinte à simple paroi épaisse en béton précontraint. La face interne de cette enceinte est revêtue d'une peau d'étanchéité métallique.

Sans préjudice des dispositions du code de la défense relatives à la maîtrise des conséquences des actes de malveillance, l'ASN considère que le principe d'une enceinte à simple paroi épaisse est acceptable, à l'égard des fonctions de confinement et de protection contre les agressions externes d'origine naturelle ou anthropique.

7 Systèmes de sûreté

7.1 Architecture des systèmes de sûreté

Les systèmes de sûreté du projet de réacteur EPR NM requis pour la gestion des conditions de fonctionnement de référence sont généralement organisés en trois trains de sûreté. Ceci constitue une évolution majeure par rapport à la conception du réacteur EPR de Flamanville, qui retient pour ces systèmes une architecture à quatre trains de sûreté. EDF justifie ce choix par l'abandon de l'exigence de maintenance préventive de certains systèmes de sauvegarde lorsque le réacteur est en puissance.

L'ASN considère que le principe d'une architecture à trois trains des principaux systèmes de sûreté devrait permettre de respecter les objectifs de sûreté définis dans le guide du 18 juillet 2017 susvisé. Les études de sûreté détaillées devront permettre de confirmer le bien-fondé de cette option de conception ou, le cas échéant, de définir les modifications nécessaires.

7.2 Système d'aspersion de l'enceinte de confinement

Un nouveau système d'aspersion de l'enceinte de confinement (EAS) a été défini lors de la conception du projet de réacteur EPR NM afin de maintenir, en conditions accidentelles, des conditions de pression et de température compatibles avec les profils de qualification des équipements retenus pour le réacteur EPR de Flamanville. Ce système est nécessaire compte tenu de l'augmentation envisagée de la puissance du réacteur. Ce système permet également de limiter les conséquences radiologiques en cas de brèche primaire.

7.3 Système d'évacuation ultime de la puissance de l'enceinte

Le système d'évacuation ultime de la puissance de l'enceinte (EVU) est conçu pour assurer le transfert de la chaleur de l'atmosphère de l'enceinte vers la source froide ultime dans les situations accidentelles avec fusion du cœur. Il constitue ainsi le dernier recours pour maintenir la pression et la température de l'enceinte à des valeurs compatibles avec le maintien de son étanchéité et les profils de qualification des équipements situés dans le bâtiment réacteur. Son fonctionnement est nécessaire sur le long terme (supérieur à un an) pour assurer la maîtrise de la fonction de confinement et prévenir des conséquences inacceptables en termes de sûreté et de radioprotection.

EDF a proposé de valoriser des dispositions qui permettraient d'assurer l'évacuation ultime de la puissance de l'enceinte en situation d'accident grave, en cas d'indisponibilité du système EVU. L'ASN considère que la conception retenue par EDF devra garantir le confinement des substances radioactives en cas de défaillance du système d'évacuation ultime de la puissance de l'enceinte en cas d'accident grave.

7.4 Filtration

Le fonctionnement des systèmes participant à l'évacuation de la puissance de l'enceinte (EAS, EVU) ainsi que du système d'injection de sécurité (RIS-RA) repose sur une aspiration de l'eau du réservoir (IRWST) situé en fond du bâtiment du réacteur. En cas d'accident de perte de réfrigérant primaire, des débris, provenant notamment du calorifuge et des peintures, sont générés et peuvent se retrouver dans ce réservoir. Ces débris peuvent être aspirés par les systèmes d'aspersion de l'enceinte (EAS), d'injection de sécurité (RIS-RA) et d'évacuation ultime de la puissance de l'enceinte (EVU). Des dispositifs de filtration sont donc nécessaires pour prévenir l'aspiration de ces débris, qui pourraient nuire au fonctionnement de ces systèmes. Le dimensionnement de la fonction de filtration devra tenir compte des effets physiques ou chimiques en amont et en aval des dispositifs de filtration, y compris au niveau des grilles des assemblages de combustible.

Le dossier d'options de sûreté du projet de réacteur EPR NM indique que la détermination des termes sources de débris, nécessaires à la conception des dispositifs de filtration, est en cours. L'ASN considère que les choix de conception du réacteur doivent permettre de limiter, autant que possible, le terme source de débris, notamment en ce qui concerne les peintures et les calorifuges.

Enfin, la conception de la fonction filtration et les études associées devront prendre en compte les conclusions des instructions menées sur cette thématique pour le réacteur EPR de Flamanville et pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe.

7.5 Risques de bypasse du confinement

Une partie des systèmes d'évacuation ultime de la puissance de l'enceinte (EVU) et d'injection de sécurité (RIS-RA) est située hors de l'enceinte de confinement. Ces systèmes véhiculent de l'eau contaminée, ce qui peut conduire, en cas de brèche, à des risques de bypasse du confinement de l'enceinte.

L'ASN considère que les réflexions menées par EDF pour améliorer la conception de ces systèmes sont insuffisantes. L'ASN note qu'EDF s'est engagée, en amont d'une demande d'autorisation de création, à étudier les évolutions de conception possibles du système EVU et à analyser les avantages et inconvénients d'autres technologies.

L'ASN considère que des évolutions de conception du réacteur doivent être étudiées afin de réduire les risques de bypasse du confinement par ces deux systèmes.

7.6 Extension de la troisième barrière

L'extension de la troisième barrière de confinement est constituée des portions des circuits et des équipements associés extérieurs au bâtiment du réacteur qui véhiculent, en situation accidentelle, du fluide ou gaz radioactif issus de l'intérieur de l'enceinte. Ces portions de circuit sont pourvues d'organes d'isolement, qui constituent la limite de l'extension de la troisième barrière de confinement.

EDF a prévu de collecter les fuites éventuelles de ces organes et de mettre en place des dispositions relatives au contrôle de leur étanchéité interne. Le circuit de collecte de ces fuites pourrait toutefois cheminer dans la zone non contrôlée des bâtiments périphériques.

L'ASN considère qu'EDF doit définir les dispositions de conception et d'exploitation garantissant l'étanchéité des organes limitant l'extension de la troisième barrière de confinement. En outre, le cheminement des circuits dans lesquels déboucheraient des fuites internes des organes en limite d'extension de la troisième barrière ne doit pas empêcher la réalisation des actions prévues par les procédures de conduite accidentelle et doit être compatible avec la radioprotection des travailleurs. En particulier, l'ASN considère que le cheminement, dans la zone non contrôlée des bâtiments périphériques, des circuits récoltant les fuites internes des organes en limite d'extension de la troisième barrière, doit rester une exception. Les exceptions à ce principe devront être dûment justifiées.

7.7 Conception des soupapes du pressuriseur

Les soupapes de sûreté du circuit du pressuriseur ont pour fonction d'assurer la protection du circuit primaire contre les surpressions.

Le dossier d'options de sûreté ne donne aucune information concernant la conception des soupapes de sûreté du pressuriseur du projet de réacteur EPR NM.

L'ASN considère que la conception de ces soupapes doit utiliser une technologie éprouvée et respecter le critère de défaillance unique.

7.8 Organes de dépressurisation du circuit primaire principal

Les organes de dépressurisation du circuit primaire ont pour fonction de dépressuriser le circuit en situation accidentelle (conduite dite en « gavé-ouvert ») et en accident grave (AG).

Le dossier d'options de sûreté du projet de réacteur EPR NM privilégie le recours à des équipements déjà qualifiés pour le réacteur EPR de Flamanville pour assurer la fonction de dépressurisation du circuit primaire principal.

Compte tenu de l'augmentation de puissance, l'ouverture des deux lignes de dépressurisation du circuit primaire est nécessaire, en cas de perte totale de l'alimentation en eau des générateurs de vapeur, pour assurer l'efficacité de la conduite dite en « gavé-ouvert » et ainsi permettre l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur du réacteur. L'ouverture de ces lignes est réalisée par l'opérateur en salle de commande, qui doit disposer d'un temps suffisant pour réaliser cette action de manière fiable.

L'ASN note que la nécessité d'ouvrir les deux lignes de dépressurisation résulte également du choix de privilégier le recours à des équipements déjà qualifiés pour le réacteur EPR de Flamanville.

L'ASN souligne que, pour le réacteur EPR de Flamanville, l'ouverture d'une seule vanne est suffisante pour gérer, au titre du troisième niveau de la défense en profondeur, la perte totale de l'alimentation en

eau des générateurs de vapeur, ce qui permet de disposer d'une seconde ligne de dépressurisation dédiée au quatrième niveau de la défense en profondeur.

L'ASN considère que la conception des vannes de dépressurisation du circuit primaire du projet de réacteur EPR NM doit permettre l'indépendance entre les troisième et quatrième niveaux de la défense en profondeur. Cette conception doit aussi assurer que l'opérateur dispose d'un délai suffisant pour fiabiliser l'action d'ouverture de ces vannes.

7.9 Contrôle-commande

L'architecture du contrôle-commande prévue pour le projet de réacteur EPR NM est similaire à celle du réacteur EPR de Flamanville.

L'architecture générale, la déclinaison du principe de défense en profondeur et le référentiel de conception présentés dans le dossier d'options de sûreté pour le contrôle-commande n'appellent pas de remarque de l'ASN à ce stade.

Des échanges techniques approfondis entre EDF et l'ASN devront toutefois avoir lieu en amont d'une demande d'autorisation de création, tout particulièrement en cas de recours à des solutions technologiques nouvelles (nouveau modèle de plateforme de contrôle-commande ou utilisation d'un nombre important de composants électroniques programmés).

8 Instrumentation du cœur du réacteur

Plusieurs évolutions de conception de l'instrumentation du cœur ont été introduites pour le projet de réacteur EPR NM par rapport à celle mise en place pour le réacteur EPR de Flamanville.

L'instrumentation neutronique de référence retenue pour le projet de réacteur EPR NM conduit à un taux de scrutation radiale et axiale plus limité que sur le réacteur EPR et que sur les réacteurs en fonctionnement en France. L'ASN considère que l'instrumentation neutronique de référence du cœur prévue pour le projet de réacteur EPR NM ne permet pas de disposer d'informations suffisamment précises sur la distribution de puissance interne au cœur et ne répond pas aux dispositions du guide du 18 juillet 2017 susvisé, ce qui n'est pas acceptable.

Un système de mesure des positions de chaque grappe de commande a été retenu dans la conception du projet de réacteur EPR NM. Les signaux délivrés par ce système sont utilisés pour des fonctions de protection et de surveillance du réacteur. Il permettrait de détecter et de protéger le cœur lors de certains transitoires dissymétriques de réactivité faisant intervenir des mouvements de grappes, avec un déclenchement automatique de l'arrêt automatique du réacteur dès leur détection. L'ASN considère que ce système est indispensable pour le projet de réacteur EPR NM dans la mesure où, contrairement au réacteur EPR de Flamanville, les collectrons implantés dans le cœur du projet de réacteur EPR NM ne peuvent pas contribuer à la protection du cœur contre les accidents de réactivité dissymétriques dus à un mouvement intempestif de grappes.

9 Piscine de désactivation du combustible usé

9.1 Règles d'étude pour les accidents affectant la piscine de désactivation du combustible usé

L'ASN note que, contrairement aux études du domaine de conception de référence associées à la chaudière, les études relatives à l'entreposage et à la manutention de combustible ne cumulent pas systématiquement un manque de tension électrique externe avec un événement initiateur, un aggravant et une indisponibilité pour maintenance préventive. Ce cumul n'est réalisé que lorsque la défaillance postulée comme événement initiateur affecte un équipement non dimensionné au séisme de référence.

Le guide du 18 juillet 2017 susvisé rappelle qu'« *une bonne pratique de conception est d'étudier les conditions de fonctionnement de référence, à l'exception de celles qui résultent d'une action humaine, en postulant leur cumul avec la perte des alimentations électriques externes.* ». L'absence de cumul d'un manque de tension électrique externe dans ces études pourrait conduire à ne pas requérir d'alimentation électrique de secours pour l'ensemble des moyens permettant de gérer les accidents étudiés dans ce domaine. Par ailleurs, le guide du 18 juillet 2017 susvisé dispose que « *dans les études retenant ce cumul seuls les EIP¹ qui restent opérationnels pendant ou après la survenue d'un séisme peuvent être retenus dans la démonstration de sûreté nucléaire* ». La mise en œuvre de pratiques différentes devra être justifiée par l'atteinte des mêmes objectifs.

Par ailleurs, certaines situations accidentelles étudiées dans le domaine de conception de référence pourraient conduire, temporairement, à l'ébullition de l'eau de la piscine de désactivation du combustible usé. Ces situations doivent être limitées et justifiées et ne doivent pas conduire au découvrage des assemblages de combustible.

En outre, l'ASN note que, pour les conditions de fonctionnement de référence relatives à la piscine de désactivation du combustible usé, le critère retenu dans les études pour la définition de l'état sûr est l'absence d'ébullition, ce qui est satisfaisant.

9.2 Conception

EDF retient pour le projet de réacteur EPR NM des options de conception qui visent à rendre extrêmement improbables, avec un haut niveau de confiance, les situations de fusion de combustible entreposé dans la piscine de désactivation du combustible.

L'ASN considère que, dans l'état actuel des connaissances, l'approche d'EDF est acceptable. Les justifications concernant le caractère hautement improbable avec un haut degré de confiance du risque de fusion du combustible dans le bâtiment d'entreposage et de manutention du combustible devront faire l'objet d'une attention particulière. Des justifications sont notamment attendues concernant les ruptures de tuyauteries non isolables et la capacité des trains du système de refroidissement des piscines à démarrer en situation d'ébullition de l'eau de la piscine de désactivation du combustible usé.

L'ASN rappelle que la configuration topographique du site de Flamanville a permis de retenir, comme source ultime d'appoint en eau pour le réacteur EPR, un bassin de grande capacité qui permet de réaliser un appoint gravitaire à la piscine de désactivation de combustible usé. Cette solution, qui permet de renforcer la prévention de la fusion de combustible dans cette piscine, présente l'intérêt de s'affranchir d'équipements actifs pour son fonctionnement. L'ASN considère que cette option de conception doit être mise en œuvre si elle apparaît raisonnablement possible.

¹ EIP : élément important pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement

Les avantages et inconvénients des dispositions envisageables de nature à limiter les conséquences d'une fusion de combustible dans la piscine de désactivation du combustible usé ont été présentés au cours de l'instruction. Compte tenu de l'état actuel des connaissances sur les phénomènes consécutifs au dénoyage d'un ou plusieurs assemblages de combustible usé, EDF considère que la limitation des effets d'une fusion de combustible dans le bâtiment d'entreposage et de manutention du combustible n'apparaît pas raisonnablement possible.

Toutefois, l'ASN considère que la recherche d'options de conception visant la limitation des effets d'une fusion, notamment la dispersion de substances radioactives, dans le bâtiment d'entreposage et de manutention du combustible, complémentaires aux dispositions déjà prévues, doit se poursuivre.

10 Limitation de la dispersion de substances dangereuses par le sol et les eaux souterraines

La démarche de conception retenue pour le projet de réacteur EPR NM consiste à prévenir autant que raisonnablement possible le risque de dissémination d'éléments radioactifs en dehors du site par le sol et les eaux souterraines, en cas d'accident conduisant à des fuites liquides. Compte tenu de ces dispositions, EDF considère que les risques de dissémination d'éléments radioactifs sont suffisamment peu probables pour qu'il ne soit pas nécessaire de prévoir la mise en place de moyens de gestion des fuites liquides comme, par exemple, une barrière étanche dans le sol.

L'ASN souligne que la contamination des eaux souterraines, qui peut potentiellement concerner une zone géographique très étendue, pourrait conduire à remettre en cause les objectifs visés en matière d'impact radiologique d'un accident. Par ailleurs, le retour d'expérience de l'accident de Fukushima Daiichi a mis en évidence les difficultés pour gérer les importants volumes d'eau contaminée susceptibles de résulter d'un accident grave.

En outre, des pollutions des eaux souterraines résultant d'écoulements accidentels de substances dangereuses liquides ont été observées sur plusieurs réacteurs actuellement en fonctionnement.

L'ASN considère donc nécessaire de retenir, comme objectif, la limitation de la dissémination de substances dangereuses, de nature radiologique ou non, en dehors du site, par le sol et les eaux souterraines, en cas de situation incidentelle ou accidentelle conduisant à des fuites liquides.

Afin de garantir le respect de l'objectif de limitation de la dissémination de substances dangereuses, des dispositions de pompage, de traitement et d'entreposage des effluents associés doivent être prévues dans l'objectif de collecter les fuites liquides liées aux bâtiments périphériques de l'îlot nucléaire.

À cet égard, l'ASN note que, lors de la construction, les conditions géotechniques locales rendent fréquemment nécessaire la réalisation d'une enceinte géotechnique pour le chantier. L'ASN souligne l'intérêt de conserver les fonctionnalités de cette enceinte lors des phases de fonctionnement et de démantèlement.

**Annexe 2 à l'avis n° 2019-AV-0329 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2019
relatif au dossier d'options de sûreté présenté par EDF
pour le projet de réacteur EPR nouveau modèle (EPR NM) et à son évolution de configuration
EPR 2**

La configuration du projet de réacteur EPR 2 est globalement similaire au projet de réacteur EPR NM, hormis en ce qui concerne les points suivants :

- le niveau de puissance, qui est plus faible pour le projet de réacteur EPR 2 ;
- les assemblages de combustible, qui seront identiques à ceux du réacteur EPR de Flamanville ;
- le type de grappes de contrôle, qui sera identique à celui du réacteur EPR de Flamanville ;
- l'instrumentation du cœur de référence et de protection, qui sera identique à celle du réacteur EPR de Flamanville. En particulier, EDF ne retient pas le système de mesure des positions de chaque grappe de commande pour le projet de réacteur EPR 2 ;
- le système d'aspersion de l'enceinte de confinement pour limiter la pression et la température à l'intérieur de l'enceinte de confinement en situation accidentelle qui n'est pas retenu par EDF pour le projet de réacteur EPR 2.

Tous les points de l'annexe 1 du présent avis sont applicables au projet de réacteur EPR 2, à l'exception du point 1 relatif au niveau de puissance, du point 7.1.2 relatif au système d'aspersion de l'enceinte de confinement et du point 8 relatif à l'instrumentation.

L'ASN considère que certaines options de conception du projet de réacteur EPR 2 méritent une analyse particulière :

1 Systèmes de sûreté

1.1 Système d'aspersion de l'enceinte de confinement

Le système d'aspersion de l'enceinte de confinement (EAS) introduit dans la conception du projet de réacteur EPR NM n'est pas retenu pour la conception du projet de réacteur EPR 2 compte tenu de la puissance thermique réduite de ce réacteur.

L'ASN considère que ce système permettrait de renforcer l'indépendance entre les troisième et quatrième niveaux de la défense en profondeur. L'ASN considère qu'une analyse des avantages et inconvénients pour la sûreté du maintien de ce système pour le projet de réacteur EPR 2 devra être menée.

1.2 Organes de dépressurisation du circuit primaire

EDF n'a pas transmis d'information à l'ASN sur la solution de conception envisagée pour les organes de dépressurisation du circuit primaire du projet de réacteur EPR 2.

L'ASN considère que la conception des vannes de dépressurisation du circuit primaire du projet de réacteur EPR 2 doit permettre l'indépendance entre les troisième et quatrième niveaux de la défense en profondeur. Cette conception doit aussi assurer que l'opérateur dispose d'un délai suffisant pour fiabiliser l'efficacité de la conduite dite en « gavé-ouvert ».

L'ASN souligne par ailleurs que la capacité des organes de dépressurisation du circuit primaire mérite une attention particulière de façon à garantir l'élimination pratique des séquences de fusion du cœur à haute pression.

2 Instrumentation du cœur du réacteur

Le système de mesure des positions de chaque grappe de commande introduit dans la conception du projet de réacteur EPR NM n'est pas retenu pour la conception du projet de réacteur EPR 2.

L'ASN considère que le système de mesure des positions de chaque grappe de commande constitue une avancée notable en termes de sûreté. L'ASN considère qu'une analyse des avantages et des inconvénients du maintien de ce système pour le projet de réacteur EPR 2 devra être menée.