

Fontenay-aux-Roses, le 20 juin 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00167

Objet : Réacteur EPR Flamanville 3 (INB 167) - Examen du rapport de sûreté en vue de son autorisation de mise en service

Réf. Lettre ASN - CODEP-DCN-2018-003801 du 6 juin 2018

En vue de la mise en service du réacteur EPR Flamanville 3 (EPR-FA3), Électricité de France (EDF) a déposé le 16 mars 2015, auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), une demande d'autorisation accompagnée d'un dossier comportant notamment le rapport de sûreté (RDS) et les règles générales d'exploitation (RGE) de l'installation. Ce dossier a depuis fait l'objet de deux mises à jour, dont la dernière date de juin 2017.

Plusieurs réunions du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) et plusieurs avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) ont d'ores et déjà été consacrés à l'examen des dispositions de sûreté de cette installation dans le cadre de l'instruction de la demande de mise en service précitée.

Par lettre citée en référence, l'ASN souhaite recueillir l'avis de l'IRSN sur :

- les suites données par EDF aux demandes formulées par l'ASN et aux engagements qu'EDF a pris à la suite des réunions du GPR relatives à l'organisation et aux moyens de conduite (juin 2015), à la gestion des accidents graves et aux études probabilistes de sûreté de niveau 2 (octobre 2015), à la sûreté de la manutention et de l'entreposage du combustible (mars 2016), aux études d'accidents (juin et juillet 2016) et à la conception des systèmes et à la protection contre les effets des agressions (décembre 2016) ;
- les hypothèses de la démonstration de sûreté relatives à la courbe d'insertion des grappes de contrôle du réacteur et à leur temps de chute en cas de séisme ;

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

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre 8 440 546 018

- la conception des systèmes de filtration de l'eau de l'IRWST (réservoir d'eau borée situé au fond de bâtiment du réacteur) en situation d'accident grave.

Les conclusions de l'analyse de l'IRSN sont présentées ci-dessous. Sont respectivement abordés :

- les conditions de fonctionnement du réacteur ;
- la maîtrise des effets des agressions internes et externes ;
- les études probabilistes de sûreté ;
- le classement de sûreté des structures, systèmes et composants du réacteur ;
- la conception des systèmes de sûreté de la chaudière ;
- la sûreté de l'entreposage et de la manutention du combustible ;
- l'organisation et les moyens de conduite.

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DU RÉACTEUR

La démonstration de sûreté du réacteur EPR-FA3 présentée dans le RDS est établie sur la base d'une démarche déterministe complétée par un éclairage probabiliste ; elle comporte différentes études d'accidents. Ces dernières ont été réalisées avec des règles adaptées et s'appuient sur des méthodes, des logiciels de calcul, des hypothèses d'études et des critères d'acceptation qui ont fait l'objet d'analyses de la part de l'IRSN. Elles doivent permettre de justifier le bon dimensionnement des systèmes de protection et de sauvegarde du réacteur (conditions de fonctionnement de référence - PCC), le caractère suffisant des dispositions prises pour limiter la fréquence de fusion du cœur due aux situations pouvant résulter de défaillances multiples (conditions de réduction des risques - RRC-A) ainsi que l'adéquation des actions de conduite prévues dans les règles générales d'exploitation et d'apprécier le respect des objectifs de limitation des conséquences radiologiques fixés pour le réacteur, y compris en cas de fusion du cœur (conditions de réduction du risque - RRC-B).

S'agissant des études des **conditions de fonctionnement de référence (PCC)**, des compléments étaient attendus de la part d'EDF concernant les règles et critères applicables aux études d'accidents hors piscine de désactivation (mise à jour et consolidation de la justification de la liste des conditions PCC, vérification de la maîtrise de la réactivité pour les PCC de refroidissement incontrôlé les plus fréquents et ceux survenant quand le réacteur est à l'arrêt), les hypothèses des études PCC (insertion des grappes pendant l'arrêt automatique du réacteur (AAR), domaine de validité de la corrélation de flux critique garantissant un taux de couverture suffisant), la définition des seuils de surveillance et de protection du réacteur (modalités de prise en compte déterministe de la perte de représentativité du système de protection ou « tracking-error » pour l'ensemble des seuils) et la démonstration de sûreté des études PCC, notamment la démarche d'étude pour justifier l'absence d'endommagement des crayons combustibles ayant subi une crise d'ébullition lors des transitoire de rupture de tuyauterie de vapeur (RTV) et d'accident de perte de réfrigérant primaire (APRP).

À l'issue de son analyse, l'IRSN conclut que les études PCC à caractère générique présentées dans le RDS sont satisfaisantes, à l'exception de la démarche d'étude susmentionnée, sous réserve de l'acceptabilité des justifications ou des modifications qu'EDF s'est engagé à apporter, qui visent à :

- consolider la justification permettant de considérer l'ouverture intempestive d'une ligne de dépressurisation du circuit primaire dans les états d'arrêt du réacteur en pression comme exclue ;

- s'assurer du caractère conservatif de la courbe d'insertion des grappes utilisée dans les études et de l'augmentation du temps de chute des grappes en cas de séisme ;
- tenir compte d'une évaluation conservative de l'incertitude de calcul des valeurs de tracking-error dans la définition des seuils à implanter, d'une part pour le premier cycle de fonctionnement du réacteur, d'autre part pour les cycles suivants. L'IRSN considère en outre qu'EDF devrait, d'une part justifier le caractère négligeable de l'incertitude de calcul de la tracking-error sur la représentation du déséquilibre axial de puissance entre les parties haute et basse du cœur du réacteur (appelé axial offset), d'autre part présenter une comparaison des valeurs de tracking-error obtenues pour les cycles de gestion prévisionnelle du combustible avec les deux chaînes de calcul neutronique utilisées. **Ceci fait l'objet respectivement de l'observation n° 1 et de l'observation n° 2 en Annexe 2 ;**
- traiter les cas résiduels de dépassement des valeurs génériques de tracking-error qui pourraient concerner certains plans de chargement du combustible au-delà du premier cycle de fonctionnement ;
- vérifier l'adéquation des seuils de protection contre le risque d'interaction pastille-gaine et des durées autorisées de fonctionnement prolongé à puissance intermédiaire, en présence de cinq défaillances de collecteurs ;
- valider la démonstration de sûreté relative à la dilution par rupture d'un tube d'échangeur de pompe d'injection de sécurité à basse pression au-delà du premier cycle d'exploitation (comprenant une modification consistant à installer un boremètre classé au plus haut niveau de sûreté sur les tuyauteries du système d'injection de sécurité et de refroidissement du réacteur à l'arrêt (RIS/RA)).

De plus, l'IRSN estime qu'EDF devrait indiquer et justifier dans le dossier général d'évaluation de la sûreté de la recharge de l'EPR-FA3, que l'évaluation prévue à chaque recharge en combustible pour les transitoires d'ouverture d'une vanne de décharge à l'atmosphère ou d'une soupape de générateur de vapeur sous le permissif P9 permet la vérification de la sous-criticité du cœur en cas de rupture de tuyauterie vapeur en arrêt à chaud. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 3 en Annexe 2.**

Enfin, l'analyse du risque de criticité en cas de chute d'un assemblage combustible dans ou sur le cœur du réacteur, réalisée à la suite du retour d'expérience d'un retrait accidentel d'un ou de plusieurs assemblages lors de la levée des équipements internes supérieurs de deux réacteurs du parc d'EDF, devrait être reprise afin de découpler l'erreur de chargement et la ruine de l'assemblage. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 4 en Annexe 2.**

S'agissant du complément de démonstration apporté pour les accidents de RTV et d'APRP concernant les crayons de combustible subissant une crise d'ébullition avant la fin de l'AAR, l'IRSN estime que la démarche d'EDF est complexe et n'est pas acceptable en l'état. Celle-ci repose en effet sur un grand nombre de logiciels de calcul, utilisés, soit aux limites, soit en dehors de leur domaine de validité, et suppose une description approfondie et fidèle des nombreux phénomènes multiphysiques mis en jeu, qui sont pour certains difficiles à appréhender en l'état actuel des connaissances. EDF s'est engagé à modifier sa démonstration en retenant des hypothèses et des modélisations incontestablement enveloppes, à l'échéance de fin septembre 2018. La démonstration doit de plus être complétée afin d'inclure les cas d'APRP avec cumul d'un manque de tension externe et de garantir l'absence de risque de fléchissement des crayons combustibles dans ces situations.

S'agissant des **conditions de fonctionnement (RRC-A)**, les compléments attendus de la part d'EDF concernaient essentiellement l'étude du blocage mécanique des grappes cumulé à une augmentation excessive du débit de vapeur et la perte totale de l'alimentation en eau des générateurs de vapeur (GV). A l'issue de son analyse, l'IRSN conclut au caractère satisfaisant des études déterministes d'accident RRC-A. Il rappelle que la liste des séquences RRC-A et les dispositions associées seront mises à jour à l'échéance du dossier de fin de démarrage sur la base des études probabilistes de sûreté (EPS) tenant compte de l'installation telle que réalisée.

S'agissant des **accidents graves (AG)**, EDF devait apporter des compléments concernant le risque d'explosion lié à l'hydrogène, la répartition des fuites de l'enceinte entre l'espace entre enceintes (EEE) et les bâtiments périphériques (BP), le pH des volumes d'eau contenus dans le bâtiment du réacteur (BR) qui influe sur les relâchements d'iode radioactif en accident grave ainsi que les dispositions permettant de contrôler la pression dans le BR en cas de perte totale et de longue durée des sources électriques ou de refroidissement.

Hormis la justification de l'ouverture des vannes de dépressurisation du circuit primaire en cas de combustion lente d'hydrogène qui fait par ailleurs l'objet d'une analyse de la part de l'IRSN dans le cadre de l'expertise de la méthodologie de qualification des équipements requis en accident grave, l'ensemble des réponses de l'exploitant aux demandes précitées n'appellent pas d'observation en l'état actuel des connaissances.

Enfin, les situations susceptibles de conduire à des rejets précoces importants doivent faire l'objet de dispositions de prévention suffisantes pour pouvoir les considérer comme exclues. Les compléments attendus concernant la justification de l'« élimination pratique » des situations de dilution hétérogène ainsi que des situations de fusion du cœur avec bipasse du confinement via le système RIS/RA et via les tuyauteries du circuit secondaire en cas d'accident grave ont été apportés et sont satisfaisants.

MAÎTRISE DES EFFETS DES AGRESSIONS INTERNES ET EXTERNES

Depuis la réalisation des notes d'études relatives aux agressions internes et externes qui ont fait l'objet d'une analyse dont les conclusions ont été présentées au GPR en décembre 2016, EDF a fait évoluer la conception de l'EPR-FA3 sur certains aspects. Au cours de la présente expertise, EDF s'est engagé, à l'échéance du dossier de fin de démarrage, à mettre à jour les notes de synthèse des études d'agressions, lorsque nécessaire, pour tenir compte de la finalisation de la conception (retour des essais notamment) et des demandes et engagements pris à la suite des expertises.

L'analyse de l'IRSN menée en 2016 concernant les **agressions internes** (inondation interne, ruptures de tuyauterie à haute énergie (RTHE), incendie, explosion, missiles, collisions et chutes de charge) a porté, d'une part sur les référentiels qui définissent les règles et les hypothèses d'étude de chacune de ces agressions, d'autre part sur les études d'agressions déclinant ces référentiels. Au cours de la présente expertise, l'IRSN a examiné les compléments apportés par EDF à la suite des recommandations formulées lors de cette précédente analyse ainsi que les études des conséquences fonctionnelles de la défaillance des câbles électriques en cas d'agression interne. L'IRSN conclut au caractère satisfaisant des études relatives aux inondations internes, aux RTHE et aux missiles, sous réserve de compléments qu'EDF s'est engagé à apporter :

- pour l'inondation interne, l'étude, à l'échéance du dossier de fin démarrage, d'une modification visant à augmenter les marges par rapport au critère à vérifier pour le transitoire de brèche affectant le 3^{ème} train

du système de traitement et de refroidissement des piscines (PTR) ; à défaut, EDF justifiera la pérennité dans le temps des dispositions prises pour garantir le fonctionnement des pompes PTR dans ces situations ;

- pour les missiles, la vérification, avant la mise en service de l'installation, que la défaillance de composants à haute énergie de niveau de qualité Q, susceptible de conduire à un risque de missile, n'est pas de nature à aggraver des tronçons non isolables des tuyauteries PTR pour lesquels seules des fuites sont postulées dans le cadre des études PCC et RRC-A (tuyauteries en « exclusion de rupture »).

Pour ce qui concerne l'incendie, l'IRSN souligne que la démonstration de la maîtrise de ce risque repose en grande partie sur des hypothèses relatives à la seule présence de charges calorifiques fixes et à des exigences d'interdiction d'entreposage de charges calorifiques mobiles dans de nombreux locaux. À cet égard, il conviendrait qu'EDF réalise, à l'issue des premières années d'exploitation, un retour d'expérience de la gestion des charges calorifiques mobiles afin de vérifier la conformité aux exigences de la démonstration de maîtrise du risque d'incendie. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 5 en Annexe 2.**

Concernant le risque d'inflammation des capacités d'huile présentes dans le BR, EDF a apporté des compléments visant à écarter certains scénarios d'incendie, compte tenu notamment des dispositions mises en œuvre, essentiellement de nature organisationnelle. À cet égard, l'IRSN a considéré que, s'agissant d'une nouvelle installation, des dispositions constructives devraient être systématiquement privilégiées. EDF s'est alors engagé à mettre en œuvre des dispositions matérielles pour les principales capacités d'huile fixes du BR, ce qui est satisfaisant.

L'ASN avait demandé qu'EDF démontre que la combustion des charges calorifiques présentes dans les locaux du réacteur EPR-FA3, lorsque leur exclusion ne repose pas sur des critères de comportement au feu, ne conduit pas à la perte d'équipements pouvant entraîner la perte de plus d'un train d'un système redondant assurant une fonction de sûreté. L'IRSN estime que les études transmises à cet égard par EDF sont globalement satisfaisantes. EDF n'a toutefois pas réalisé l'étude de sensibilité demandée lors de la réunion du GPR de décembre 2016 considérant la combustion des charges calorifiques fixes ne disposant pas de protection qualifiée au feu.

Pour ce qui concerne le risque d'explosion interne, EDF a complété la démarche d'analyse pour utiliser une approche physique de la dilution de l'hydrogène dans les locaux, ce qui est satisfaisant. EDF s'est engagé à compléter son analyse des conséquences d'une explosion dans les locaux traversés par des circuits contenant de l'hydrogène provenant du circuit primaire ou par le circuit d'échantillonnage nucléaire (REN) pour tenir compte d'une défaillance unique. Pour les autres locaux, l'IRSN estime que les conséquences d'une explosion, hors analyses liées à la prise en compte d'une défaillance unique, sont acceptables. Ces explosions conduisent à des ruptures de sectorisation qui, selon EDF, ne présentent pas d'enjeu en termes de sûreté. Pour l'IRSN, des éléments techniques justifiant ce point devraient être présentés à l'échéance du dossier de fin de démarrage. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 6 en Annexe 2.**

S'agissant du système de traitement des effluents gazeux (TEG), l'IRSN estime que des exigences devraient être définies pour les équipements assurant la maîtrise du risque d'explosion dans ce circuit.

Enfin, l'IRSN avait estimé nécessaire qu'EDF prenne en compte le risque de dégagement anormal d'hydrogène en dehors des singularités démontables (vannes, capteurs...), et évalue les conséquences d'une explosion liée au

dégagement d'hydrogène par les batteries ou à la presse à compacter les déchets. Ces points qui n'ont pas fait l'objet de compléments de la part d'EDF dans le cadre de la présente expertise et devront être traités dans le cadre du dossier de fin de démarrage.

Pour ce qui concerne les collisions et chutes de charge, l'IRSN a analysé les compléments apportés par EDF concernant la chute d'un emballage de transport de combustible neuf, la chute d'un emballage de transport de combustible irradié et la chute d'un batardeau dans le bâtiment du combustible (BK). Suite à son analyse, l'IRSN estime que la démarche « collisions et chutes de charges » d'EDF est globalement satisfaisante.

EDF s'est toutefois engagé à justifier :

- avant le premier déchargement du combustible du réacteur, la suffisance de la modification visant à exclure la chute du batardeau dans la piscine de désactivation ;
- avant la première évacuation de combustible irradié de la piscine de désactivation, les caractéristiques, le classement de sûreté et les exigences des équipements de prévention et de limitation des conséquences de la chute d'un emballage de transport de combustible irradié dans la tour de manutention du BK, ainsi que la justification du maintien de l'étanchéité de ces emballages en cas de chute, y compris dans l'éventualité du basculement de l'emballage lors de sa chute.

En sus, l'IRSN estime qu'EDF devrait :

- prendre des dispositions appropriées en cas de manutention de la vanne RCP1210VN afin qu'elle ne chute pas directement sur un tronçon de tuyauterie PTR. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 7 en Annexe 2 ;**
- fournir, avant l'arrivée de la première recharge de combustible sur site, le spectre d'ébranlement des éléments structuraux de génie civil en cas de chute d'un emballage de transport de combustible neuf depuis une hauteur de 11 m, afin de pouvoir le comparer au spectre de qualification sismique des équipements qui contribuent à garantir l'absence de vidange de la piscine, ou participent à la réalisation d'une fonction de sûreté, et de statuer sur leur capacité fonctionnelle à la suite de cette chute. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 8 en Annexe 2.**

L'IRSN a par ailleurs analysé les études des conséquences fonctionnelles de la défaillance des câbles électriques en cas d'agression interne. Il estime satisfaisantes les études des conséquences d'une inondation interne et d'une RTHE sur les câbles dans l'îlot nucléaire. EDF s'est en outre engagé à vérifier, à l'échéance du dossier de fin de démarrage, que les conclusions des études de missiles, de collision et de chutes de charge affectant les câbles dans l'îlot nucléaire, qui s'appuient sur les résultats des études d'incendie, ne sont pas remises en cause par le traitement des modes communs de câbles en cas d'incendie (enrubannage de câbles ou dédouanement par des analyses de risque d'incendie).

Pour ce qui concerne l'incendie, EDF a présenté, au cours de la présente expertise, sa démarche pour identifier et analyser les modes communs de câblage (MCC) en cas d'incendie. Cette démarche repose en premier lieu sur des analyses fonctionnelles des MCC potentiels. Pour les MCC fonctionnellement confirmés, EDF réalise une analyse des risques d'incendie pour évaluer, de façon plus réaliste, l'impact d'un incendie sur les câbles, avant de traiter, par enrubannage fonctionnel coupe-feu 2 heures, les câbles dont le mode commun n'a pu être écarté par cette analyse. Si les analyses fonctionnelles sont globalement satisfaisantes, l'IRSN estime que l'approche retenue par EDF s'écarte des exigences de son référentiel d'analyse du risque d'incendie, l'ETC-F, qui requiert un enrubannage des câbles

présentant un risque de mode commun. De plus, les analyses de risque d'incendie se basent sur un état théorique de l'installation et un aménagement très précis des locaux susceptibles de présenter des écarts avec l'installation telle que réalisée. L'IRSN considère en conséquence que la démarche d'EDF pour justifier la maîtrise des risques de MCC n'est pas satisfaisante. L'IRSN estime nécessaire d'enrubanner les câbles à l'origine des modes communs fonctionnellement confirmés. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°1 en Annexe 1.**

Concernant les modes communs de câblage générés par une explosion, les conséquences fonctionnelles, hors prise en compte d'une défaillance unique, sont globalement acceptables. Les analyses fonctionnelles liées à la prise d'une défaillance unique, qui présentent moins d'enjeu, feront l'objet d'une expertise à l'échéance du dossier de fin de démarrage compte tenu d'une transmission tardive par EDF.

La protection de l'EPR-FA3 contre les effets des **agressions externes** suivantes a fait l'objet d'examens antérieurs de l'IRSN : l'inondation externe, le « séisme-événement », les grands froids, les grands chauds, le vent et les projectiles générés par le vent, la tornade, la foudre ainsi que les agressions de la source froide. L'IRSN avait considéré que les études présentées par EDF étaient globalement satisfaisantes. Des compléments étaient toutefois attendus concernant l'inondation externe, le « séisme-événement », les grands froids et les grands chauds ; ces compléments sont satisfaisants. Pour ce qui concerne les grands froids, l'IRSN souligne que, lors de la mise à jour des études, EDF a relaxé un certain nombre d'hypothèses (utilisation des températures de site, valorisation de certains apports calorifiques...), supprimant ainsi plusieurs conservatismes et réduisant ainsi les marges disponibles. EDF devra porter une attention particulière aux hypothèses utilisées et aux marges disponibles lors des futures mises à jour des études « Grands Froids », notamment dans le cadre des réexamens de sûreté.

Pour ce qui concerne les grands chauds, des compléments de justification restent néanmoins à apporter concernant le comportement en température de certains équipements ; EDF s'est engagé à les apporter.

ETUDES PROBABILISTES DE SÛRETÉ (EPS)

À l'issue des instructions menées précédemment concernant les études probabilistes de niveau 1 (EPS1) « événements internes », l'IRSN avait estimé que des compléments étaient nécessaires afin de justifier l'« élimination pratique » des situations de fusion du cœur avec bipasse du confinement et de dilution hétérogène, de quantifier les scénarios accidentels de perte des alimentations électriques externes suivie de la perte échelonnée des groupes électrogènes de secours ainsi que de justifier la suffisance des dispositions visant à limiter le risque de perte des sources froides en cas d'arrivée massive de colmatants. L'IRSN considère que les compléments de justification apportés par EDF au cours de la présente expertise sont satisfaisants.

Pour ce qui concerne les EPS « agressions internes », l'IRSN avait estimé que la plupart des éléments apportés par EDF étaient acceptables dans le cadre d'EPS réalisées au stade de la conception.

L'IRSN rappelle toutefois qu'EDF s'est engagé à mettre à jour, dans le dossier de fin de démarrage, ses études probabilistes (situations « pratiquement éliminées », événements internes, inondation interne, incendie et explosion), en intégrant l'état de l'installation telle que construite et en apportant un certain nombre de compléments répondant aux engagements pris au cours des différentes expertises et aux demandes de l'ASN restant à traiter (prise en compte des initiateurs de perte de ventilation et du contrôle-commande, intégration de l'ensemble des câbles dans l'EPS « incendie »...).

L'IRSN avait par ailleurs estimé que les études probabilistes de sûreté de niveau 2 (EPS2), dans leur état de réalisation au moment de l'élaboration du dossier accompagnant la demande d'autorisation de mise en service, apportaient un éclairage appréciable sur le niveau de sûreté de l'EPR-FA3 ainsi que sur la robustesse de la conception de l'installation, et participaient à la vérification du respect des objectifs de sûreté de l'EPR relatifs aux accidents graves.

CLASSEMENT DE SÛRETÉ

Au regard de l'ensemble des expertises traitant du classement de sûreté de l'EPR-FA3, l'IRSN estime que la déclinaison de la démarche de classement effectuée par EDF est globalement satisfaisante. La suffisance des exigences de suivi en exploitation associées au classement « autres EIPS » n'est toutefois pas démontrée à ce stade pour les équipements passifs statiques valorisés dans les études d'agressions. Ce point est examiné dans le cadre de l'expertise des règles générales d'exploitation qui fait l'objet d'avis spécifiques.

Enfin, EDF a eu recours à certaines exceptions aux règles de classement. L'IRSN rappelle l'importance de mentionner ces exceptions dans le rapport de sûreté et de référencer les dossiers de justification associés. EDF s'est engagé à mettre à jour le rapport de sûreté en conséquence à l'échéance du dossier de fin de démarrage.

CONCEPTION DES SYSTÈMES DE SÛRETÉ DE LA CHAUDIÈRE

La conception des systèmes de sûreté suivants a fait l'objet de plusieurs examens par le passé et de demandes de compléments adressées à EDF :

- les systèmes de sauvegarde du réacteur (RIS/RA, ASG) ;
- les systèmes de contrôle-commande ;
- les systèmes d'alimentation électrique, incluant la distribution électrique et les groupes électrogènes de secours à moteur Diesel ;
- les systèmes auxiliaires de sûreté ;
- les systèmes participant à la fonction de sûreté de confinement des matières radioactives ;
- les systèmes participant à la gestion des accidents affectant simultanément le cœur du réacteur et la piscine de désactivation du combustible ;
- la conception de composants particuliers du circuit primaire (dispositif d'étanchéité à l'arrêt des pompes primaires (DEA), soupapes de sûreté pilotées du pressuriseur).

Système d'injection de sécurité et de refroidissement du réacteur à l'arrêt (RIS-RA)

Les compléments de démonstration attendus concernant le risque d'échec de l'isolement des accumulateurs compte tenu de la présence d'une seule vanne d'isolement, la prise en compte de risques particuliers (cavitation, explosion, effet chaudière) et le maintien du refroidissement des moteurs des pompes ISBP dans les situations de dysfonctionnement du système de refroidissement intermédiaire (RRI) ont été apportés et jugés satisfaisants par l'IRSN.

Alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG)

L'utilisation d'une eau aérée pour l'EPR-FA3 en fonctionnement normal n'avait pas été jugée acceptable, car ne permettant pas de limiter le risque de fissuration des aciers constitutifs des viroles et des structures internes des générateurs de vapeur (GV). EDF s'est engagé, d'une part à vérifier que la qualité de l'eau injectée dans les GV respectera un critère de teneur en oxygène permettant de limiter le risque de fissuration, d'autre part à spécifier, dans le document standard des spécifications chimiques, un suivi de l'oxygène dans les bâches ASG, ce qui est satisfaisant. Néanmoins, ce suivi ne fera pas l'objet d'une prescription au titre des spécifications techniques d'exploitation (STE) à l'instar des réacteurs du parc en fonctionnement. Les autres compléments apportés, concernant la protection contre l'incendie des vannes de liaison entre les bâches ASG et le barillet amont, les études de fiabilité du système ASG et les dispositions d'exploitation n'appellent pas d'observation.

Contrôle commande

Les compléments apportés par EDF et relatifs à la conception détaillée et à la validation du système de protection du réacteur (PS) ainsi qu'au processus de développement du système d'automatisme de sûreté (SAS), à son architecture et à sa validation n'appellent pas de commentaire de la part de l'IRSN.

En revanche, l'analyse du système PACS, qui gère les priorités entre les ordres reçus par les cellules électriques de chaque actionneur et qui joue donc un rôle essentiel pour la sûreté, a conduit l'IRSN à identifier des faiblesses qu'EDF s'est efforcé de corriger. EDF a ainsi été amené par exemple à reprendre les spécifications du système, à modifier des cellules électriques déjà installées ou à compléter les essais de démarrage de l'installation.

L'IRSN considère que des améliorations restent nécessaires, en particulier concernant l'exhaustivité des tests réalisés sur les cellules électriques. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 2 en Annexe 1.**

Distribution électrique

Si l'indépendance électrique entre les divisions ainsi que le dimensionnement et la coordination des équipements de la distribution électrique avaient été jugés satisfaisants lors des précédentes instructions, EDF devait réaliser des études permettant de montrer le bon fonctionnement de la distribution électrique dans les plages de variation de tension et de fréquence. Ces études ont été transmises par EDF ; leurs conclusions devront être confirmées lors des essais de démarrage, en particulier l'essai d'îlotage, et lors de la mise à jour de l'étude des transitoires électriques, prévue par EDF à l'échéance du dossier de fin de démarrage, pour tenir compte des valeurs mesurées lors de ces essais.

Groupes électrogènes de secours à moteur Diesel

Lors des précédentes expertises, l'IRSN avait estimé globalement satisfaisants les choix de conception, d'installation générale et de protection des groupes électrogènes principaux et d'ultime secours (SBO) contre les agressions, ainsi que les classements de sûreté retenus pour ces groupes et leurs systèmes supports (circuits auxiliaires et système DVD de conditionnement thermique des bâtiments les abritant).

Les réserves de l'IRSN portaient sur la suffisance de la puissance des groupes et la pertinence des dispositions prévues pour réduire la puissance appelée en situation de Manque de tension généralisé (MDTG), la suffisance de l'indépendance et de la diversification entre les groupes principaux et les groupes SBO et le démarrage de ces derniers en cas de perte échelonnée des groupes principaux. Le premier point sera analysé après mise à jour de la

note de bilan de puissance des groupes principaux et d'ultime secours sur la base des relevés d'exécution d'essais de premier démarrage.

Pour ce qui concerne l'indépendance et la diversification des groupes principaux et des groupes d'ultime secours, EDF a justifié la suffisance de la diversification des systèmes supports (circuit auxiliaire et circuit de conditionnement thermique), hormis celle des relais instantanés des armoires d'excitation et de régulation, par manque de référence de relais qualifiés répondant au besoin. L'IRSN estime qu'EDF devrait diversifier, au plus tôt, les relais instantanés des armoires d'excitation et de régulation des groupes principaux et des groupes d'ultime secours. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 9 en Annexe 2.**

Enfin, l'IRSN estime que la stratégie de conduite des groupes SBO envisagée par EDF en cas de perte échelonnée des groupes principaux est satisfaisante. Néanmoins, si la prise en compte de ces situations dans la quantification totale du risque de fusion du cœur ne remet pas en cause le respect des objectifs généraux de sûreté de l'EPR-FA3, l'IRSN souligne l'intérêt qu'EDF poursuive les réflexions qu'il a engagées pour établir une stratégie de conduite visant à prévenir l'apparition de brèche(s) aux joints des pompes primaires par la mise en place d'un placage préventif du DEA avant la décharge complète des batteries « 2 heures ».

Systèmes de refroidissement par la source froide et station de pompage

Les choix de conception de la station de pompage ainsi que l'existence d'une source froide diversifiée confèrent à l'EPR-FA3 une meilleure protection contre les agressions de la source froide que dans le cas des réacteurs du parc en fonctionnement. Les compléments apportés par EDF concernant les dispositions de protection contre une arrivée d'hydrocarbures et une arrivée massive de colmatants cumulée à une inondation externe ainsi que le délai de lignage du circuit SRU de réfrigération ultime sont satisfaisants.

Systèmes de conditionnement thermique des locaux

Des études thermiques visent à définir les caractéristiques minimales de fonctionnement des équipements de conditionnement thermique (débits, puissances de chauffage et de refroidissement) permettant de garantir des températures dans les locaux compatibles avec le bon fonctionnement des équipements requis. Ces caractéristiques, appelées « critères transposés de sûreté », sont définies dans les notes dites « de transposition » et vérifiées en exploitation. EDF n'avait pas pris en compte les critères transposés de sûreté des systèmes de conditionnement thermique dans les études thermiques de chaque condition de fonctionnement accidentelle (PCC, RRC-A, RRC-B et agressions). Certaines s'appuyaient sur des valeurs de débit non garanties en exploitation. En conséquence, l'IRSN avait estimé nécessaire qu'EDF mette à jour ces études, avant la mise en service de l'EPR-FA3, en tenant compte des critères transposés, des modifications apportées à l'installation depuis la réalisation de ces études ainsi que des résultats des essais de démarrage.

Sur la base de l'examen des études mises à jour, l'IRSN considère que la conception des systèmes de conditionnement thermique est globalement satisfaisante, hormis pour le système DVP de ventilation de la station de pompage, des galeries associées et de l'ouvrage de rejet. En effet, pour ce système, EDF n'a pas réalisé de note de transposition et des compléments d'étude devraient être fournis, en amont de la mise en service de l'installation, pour statuer sur le caractère satisfaisant de son dimensionnement. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 10 en Annexe 2.**

Systemes de filtration RIS

Lors des situations d'accident de perte de réfrigérant primaire (APRP), hors accident grave, divers débris sont générés et transportés vers l'IRWST. La conception des paniers de rétention et des filtres à l'aspiration du système RIS de l'EPR-FA3 au regard du risque de colmatage de ces filtres par les débris générés ou transportés (« terme source débris » : TSD amont) lors de ces situations, a fait l'objet d'une analyse en 2016. Les éléments apportés par EDF pour justifier le TSD amont qu'il retient ainsi que les essais de qualification de ces filtres étaient globalement satisfaisants. Néanmoins, des compléments avaient été jugés nécessaires afin de vérifier l'existence de marges suffisantes au regard des risques de colmatage.

Dans le cadre de la présente expertise, l'IRSN a examiné la réévaluation analytique, par EDF, de la perte de charge des filtres RIS tenant compte d'évolutions de la composition du TSD amont ainsi que les résultats de nouveaux essais avec variation de la température réalisés en 2017 : la démarche de réévaluation analytique de la perte de charge du filtre RIS retenue par EDF est globalement acceptable pour ce qui concerne l'effet « peau mince¹ ». Pour la configuration « lit épais² », EDF s'est engagé à effectuer la réévaluation analytique de la perte de charge des filtres RIS, en situation d'APRP 2A, à l'échéance du dossier de fin de démarrage, ce que l'IRSN estime satisfaisant. EDF s'est également engagé à réaliser un nouvel essai dans des conditions représentatives d'une situation d'APRP, concernant notamment la chimie de l'eau, l'essai précédemment réalisé n'ayant pas permis d'observer les phénomènes recherchés. EDF devra vérifier que les résultats obtenus (impact du dégazage et de la chimie de l'eau) ne remettent pas en cause le respect de la perte de charge maximale admissible des filtres RIS en tenant compte du TSD amont actualisé.

EDF a également apporté des éléments relatifs aux peintures présentes dans le bâtiment du réacteur en situation d'APRP. Concernant les micro-débris de peinture générés par le jet d'eau induit par la brèche, EDF s'est engagé, à l'échéance du dossier de fin de démarrage, à considérer dans ses études une zone de destruction (ZOD) de rayon 4D, D étant diamètre interne de la tuyauterie ruptée, ce qui est satisfaisant sur le principe. L'IRSN poursuivra l'expertise relative à cette « zone de destruction » dans le cadre de l'évaluation réalisée en vue de la réunion du GPR « Études VD4 900 ». EDF s'est également engagé à étudier la faisabilité d'essais de destruction plus représentatifs d'une situation d'APRP, pour caractériser la répartition granulométrique des débris générés par le jet, ce qui est satisfaisant.

Enfin, l'IRSN a analysé la méthode utilisée pour estimer la nature et la quantité de débris susceptibles de traverser les filtres RIS (« TSD aval »). Cette méthode, basée sur l'étude des résultats d'essais de qualification des filtres RIS, consiste à définir des fonctions de transfert entre le TSD amont et le TSD aval pour les différents scénarios de brèche étudiés ainsi qu'un profil de décroissance du TSD aval qui a été utilisé lors de la qualification des pompes RIS et pour l'essai de refroidissement des assemblages combustibles en présence d'eau chargée. L'IRSN considère satisfaisants les quantités et les granulométries des particules fines retenues par EDF en aval des filtres ainsi que le profil de décroissance retenu, compte tenu de la sensibilité de ces équipements aux différents types de débris et des marges prises lors des essais de qualification pour garantir que la concentration en débris dans les boucles d'essais est supérieure à la concentration théorique du TSD aval.

¹ Quantité de fibres formant un gâteau de débris de faible épaisseur, qui recouvre les surfaces filtrantes et dans lequel viendraient s'agglomérer les débris de petites tailles (débris de peinture et autres débris particuliers), diminuant sa porosité.

² Quantité maximale de débris répartie sur les filtres.

Concernant les débris fibreux, EDF s'est engagé à réévaluer la concentration en fibres en aval des filtres RIS pour une brèche PCC-4 localisée en pied de pressuriseur, ce qui est satisfaisant. Cette réévaluation n'impacte que le profil de concentration utilisé lors de l'essai visant à justifier le bon refroidissement des assemblages combustibles. EDF a précisé que cette réévaluation ne remettait pas en cause les résultats de cet essai. L'IRSN prend note de cette conclusion mais rappelle que l'expertise de ce sujet est en cours dans le cadre du quatrième réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe.

Systèmes de filtration EVU

Lors d'un accident grave, divers débris, supplémentaires à ceux générés en situation d'APRP, sont générés et transportés vers l'IRWST, principalement par lessivage à la suite de la mise en service du système d'évacuation ultime de la chaleur de l'enceinte (EVU) en mode d'aspersion. Ces débris constituent le Terme Source Débris (TSD) « amont » qui se déverse dans l'IRWST. L'IRSN a estimé que l'évaluation par EDF de ce TSD « amont » pour les situations d'accident grave était satisfaisante.

Des compléments sont toutefois attendus concernant l'effet d'une combustion rapide d'hydrogène sur la tenue des capotages des tuyauteries primaires qui pourrait conduire à un apport supplémentaire de débris fibreux en situation d'accident grave. Ces compléments ne constituent toutefois pas un préalable à la mise en service ; ils permettront d'asseoir la robustesse du TSD « amont » utilisé pour montrer l'absence de colmatage des filtres EVU.

Le colmatage des filtres EVU est susceptible de mettre en cause, compte tenu de la perte de charge due à la présence de débris dans ces filtres, le fonctionnement de la pompe EVU assurant l'aspersion dans l'enceinte et le renoyage passif du corium dans la zone d'étalement. Concernant le risque de cavitation des pompes EVU, l'IRSN estime que les marges sont suffisantes pour écarter ce risque.

En revanche, l'IRSN estime qu'à ce jour, il subsiste un doute sur la capacité à assurer un noyage passif du corium tout au long de l'accident grave, compte tenu :

- des faibles marges entre les pertes de charge observées expérimentalement sur les filtres EVU chargés en débris et les hauteurs d'eau à respecter pour maintenir un débit suffisant de renoyage du corium ;
- de la représentativité des essais réalisés pour mesurer les pertes de charge des filtres EVU en situation d'accident grave.

En réponse, EDF s'est engagé à réaliser un essai de filtration en conditions d'accident grave représentatives des températures et de la vitesse de fluide en réacteur, en considérant le TSD « amont » requis pour cette situation et en présence d'acide borique et de soude. L'IRSN considère cependant que l'échéance annoncée par EDF pour cet essai est tardive compte tenu des enjeux de sûreté. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 11 en Annexe 2.**

Les débris traversant le filtre EVU constituent le TSD « aval ». Les essais de qualification des équipements situés en aval du filtre EVU, en particulier la pompe EVU, ayant été réalisés en présence de TSD bien supérieurs au TSD « aval » retenu par EDF, l'IRSN n'identifie pas de point bloquant à ce sujet.

Systèmes de confinement

L'IRSN souligne les améliorations importantes retenues à la conception du réacteur EPR-FA3 pour renforcer le confinement des produits radioactifs : la mise en place d'une peau d'étanchéité métallique sur l'intrados de la paroi interne de l'enceinte de confinement à double paroi, les traversées de l'enceinte débouchant dans des bâtiments

périphériques afin de limiter les risques de fuite directe de radioactivité dans l'environnement, la prise en compte des accidents graves à la conception et le dimensionnement de l'enceinte qui permet de disposer d'une période de grâce de 12 heures sans évacuation de la puissance résiduelle par le système EVU.

Ces dispositions ont fait l'objet de plusieurs avis de l'IRSN qui ont conduit à des engagements de la part d'EDF et à des demandes de l'ASN. Outre les situations d'accident grave avec bipasse du confinement déjà traitées dans cet avis, les compléments apportés par EDF ont notamment concerné les moyens de surveillance de la troisième barrière de confinement, les exigences relatives au système EDE de mise en dépression de l'espace entre enceintes et les exigences de conception permettant d'assurer le confinement dynamique interne et externe des bâtiments périphériques. L'IRSN considère que certaines de ces exigences doivent être vérifiées en exploitation par des essais périodiques au titre du chapitre IX des règles générales d'exploitation.

En réponse à une demande de l'ASN, EDF a également retenu, dans les études de conséquences radiologiques, un débit de fuite « réaliste » du circuit EVU. Si l'IRSN convient des efforts faits par EDF à la conception du système EVU pour limiter le risque de fuite de ce circuit, il considère néanmoins que la valeur maximale de débit de fuite considérée par EDF (à savoir 1 l/h) n'est pas justifiée. La surveillance en exploitation des organes de robinetterie actuellement prévue par EDF ne permet pas de garantir cette hypothèse et devrait donc être notablement renforcée. De plus, cette surveillance ne permet pas d'exclure une fissuration de la tuyauterie de l'EVU par suite d'une corrosion. **Ce dernier point fait l'objet de l'observation n° 12 en Annexe 2.**

Enfin, l'IRSN estime que la conception du système de réinjection des effluents dans le BR est trop dépendante de l'hypothèse, difficilement vérifiable, de limitation des fuites d'exploitation de l'EVU à un débit maximal de 1 l/h sur une seule file, sur la durée d'utilisation lors d'un accident grave (1 an minimum), et souligne le risque de perte de la fonction d'évacuation de la chaleur de l'enceinte en cas de non réinjection de ces fuites dans la file en fonctionnement. Si cette faiblesse de conception n'est pas bloquante pour la mise en service, l'IRSN estime qu'elle doit conduire EDF à examiner dès à présent les dispositions qui permettraient de rendre la réinjection indépendante de l'EVU (EDF prévoit actuellement que la réinjection se fasse via la ligne de d'aspiration du train de l'EVU présentant une fuite) et ainsi de fiabiliser la fonction d'évacuation de la puissance de l'enceinte à long terme.

SÛRETÉ DE L'ENTREPOSAGE ET DE LA MANUTENTION DU COMBUSTIBLE

La conception du réacteur EPR-FA3 présente des améliorations notables de la sûreté de l'entreposage et de la manutention du combustible, en particulier pour ce qui concerne la protection contre l'effet des agressions et le risque de vidange des piscines. Des compléments de démonstration restaient cependant à apporter concernant la prévention et la maîtrise de certaines situations de perte prolongée de refroidissement et de vidange de la piscine. En particulier, EDF devait étudier, au titre de la démonstration de sûreté, les situations de vidange de la piscine induite par des brèches affectant des tronçons non isolables des lignes PTR directement connectées aux piscines BR et BK, ces tronçons ne pouvant plus être considérés « en exclusion de fuite ». Pour ces études, l'ASN a souhaité qu'EDF retienne les règles d'étude applicables aux PCC.

Pour les risques de vidange de la piscine induits par une brèche affectant le tube de transfert, qui relie les deux piscines et permet le chargement et le déchargement du cœur, l'ASN a demandé à EDF de retenir les règles d'étude RRC-A.

Par ailleurs, en complément de ces études, l'IRSN rappelle qu'EDF doit justifier que le risque de fusion du combustible en piscine BK est « pratiquement éliminé », y compris en cas de brèche de taille importante. À cet égard, l'IRSN estime que les dispositions les plus efficaces doivent être recherchées et mises en œuvre lorsque cela est possible.

Pour l'étude des situations de vidange de la piscine BK dues à une brèche affectant un tronçon non isolable des lignes PTR directement connectées aux piscines BR et BK, EDF a retenu une taille de brèche de section limitée, considérant que les tuyauteries non isolables bénéficient d'exigences renforcées et sont correctement protégées contre les effets des agressions. L'IRSN estime que la taille de brèche retenue n'est pas justifiée et constate qu'EDF n'a pas envisagé de dispositions permettant de couvrir un spectre plus important de taille de brèche.

Par ailleurs, pour un certain nombre de scénarios de vidange, EDF a valorisé des dispositions ne présentant pas le niveau d'exigences requis et n'a pas appliqué, conformément aux règles PCC, l'aggravant le plus pénalisant pour la gestion de la situation accidentelle. L'IRSN considère que l'aménagement des règles d'étude PCC effectué par EDF est de nature à affaiblir l'assurance d'absence de découvrement à long terme d'un assemblage, après épuisement des appoints en eau de la piscine, pour des brèches, y compris de taille limitée, affectant un tronçon PTR non isolable.

Pour les brèches de taille limitée à l'aspiration d'un train PTR principal avec défaillance du refroidissement du troisième train PTR (au titre de l'aggravant le plus pénalisant) et les brèches de taille importante à l'aspiration du troisième train de refroidissement PTR, l'IRSN estime que des actions de réparation ou d'isolement en local de la brèche du train PTR affecté pourraient permettre d'éviter le découvrement et de reprendre le refroidissement sous réserve qu'EDF en vérifie la faisabilité en tenant compte des conditions d'ambiance dans les locaux concernés, induites par la brèche et l'ébullition de la piscine BK. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 3 en Annexe 1.**

Pour les brèches importantes affectant un tronçon non isolable du circuit PTR connecté au fond d'un compartiment de la piscine BR en état E, tube de transfert ouvert, EDF s'est engagé à étudier une disposition permettant de limiter le débit à la brèche à un débit maîtrisable en condition de fonctionnement PCC, à l'échéance du premier déchargement de combustible du réacteur.

Par ailleurs, pour les brèches importantes affectant un tronçon non isolable du circuit PTR connecté en fond d'un compartiment de la piscine BK, EDF s'est engagé à examiner, à l'échéance du premier déchargement de combustible du réacteur, les dispositions d'obturation préventive des orifices des lignes situés en fond des compartiments de transfert et de chargement de la piscine BK, à mettre en place avant leur mise en communication avec la piscine de désactivation.

Pour les deux situations précitées, l'IRSN estime que les engagements d'EDF sont satisfaisants, mais que les actions prévues devraient être réalisées au plus tôt. **Ceci fait l'objet des observations n° 13 et n° 14 en Annexe 2.**

Pour ce qui concerne les brèches de taille limitée affectant le tube de transfert, les dispositions valorisées par EDF sont de nature à justifier l'absence de découvrement des assemblages combustibles. Pour les brèches plus importantes, aucune disposition n'est actuellement prévue pour assurer le non découvrement des assemblages combustibles, EDF valorisant une hypothèse d'« exclusion de rupture ». Pour l'IRSN, les dispositions de contrôle et de suivi en exploitation d'ores et déjà demandées par l'ASN revêtent ainsi un caractère essentiel pour la justification de l'« élimination pratique » des situations de fusion du combustible dans un local non confiné.

EDF devait en outre montrer la **capacité du système de refroidissement (PTR) à redémarrer en situation d'ébullition de l'eau de la piscine**. Pour assurer le redémarrage des circuits PTR dans une telle situation, EDF a mis en place un certain nombre de dispositions, dont le conditionnement thermique des crosses du circuit PTR n°2, ce qui permet son démarrage dans des états où la puissance entreposée en piscine BK est maximale (états E et F) ainsi que le démarrage à débit réduit des trains PTR principaux par action de laminage sur une vanne papillon. L'IRSN estime positive les évolutions de conception et de conduite retenues par EDF. Toutefois, il souligne que la démonstration de la capacité du système PTR à redémarrer en situation d'ébullition de l'eau de la piscine reste peu robuste.

En particulier, les justifications d'absence de risque d'aspiration ou de formation de vapeur dans les crosses d'un train de refroidissement ne sont pas suffisantes et comportent de nombreuses incertitudes. Ainsi, l'IRSN estime qu'EDF doit, conformément à une demande déjà formulée par l'ASN, démarrer préférentiellement le train PTR n°2 et proposer des dispositions d'exploitation (positionnement des assemblages les plus chauds loin des crosses d'aspiration) visant à favoriser son fonctionnement.

Concernant les éventuels effets néfastes, sur le système PTR, de la réduction du débit par action de laminage sur une vanne papillon (risque de cavitation dans cette vanne avec pour conséquence des vibrations du circuit PTR), la démonstration d'EDF n'est pas satisfaisante. En effet, EDF a identifié un risque de cavitation, qu'il estime tolérable, au regard de la durée de fonctionnement à débit réduit. Pour sa part, l'IRSN considère que les effets de la cavitation sur le circuit PTR sont difficilement appréciables et doivent conduire EDF à rechercher des dispositions pour se prémunir du risque de cavitation et de vibration excessive des trains PTR principaux. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°4 en Annexe 1.**

ORGANISATION ET MOYENS DE CONDUITE

À la suite des évolutions apportées tant à l'organisation de l'équipe de conduite qu'aux moyens mis à sa disposition, EDF a mené une quatrième campagne d'évaluation « facteurs humains (FH) » sur simulateur. EDF a par ailleurs transmis le protocole d'observation FH des essais de démarrage du réacteur EPR-FA3.

Même si les résultats de la quatrième campagne d'évaluation n'ont pas mis en évidence de difficulté majeure, l'organisation de l'équipe de conduite en conduite normale reste un point de fragilité compte tenu, d'une part de la complexité de l'installation, le nombre de trains des systèmes de sauvegarde multipliant ainsi le nombre d'équipements à surveiller et à tester, d'autre part des choix de conception de certains moyens de conduite.

À cet égard, les essais sur simulateur ont mis en évidence que l'état de certaines commandes groupées (CG) associées au système RRI/RA pouvait ne pas refléter la configuration réelle des circuits. EDF s'est engagé à réaliser, avant la mise en service de l'installation, une modification du contrôle commande mais qui ne résoud pas totalement le problème soulevé. Compte tenu de l'importance pour la sûreté du système RIS/RA et du nombre important de configurations possibles des circuits, l'IRSN estime nécessaire que, à défaut d'une modification permettant de lever tout doute, au vu de l'état de la CG, sur la configuration réelle du système, EDF devrait mettre en place des mesures compensatoires en termes de formation et d'organisation. **Ceci fait l'objet de l'observation n°15 en Annexe 2.**

Le retour d'expérience des essais de démarrage et des premiers mois d'exploitation devra être mis à profit pour faire évoluer, lorsque nécessaire, les moyens de conduite. A cet égard, l'IRSN souligne que, dans son protocole d'observation FH des essais de démarrage, EDF a bien identifié les sujets devant faire l'objet d'une attention particulière, notamment l'utilisation du système d'alarmes³ et les automatismes, ce qui est satisfaisant.

EDF transmettra le bilan des essais et les enseignements qu'il en tire accompagné d'une proposition de traitement et d'une échéance d'étude pour chaque piste d'amélioration définie.

L'IRSN a par ailleurs conclu au caractère satisfaisant de l'organisation de l'équipe dite « situation extrême », dimensionnée pour faire face à une situation extrême retenue dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté post-Fukushima. EDF devrait toutefois confirmer la suffisance de l'effectif des agents de terrain sur la base du test de déploiement des moyens locaux de crise post-Fukushima, prévu avant la mise en service de l'installation. **Ceci conduit à l'observation n° 16 en Annexe 2.**

CONCLUSION

A l'issue de son examen, l'IRSN estime que la démonstration de sûreté du réacteur EPR-FA3 telle qu'apportée par le rapport de sûreté est globalement satisfaisante. Cette expertise et les précédentes ont permis de confirmer le respect des objectifs généraux de sûreté de ce réacteur.

En conclusion, l'IRSN n'identifie pas de point majeur dans la démonstration de sûreté du réacteur EPR-FA3 susceptible de mettre en cause l'autorisation de mise en service de cette installation même si quelques compléments restent à apporter par EDF, dont certains avant la mise en service. L'expertise des règles générales d'exploitation de l'installation, qui a déjà fait l'objet de plusieurs avis de l'IRSN, se poursuit toutefois et fera l'objet d'avis ultérieurs.

La justification de la conformité de l'installation, telle que réalisée, aux exigences du rapport de sûreté reste toutefois à apporter et constitue un préalable à la mise en service. A cet égard, une attention particulière est à porter aux résultats des essais de qualification des équipements et plus globalement aux résultats des essais de démarrage.

Pour le Directeur général et par délégation,

Karine HERVIOU

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

³ Le système d'alarmes vise à détecter les événements qui nécessitent une intervention de l'équipe de conduite et à en informer les opérateurs.

Annexe 1 à l'avis IRSN 2018-00167 du 20 juin 2018

Recommandations

Recommandation n° 1 :

L'IRSN recommande que les câbles électriques de l'îlot nucléaire qui présentent un risque de mode commun en cas d'incendie, fassent l'objet d'un enrubannage coupe-feu dit fonctionnel :

- à l'échéance de la mise en service de l'installation, pour les cas où le requis d'enrubannage est écarté en raison de l'utilisation d'une zone d'effet forfaitaire de l'incendie ou d'une justification basée sur une modélisation ;
- à l'échéance de la première visite complète après la mise en service de l'installation, pour les cas où le requis d'enrubannage est écarté en raison de la présence d'un système d'extinction automatique d'incendie ou d'une sectorisation contre l'incendie dont la défaillance ne permettrait plus d'exclure le risque de mode commun.

Toutefois, dans les cas précités, lorsque le risque de mode commun résulte d'un incendie retenu au titre d'un aggravant ou d'un cumul indépendant d'une situation accidentelle relevant des conditions de fonctionnement PCC, RRC-A ou RRC-B, cet enrubannage coupe-feu pourra être réalisé dans les cinq ans.

Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie, avant la mise en service de l'installation, que toutes les priorités identifiées dans les cahiers des charges du système PACS de gestion des priorités des cellules électriques des actionneurs basse tension font l'objet d'un test de validation dans le cadre des essais de démarrage.

Recommandation n° 3 :

L'IRSN recommande qu'EDF justifie que les interventions locales nécessaires à la reprise du refroidissement de la piscine de désactivation du combustible à la suite d'une rupture non isolable d'une tuyauterie d'un circuit PTR (1, 2 ou 3) sont possibles lorsque l'eau de la piscine est en ébullition, compte tenu des conditions d'ambiance dans les locaux concernés.

Recommandation n° 4 :

L'IRSN recommande qu'EDF mette en place, avant le premier déchargement du combustible, des dispositions permettant d'écartier le risque de cavitation dans les circuits PTR principaux (1 et 2) lors de la reprise du refroidissement alors que l'eau de la piscine est en ébullition.

Annexe 2 à l'avis IRSN 2018-00167 du 20 juin 2018

Observations

Observation n° 1 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait justifier le caractère négligeable de l'incertitude de calcul de la tracking-error sur la représentation du déséquilibre axial de puissance entre les parties haute et basse du cœur du réacteur.

Observation n° 2 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait présenter une comparaison des valeurs de tracking-error obtenues pour les cycles de gestion prévisionnelle du combustible avec les deux chaînes de calcul neutronique utilisées (CASSIOPÉE dans l'étude de variabilité des recharges en combustible et SCIENCE V2 dans le rapport de sûreté).

Observation n° 3 :

L'IRSN estime que, avant le deuxième chargement en combustible du réacteur, EDF devrait indiquer et justifier dans le dossier général d'évaluation de la sûreté de la recharge de l'EPR-FA3, que l'évaluation prévue à chaque recharge en combustible pour les transitoires d'ouverture d'une vanne de décharge à l'atmosphère ou d'une soupape de générateur de vapeur sous le permissif P9 permet la vérification de la sous-criticité du cœur en cas de rupture de tuyauterie vapeur en arrêt à chaud.

Observation n° 4 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait compléter son analyse du risque de criticité en cas de chute d'un assemblage combustible dans ou sur le cœur du réacteur, avec dispersion des pastilles, en découplant l'erreur de chargement et la ruine de l'assemblage afin de justifier que chaque anomalie prise séparément (erreur de chargement seule, ruine seule d'un assemblage à sa bonne position dans le cœur) conduit à un keff maximal de 0,98, incertitudes de calcul comprises.

Observation n° 5 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait réaliser, à l'issue des premières années d'exploitation, un retour d'expérience de la gestion des charges calorifiques mobiles afin de vérifier la conformité aux exigences de la démonstration de maîtrise des risques d'incendie.

Observation n° 6 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait présenter, à l'échéance du dossier de fin de démarrage, les éléments techniques justifiant qu'une explosion dans les locaux HK0357ZL et HK1382ZL ne remet pas en cause le caractère enveloppe des scénarios d'incendie étudiés dans les locaux affectés par l'explosion.

Observation n° 7 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait prendre des dispositions appropriées en cas de manutention de la vanne RCP1210VN afin qu'elle ne chute pas directement sur la tuyauterie PTR6412TY.

Observation n° 8 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait fournir, avant l'arrivée de la première recharge de combustible sur site, le spectre d'ébranlement des éléments structuraux de génie civil du bâtiment du combustible en cas de chute d'un emballage de transport de combustible neuf, afin de le comparer au spectre de qualification sismique des équipements qui contribuent à garantir l'absence de vidange de la piscine de désactivation, ou participent à la réalisation d'une fonction de sûreté, et de statuer sur leur capacité fonctionnelle à la suite de cette chute.

Observation n° 9 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait diversifier, au plus tôt, les relais instantanés des armoires d'excitation et de régulation qui sont utilisés pour les groupes électrogènes de secours principaux et pour les groupes électrogènes d'ultime secours.

Observation n° 10 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait justifier que la conception du système DVP de ventilation de la station de pompage permet de respecter les requis de température des locaux de la station de pompage, des galeries associées et des locaux des zones de rejet et de pré-rejet de l'ouvrage de rejet. Dans ce cadre, EDF devrait justifier le caractère enveloppe, du point de vue thermique, des scénarios étudiés et montrer que les conservatismes considérés dans ces études permettent de couvrir les incertitudes de la modélisation et les évolutions de l'installation depuis 2012.

Observation n° 11 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait réaliser au plus tôt l'essai de filtration puisards « accident grave » (à chaud, à vitesse nominale représentative de la situation en réacteur, en considérant le terme source débris « amont » requis pour cette situation et l'eau contenant de l'acide borique et de la soude) afin de réaliser les modifications éventuellement nécessaires au premier arrêt pour rechargement du combustible dans le réacteur. Cet essai devrait, si possible, être poursuivi en augmentant la vitesse débitante pour simuler une surface de filtration plus faible, jusqu'à 50 % de bouchage.

Observation n° 12 :

Afin d'éviter toute fissuration de la tuyauterie de l'EVU principal par suite d'une corrosion, l'IRSN considère qu'EDF devrait compléter, à l'échéance du dossier de fin de démarrage, les dispositions de surveillance en exploitation de la chimie de l'eau du circuit EVU. EDF devrait justifier leur suffisance notamment au regard du retour d'expérience des fissurations apparues sur les peaux métalliques des piscines BR et BK des réacteurs du parc en fonctionnement.

Observation n° 13 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait fournir, avant la mise en service du réacteur, l'étude de la disposition permettant de limiter le débit d'une brèche de section importante affectant un tronçon non isolable connecté à la piscine BR pour permettre de statuer, à cette échéance, sur sa mise en œuvre avant le premier déchargement du combustible du réacteur.

Observation n° 14 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait fournir, avant la mise en service du réacteur, l'étude de la disposition permettant l'obturation préventive des lignes de fond des compartiments adjacents à la piscine de désactivation pour permettre de statuer, à cette échéance, sur sa mise en œuvre avant le premier déchargement du combustible du réacteur.

Observation n° 15 :

À défaut de pouvoir modifier la programmation des commandes groupées (CG) de régime associées aux modes de fonctionnement du système RIS-RA, pour que leur état reflète toujours le mode de fonctionnement réel du système, l'IRSN estime qu'EDF devrait mettre en place des mesures compensatoires de formation et d'organisation permettant de s'assurer de la maîtrise, par les équipes de conduite, du mode de fonctionnement de ces CG.

Observation n° 16 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait apporter, avant la mise en service du réacteur, les éléments permettant de conforter le caractère suffisant des effectifs des agents de terrain de l'équipe de conduite sur la base du test de déploiement des moyens locaux de crise post-Fukushima.