

Fontenay-aux-Roses, le 25 mars 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2016-00091

Objet : REP- EPR Flamanville 3
Sûreté de l'entreposage et de la manutention du combustible

Réf. [1] Lettre ASN-CODEP-DCN-2016-000724 du 7 janvier 2016 : « Réacteur EPR de Flamanville 3 - Examen de la sûreté de l'entreposage et de la manutention du combustible ».
[2] Lettre ASN - CODEP-DCN-2014-037896 du 28 octobre 2014 : « Réacteur EPR de Flamanville 3 - Conception des groupes électrogènes d'ultime secours (diesels SBO) ».
[3] Lettre ASN - CODEP-DCN-2015-005643 du 21 avril 2015 : « Réacteur Flamanville 3, de type EPR - Conception détaillée du système d'évacuation ultime de la puissance résiduelle (système EVU) ».

Dans le cadre de la demande de mise en service du réacteur n°3 de Flamanville (INB n°167), vous avez sollicité, par lettre citée en référence [1], l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la sûreté de l'entreposage et de la manutention du combustible.

L'exploitation d'un réacteur nucléaire impose de remplacer périodiquement une partie des assemblages de combustible usé présents dans le cœur par des assemblages de combustible neuf. Le cœur du réacteur Flamanville 3 sera constitué de 241 assemblages de crayons contenant des pastilles d'oxyde d'uranium (UO₂). L'entreposage et la manutention du combustible usé se font obligatoirement sous eau. À cet effet, la cuve du réacteur est placée au fond d'une piscine d'une douzaine de mètres de profondeur qui n'est remplie que pour la réalisation des opérations de chargement et de déchargement du combustible. Après déchargement, les assemblages sont transférés et entreposés dans une piscine du bâtiment d'entreposage du combustible (BK) qui communique avec la piscine située dans le bâtiment du réacteur (BR).

L'eau présente dans les piscines sert à la fois de fluide caloporteur permettant d'évacuer la puissance résiduelle des assemblages et de protection radiologique contre les rayonnements ionisants. La puissance résiduelle d'un assemblage venant d'être déchargé du réacteur peut atteindre 120 kW. Il ne pourra être évacué du site de Flamanville vers l'usine AREVA NC de La Hague qu'après décroissance de cette puissance sous 5 kW, soit plus d'une année après son déchargement.

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

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

L'entreposage des assemblages de combustible usé dans un bâtiment différent de celui recevant le réacteur permet de limiter l'inventaire radioactif présent dans ce dernier en cas d'accident affectant le réacteur. En revanche, il conduit à placer des assemblages de combustible irradié dans un bâtiment ne comportant pas d'enceinte de confinement étanche dimensionnée à une surpression accidentelle. En conséquence, une fusion de combustible dans ce bâtiment doit être « pratiquement éliminée »¹, ce qui implique que les dispositions de conception et d'exploitation doivent permettre de considérer avec un haut niveau confiance qu'un tel événement est extrêmement improbable.

Les types d'événements pouvant affecter la sûreté de la manutention et de l'entreposage du combustible du réacteur Flamanville 3 sont :

- les pertes de refroidissement ;
- les pertes d'inventaire en eau ;
- les scénarios accidentels qui pourraient conduire à une marge à la sous-criticité insuffisante ;
- les accidents ou erreurs de manutention susceptibles d'endommager le gainage des crayons combustibles.

Risques de perte de refroidissement de l'eau de la piscine BK

La capacité d'entreposage de la piscine BK est d'environ 1000 assemblages irradiés. La puissance résiduelle du combustible susceptible d'être entreposé diffère selon le domaine d'exploitation du réacteur. Elle est maximale dans les états d'arrêt lorsque le réacteur est totalement déchargé. Elle pourrait alors atteindre 20,8 MW. Après rechargement du réacteur, la puissance résiduelle maximale envisageable en piscine BK est nettement plus réduite (5,8 MW)².

Pour évacuer cette puissance thermique, la piscine est équipée de deux trains de refroidissement principaux appartenant au système PTR (traitement et refroidissement des piscines). Chacun de ces trains dispose de deux pompes assurant chacune 100 % du débit nominal de circulation. Les pompes de chaque train sont alimentées électriquement par une division électrique de sauvegarde (division de sauvegarde n° 2 pour le train PTR n° 1 et division de sauvegarde n° 4 pour le train PTR n° 2).

De plus, ces trains sont indépendants et séparés physiquement : une défaillance ou une agression interne (incendie, inondation...) ne doit pas conduire à une perte durable du refroidissement de la piscine.

Le critère d'acceptation des études des conditions de fonctionnement de référence (dites PCC), qui analysent les conséquences d'un événement initiateur unique, porte sur la température de l'eau de la piscine de désactivation, qui ne doit pas dépasser 80 °C lors d'un événement de perte de refroidissement. L'IRSN estime que les études réalisées par EDF identifient de façon satisfaisante les exigences de conception à affecter aux fonctions et aux équipements permettant de prévenir et de maîtriser une condition de fonctionnement de référence de perte de refroidissement.

¹ Exigence figurant dans les Directives techniques (DT) pour la conception et la construction de la génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression à laquelle appartient le réacteur EPR.

² Ces valeurs de puissance correspondent aux données d'entrée des études d'accident. Elles correspondent à une estimation faite en supposant que le réacteur Flamanville 3 utiliserait du combustible à base d'oxydes d'uranium et de plutonium (MOX). Ce type de combustible n'étant pas envisagé dans la demande de mise en service du réacteur, ces estimations revêtent un caractère enveloppe : dans la réalité, la puissance maximale entreposable en piscine BK ne devrait pas dépasser 18 MW avec du combustible UO₂.

En complément des événements initiés par un événement unique, la démonstration de sûreté doit prendre en compte des transitoires induits par un cumul d'événements jugés plausibles (conditions de fonctionnement RRC-A³) : les transitoires retenus dans la démonstration de sûreté comprennent notamment des accidents de manque de tension généralisé (MDTG)⁴ et de perte totale de la source froide, considérés dans différents domaines d'exploitation du réacteur.

Afin d'éviter une perte prolongée de refroidissement dans les situations RRC-A, un train de refroidissement de secours de la piscine BK a été prévu lors de la définition des options de conception du réacteur Flamanville 3. Ce train de secours est soumis à des exigences de diversification par rapport aux trains principaux. Il bénéficie notamment d'une chaîne de refroidissement s'appuyant sur les systèmes d'évacuation de l'énergie de l'enclaustrage de confinement (EVU) et de la source froide ultime (SRU), différente de la chaîne de refroidissement des trains de refroidissement principaux. Cette conception vise à garantir la disponibilité de la fonction de refroidissement assurée par ce troisième train du système PTR en cas d'agression affectant la station de pompage (arrivée massive de colmatants, dérive de nappe d'hydrocarbure...)⁵. Les matériels électriques du troisième train PTR et des systèmes EVU et SRU sont secourus par les groupes électrogènes d'ultime secours et peuvent donc être utilisés en cas de MDTG. Ces principes de conception ont été jugés satisfaisants lors de leur examen en 2003.

Cependant, à l'issue de la phase ultérieure de définition détaillée des caractéristiques des équipements, il est apparu que le dimensionnement des systèmes EVU et SRU ainsi que des groupes électrogènes d'ultime secours ne permettrait pas de faire face à des situations affectant à la fois le réacteur et la piscine BK. Pour ces accidents, l'évacuation de la puissance résiduelle du réacteur est privilégiée par l'exploitant et une perte de refroidissement affectant l'ensemble de l'installation (à la suite de la perte de la source froide ou d'un MDTG) conduirait à l'ébullition de l'eau de la piscine BK si le réacteur n'est pas en état d'arrêt, cœur complètement déchargé. Par ses lettres [2] et [3], l'ASN a donc demandé à EDF « *d'étudier des évolutions de conception qui permettraient de gérer, sans ébullition de l'eau de la piscine BK, l'intégralité des situations accidentelles qui nécessitent à la fois l'évacuation de la puissance résiduelle du bâtiment réacteur et de la piscine BK. Ces évolutions doivent viser à la fois l'alimentation électrique du système EVU en cas de manque de tension généralisé ainsi que la capacité de la chaîne de refroidissement EVU/SRU* » .

L'ébullition de l'eau de la piscine BK est toutefois considérée de façon déterministe dans la démonstration de sûreté, au titre d'une condition de fonctionnement RRC-A envisageant la perte prolongée de l'ensemble des trains de refroidissement du système PTR ou d'une agression extrême de type Fukushima. La conception des systèmes et la conduite adoptée lors de cet accident doivent permettre d'évacuer transitoirement la puissance résiduelle du combustible entreposé par la vaporisation de l'eau de la piscine et par la compensation des pertes en eau, sans dégradation

³ Risk reduction category

⁴ Un MDTG est une perte des alimentations électriques externes suivie de la perte de tous les groupes électrogènes de secours. Seuls les matériels électriques alimentés par les groupes électrogènes d'ultime secours restent alors fonctionnels.

⁵ L'aspiration du système SRU peut être lignée, soit sur le système de filtration de la station de pompage (lignage par défaut), soit sur le bassin de rejet en pleine mer. L'extrémité de la tuyauterie de rejet des eaux de refroidissement est située à environ 600 m de la côte et ne serait pas affectée par ces agressions.

inacceptable des conditions d'ambiance thermique et hygrométrique dans le BK ou dans les bâtiments adjacents (risque de dysfonctionnements de matériels, inaccessibilité de certains locaux) : la vapeur d'eau sera évacuée par un exutoire raccordé à la cheminée du bâtiment des auxiliaires nucléaires⁶. L'IRSN constate que les caractéristiques de cet exutoire sont en cours de définition et que de ce fait, les conditions d'ambiance thermique et hygrométrique des locaux du BK et la valeur maximale de la surpression pouvant être atteinte dans le hall de la piscine BK devront être réévaluées une fois la conception de cet exutoire finalisée (observation n° 1 en annexe 2).

L'IRSN estime qu'EDF doit aussi justifier qu'il sera possible de ramener l'installation dans un état final permettant une évacuation durable de la puissance résiduelle du combustible par un train de refroidissement PTR (recommandation n° 1 en annexe 1). A cet égard, une donnée importante pour vérifier la capacité d'un train du système PTR à refroidir l'eau de la piscine en ébullition sans risque de dysfonctionnement est la température de l'eau à l'entrée de la tuyauterie d'aspiration : en effet, si cette température est trop élevée, une vaporisation importante peut se produire dans la tuyauterie d'aspiration du fait des pertes de charge, des perturbations de l'écoulement et des contacts de l'eau avec la paroi de la tuyauterie. Afin de réduire le risque de vaporisation de l'eau dans la tuyauterie d'aspiration du train de refroidissement à redémarrer, EDF a équipé l'un d'entre eux (train PTR n° 2) d'un dispositif de conditionnement thermique comprenant un appoint en eau froide dans les crosses d'aspiration⁷. Cette disposition permet d'abaisser la température de l'eau aspirée. **L'IRSN note que la marge à la saturation reste limitée dans des conditions thermohydrauliques complexes et estime nécessaire de mettre en œuvre des dispositions complémentaires permettant de réduire les risques de cavitation au redémarrage du refroidissement de la piscine, de manière à garantir la capacité à « démarrer et fonctionner en situation d'ébullition de l'eau de la piscine du râtelier » (recommandation n° 2 en annexe 1).**

Risques de perte d'inventaire en eau

La conception du réacteur Flamanville 3 présente des améliorations notables de la sûreté pour ce qui concerne la prévention et la maîtrise d'un accident de vidange de la piscine BK, que cet accident résulte d'une agression, d'une défaillance interne ou d'une erreur humaine. En effet, le BK est situé sous une « coque avion » qui le protège des effets de la chute d'un aéronef de taille significative. Les BR et BK reposent sur un radier commun ce qui évite tout risque de tassement différentiel de ces bâtiments et limite les efforts s'exerçant sur le tube de transfert⁸ en cas de séisme.

Le circuit de refroidissement du système PTR du réacteur Flamanville 3 est utilisé uniquement pour la fonction de refroidissement de la piscine. Les mouvements d'eau entre les compartiments des piscines BR et BK ainsi que la vidange, le remplissage ou la mise en brassage du réservoir d'eau primaire

⁶ Cette vapeur d'eau peut être produite en quantité importante, jusqu'à 55 000 m³/h pour une puissance résiduelle de 20,8 MW.

⁷ Chaque train de refroidissement est équipé de deux crosses d'aspiration pour réduire la vitesse du fluide aspiré.

⁸ Tube permettant de mettre en communication les piscines BR et BK et de transférer des assemblages de combustible (un par un après leur basculement à l'horizontale).

interne au BR (IRWST⁹) sont assurés par le circuit de purification du système PTR. Cette conception permet une réduction notable du risque de vidange importante de la piscine BK en cas d'erreur de lignage.

L'implantation des tuyauteries qui débouchent dans le compartiment d'entreposage de la piscine BK rend physiquement impossible le dénoyage direct des assemblages présents dans le râtelier d'entreposage en cas de rupture de l'une d'entre elles. Dans ce compartiment, seules les tuyauteries de refoulement du circuit de refroidissement PTR plongent sous le niveau d'un assemblage en cours de manutention. Toutefois, en cas de rupture de celles-ci, le découvrément de cet assemblage manutentionné est extrêmement improbable du fait de la présence d'un dispositif casse-siphon et d'un clapet anti-retour installés sur chacune de ces lignes. Ces dispositifs stopperaient rapidement tout amorçage de vidange.

La démonstration de sûreté présentée par EDF considère des ruptures guillotines des tronçons de tuyauterie isolables de la piscine BK en cas d'accident, étudiées au titre des conditions de fonctionnement de référence, et définit les dispositions permettant d'éviter le découvrément du combustible ou l'ébullition de l'eau de la piscine. En complément, des brèches non isolables de section limitée à un diamètre équivalent de 50 mm sont prises en compte sur les tuyauteries connectées aux boucles primaires lorsque la piscine BR est en communication avec la piscine BK. Ces brèches sont également étudiées au titre des conditions de fonctionnement de référence.

En revanche, EDF exclut l'occurrence d'une fuite ou d'une brèche sur certains tronçons non isolables de tuyauteries. L'exclusion de ces défaillances repose sur l'application d'un référentiel, défini par EDF, visant à prévenir toute défaillance. Elles ne font donc l'objet d'aucune étude d'accident au titre des conditions de fonctionnement de référence. **L'IRSN constate que les exigences de ce référentiel n'ont pas toutes été correctement appliquées par EDF lors de la conception et de la fabrication des tronçons de tuyauteries concernées :**

- l'ensemble des modes de dégradation potentiels n'a pas été identifié par EDF, en particulier la corrosion sous contrainte et les chargements non maîtrisés comme les coups de bélier ;
- le tube de transfert est construit à partir d'un assemblage de tôles roulées et soudées longitudinalement qui n'ont fait l'objet d'aucune disposition visant à limiter les contraintes résiduelles ;
- certaines tuyauteries ont un tracé long et complexe ;
- les contrôles périodiques se limitent à des examens visuels ou télévisuels de la paroi externe des tuyauteries PTR et du tube de transfert, ce qui ne permet pas de détecter de façon précoce une dégradation initiée en paroi interne.

Par ailleurs, la démonstration de l'absence de défaillance de ces tronçons en cas d'agression interne n'est pas totalement apportée.

⁹ In-containment refueling water storage tank : réservoir ouvert, situé au fond du BR, alimentant le système d'injection de sécurité (RIS) et le système d'évacuation ultime de la chaleur de l'enceinte du réacteur et permettant le remplissage et la vidange des compartiments de la piscine BR.

En conséquence, l'IRSN estime que l'occurrence d'une fuite ou d'une brèche non isolable sur ces différentes tuyauteries doit être retenue dans les conditions de fonctionnement de référence. A ce titre, les événements non exclus doivent être traités dans la démonstration de sûreté selon les règles d'analyse définies pour les conditions de fonctionnement de référence : des dispositions appropriées de limitation des conséquences devront être définies (recommandations n° 3 à n° 6 en annexe 1).

Risques de criticité

Les risques de criticité dans le BK du réacteur Flamanville 3 ont fait l'objet d'une première instruction en 2010. Les réponses apportées par EDF à la suite de cette instruction ainsi que la prévention des risques spécifiques à l'entreposage à sec des assemblages neufs (non examinés en 2010) sont jugées globalement satisfaisantes par l'IRSN (observations n° 2 et n° 3 en annexe 2).

Par ailleurs, l'IRSN avait demandé à EDF d'étudier l'impact d'une ébullition de la piscine de désactivation sur les risques de criticité, en examinant de façon déterministe l'évolution de la réactivité du combustible en fonction du taux de vide dans la zone d'entreposage. L'IRSN estime que les études fournies par EDF sont satisfaisantes. Toutefois, des compléments devraient être apportés pour évaluer l'impact de l'appoint d'eau froide dans la piscine lors de la reprise du refroidissement et conclure à l'absence de risque de criticité en dehors des phases d'appoint et de reprise du refroidissement (observation n° 4 en annexe 2).

Risques liés à la manutention

Les conséquences de la chute d'un assemblage de combustible irradié manutentionné sous eau ont été étudiées par EDF au titre des conditions de fonctionnement de référence. Les dispositions mises en œuvre n'appellent pas d'observation de l'IRSN.

En revanche, les dispositions de prévention et de limitation des conséquences d'une chute d'un colis de transport de combustible usé lors de son lavage dans la tour de manutention attenante au BK ne sont actuellement pas présentées dans le rapport de sûreté du réacteur Flamanville 3. Au cours de l'instruction, EDF s'est engagé à vérifier le maintien de l'étanchéité et de l'intégrité de l'emballage dans la prochaine mise à jour du dossier de demande de mise en service (DMES) : l'IRSN estime que cet événement devrait être étudié au titre des conditions de fonctionnement de référence (observation n° 5 en annexe 2).

Risques liés à la production de dihydrogène par radiolyse

La radiolyse de l'eau de la piscine d'entreposage du combustible irradié entraîne la production de dihydrogène. Une partie de ce gaz restera dissoute dans l'eau et une autre partie se retrouvera dans l'atmosphère du hall de la piscine. En cas d'arrêt ou de défaillance des systèmes de ventilation, ce gaz pourrait s'accumuler et réagir violemment avec le dioxygène présent dans l'air.

Comparativement au parc de réacteurs en fonctionnement, la configuration du BK du réacteur Flamanville 3 présente des spécificités liées à la puissance résiduelle importante du combustible entreposé et au volume réduit du hall de la piscine.

EDF a estimé, sur la base d'études réalisées par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) que la concentration maximale en dihydrogène ne devrait pas dépasser 2,5 % dans le hall du BK, ce qui permet d'exclure le risque d'inflammation ou d'explosion. EDF s'est engagé à fournir les études et recherches permettant d'obtenir ce résultat.

L'IRSN considère que certaines hypothèses structurantes retenues dans ces études devront être consolidées par des mesures expérimentales lors du premier arrêt pour le renouvellement du combustible (recommandation n° 7 en annexe 1).

Agressions internes

L'objectif général des dispositions de prévention et de limitation des effets d'une agression interne est de garantir que les fonctions de sûreté assurées par les systèmes et les matériels qui sont nécessaires pour amener l'installation dans un état sûr et pour limiter les rejets radioactifs ne sont pas affectées de manière inadmissible. Cet objectif s'applique aux incidents et accidents susceptibles d'affecter aussi bien la sûreté du réacteur que la sûreté de l'entreposage et de la manutention du combustible.

L'IRSN a analysé les risques pouvant être occasionnés par une inondation interne ou une chute de charge dans la présente instruction, la piscine constituant une réserve d'eau importante et le BK abritant plusieurs ponts de manutention ayant une capacité de levage élevée (hauteur et tonnage). Les principes retenus pour l'évaluation des agressions internes pour le réacteur Flamanville 3 feront l'objet d'une instruction dans le cadre de la préparation de la réunion du groupe permanent d'experts pour les réacteurs (GPR) dédiée aux systèmes et agressions prévue à la fin de l'année 2016.

Les études d'EDF relatives au risque d'inondation interne sont jugées globalement satisfaisantes : elles appellent toutefois les observations n° 6 à n° 8 présentées en annexe 2.

Concernant les risques pouvant être occasionnés par une chute de charge, l'IRSN considère que les éléments présentés sont insuffisants pour exclure la chute des charges manutentionnées par des ponts classés haute sécurité de niveau 1 : **il estime donc qu'EDF doit démontrer le maintien du refroidissement des assemblages de combustible en cas de chute du batardeau sur la piscine (recommandation n° 8 en annexe 1).** Par ailleurs, l'analyse de la chute d'un emballage de réception de combustible neuf doit être complétée vis-à-vis des conséquences de l'ébranlement des structures de génie civil supportant la piscine (observation n° 9 en annexe 2).

Vérification des objectifs probabilistes

L'approche déterministe de la sûreté de la manutention et de l'entreposage du combustible est complétée par une évaluation probabiliste des risques de façon à conforter le choix des options de conception, à vérifier la réduction des risques d'ébullition de la piscine BK et à apprécier le caractère « pratiquement éliminé » des risques de fusion du combustible dans le BK. Cette évaluation doit prendre en considération l'ensemble des risques liés à des défaillances internes et intégrer les événements induits par certaines agressions.

Une étude probabiliste de sûreté (EPS) dédiée permet d'évaluer la fréquence de perte totale de refroidissement de la piscine BK à la suite d'une combinaison de défaillances ou d'indisponibilités du système de refroidissement PTR et de ses systèmes supports en incluant les erreurs humaines. Cette évaluation est complétée par une modélisation des parades (moyens d'appoint à la piscine par exemple) permettant d'éviter un découverture du combustible à la suite de l'événement initiateur de perte totale du refroidissement. Au cours de l'instruction, EDF s'est engagé à mettre à jour cette EPS à l'échéance du Dossier de fin de démarrage (DFD) en réévaluant les initiateurs de pertes électriques externes. L'IRSN estime que cette révision devra intégrer les éléments faisant l'objet des observations n° 10 et 11 exposées en annexe 2.

L'EPS dédiée aux risques de vidange de la piscine BK couvre de façon satisfaisante les différentes séquences accidentelles pouvant conduire à une perte importante d'inventaire en eau. Cette EPS ne tient toutefois pas compte de certaines dépendances, de certains risques de défaillance de mode commun, ni des dernières évolutions de conception du réacteur Flamanville 3 : EDF s'est donc engagé à la mettre à jour. **L'IRSN estime que cette révision devra aussi modéliser les risques de découverture du combustible pouvant résulter d'erreurs humaines, lorsque la piscine BK est en communication avec la piscine BR (recommandation n° 9 en annexe 1).**

EDF a également réalisé des EPS relatives aux risques d'incendie, d'inondation interne et d'explosion. Ces études et les compléments qu'EDF s'est engagé à transmettre sont jugés satisfaisants.

Concernant la réduction du risque d'ébullition dans la piscine, l'IRSN rappelle que toutes les situations RRC-A initiées par un MDTG, hormis l'état correspondant au cœur complètement déchargé du réacteur, conduisent à l'ébullition de la piscine compte tenu de la priorité donnée à la réalimentation électrique des systèmes permettant d'évacuer la puissance résiduelle du réacteur : à cet égard, l'ASN a demandé à EDF d'étudier des évolutions de conception pour gérer ces situations sans ébullition. L'IRSN considère qu'EDF devra vérifier l'efficacité de ces évolutions de conception à l'aide d'une Étude probabiliste de sûreté (observation n° 12 en annexe 2).

Noyau dur post-Fukushima

Les évaluations complémentaires de sûreté (ECS) réalisées, à la suite de l'accident survenu le 11 mars 2011 à la centrale de Fukushima Daiichi, ont permis d'évaluer le comportement des installations à des situations extrêmes¹⁰, ciblées essentiellement sur les thématiques du séisme, de l'inondation et de la perte des alimentations électriques ou de la source froide, en incluant la gestion des accidents graves affectant de façon durable tout ou partie des installations d'un site. Après réalisation de ces ECS, l'ASN a prescrit la mise en place d'un noyau dur de dispositions matérielles et organisationnelles robustes.

S'agissant des situations extrêmes pouvant affecter l'entreposage et la manutention du combustible en piscine BK du réacteur Flamanville 3, une des dispositions du noyau dur consiste à réaliser un appoint d'eau à la piscine BK, de façon gravitaire, à partir d'un bassin de grande capacité située en partie haute du site. Une tuyauterie d'acheminement fixe sera installée entre ce bassin et un poste

¹⁰ Les situations extrêmes correspondent ici aux situations du type de celle rencontrée à Fukushima.

de vannage situé au pied de la falaise du site, à proximité de l'îlot nucléaire du réacteur Flamanville 3. Le raccordement de ce poste de vannage à la tuyauterie du BK permettant l'appoint à la piscine nécessite le montage de 180 mètres de raccords flexibles qui seront stockés au Centre de crise local (CCL), situé à environ 800 m du BK du réacteur Flamanville 3. EDF estime que le montage de ce dispositif pourrait débuter environ 7 heures après la survenue de la situation extrême et devrait durer environ 6 heures.

L'IRSN relève que la mise en œuvre de cette fonction du noyau dur repose sur une intervention humaine à l'extérieur des bâtiments dans des conditions d'ambiance potentiellement difficiles. Cette intervention devra être réalisée par une équipe du site qui n'est ni formée, ni entraînée à une telle situation¹¹. Aussi, l'IRSN estime nécessaire d'installer une tuyauterie d'acheminement de l'eau du bassin SEA fixe jusqu'au BK (recommandation n° 10 en annexe 1).

Conclusion

Sous réserve de la prise en compte des recommandations jointes au présent avis et de la mise en œuvre des engagements pris par EDF, l'IRSN estime que les dispositions retenues pour ce qui concerne l'entreposage et la manutention des assemblages de combustible dans le bâtiment du combustible devraient permettre d'assurer un niveau de sûreté satisfaisant. L'IRSN souligne toutefois que le caractère « pratiquement éliminé » du risque de fusion du combustible en piscine reste à apprécier au regard des dispositions de limitation des conséquences des pertes d'inventaire en eau et des compléments apportés pour l'évaluation probabiliste du risque de fusion.

Pour le Directeur général de l'IRSN,
et par délégation,
La Directrice des systèmes, des nouveaux
réacteurs et des démarches de sûreté

S. CADET-MERCIER

¹¹ Ces équipes locales ne pourront être secondées par le personnel de la Force d'action rapide nucléaire (FARN) que 24 heures après le début de l'événement.

Recommandations

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF définisse un état final permettant, pour les études des conditions de fonctionnement RRC-A affectant la piscine de désactivation, une évacuation durable de la puissance résiduelle du combustible par un train de refroidissement PTR.

Recommandation n° 2

Compte tenu des incertitudes sur l'évaluation des conditions à l'aspiration (température, taux de vide) du train de refroidissement principal PTR n°2 en situation prolongée de perte de refroidissement, l'IRSN recommande qu'EDF mette en œuvre des dispositions complémentaires garantissant la capacité à démarrer et fonctionner en situation d'ébullition de l'eau de la piscine du râtelier.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'EDF définisse et étudie un transitoire PCC consécutif à une brèche en amont des deux premiers organes d'isolement d'une ligne d'aspiration d'un train de refroidissement PTR et détermine dans ce cadre des dispositions permettant d'atteindre un état sûr.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande qu'EDF définisse et étudie un transitoire PCC consécutif à une brèche en amont des deux premiers organes d'isolement d'une ligne de vidange des compartiments de transfert, des internes de la cuve et de la cuve de la piscine BR et détermine dans ce cadre des dispositions de limitation des conséquences.

Recommandation n° 5

L'IRSN recommande qu'EDF définisse et étudie un transitoire PCC consécutif à une brèche en amont des deux premiers organes d'isolement d'une ligne de vidange des compartiments de transfert ou de chargement de la piscine BK et détermine dans ce cadre des dispositions de limitation des conséquences.

Recommandation n° 6

L'IRSN recommande qu'EDF définisse et étudie un transitoire PCC consécutif à une brèche sur le tube de transfert ou ses équipements et détermine dans ce cadre des dispositions de limitation des conséquences.

Recommandation n° 7

L'IRSN recommande qu'EDF propose un protocole d'essais permettant d'étayer, lors du premier déchargement de combustible irradié dans la piscine BK, les hypothèses structurantes de l'étude de production d'hydrogène par radiolyse de l'eau de la piscine BK du réacteur de Flamanville 3.

Recommandation n° 8

L'IRSN recommande qu'EDF étudie les conséquences d'une chute et d'un basculement du batardeau BK dans la piscine de désactivation au cours de sa maintenance entre les compartiments de transfert et de chargement. L'étude d'EDF devra notamment s'assurer du refroidissement des assemblages de combustible entreposés dans des alvéoles recouvertes par le batardeau.

Recommandation n° 9

L'IRSN recommande qu'EDF complète, avant la mise en service du réacteur, l'évaluation probabiliste du risque de découverture du combustible par une meilleure prise en compte des erreurs humaines et de leurs dépendances éventuelles lorsque les piscines BR et BK sont en communication. Le cas échéant, EDF définira des dispositions appropriées permettant de justifier l'« élimination pratique » du découverture du combustible.

Recommandation n° 10

L'IRSN recommande que les dispositions d'appoint en eau d'ultime secours à la piscine de désactivation et aux bâches ASG s'appuient sur des moyens fixes afin d'assurer leur mise en œuvre rapide avec des moyens humains limités.

Observations

Observation n° 1

L'IRSN estime qu'à l'occasion de la mise à jour de l'étude des conditions d'ambiance dans le BK en condition d'ébullition de la piscine, EDF devrait préciser les valeurs de surpression prises en compte pour le dimensionnement des organes assurant le confinement du hall BK en condition d'ébullition de la piscine : portes, gaines et registres de ventilation, trémies et fourreaux, etc.

Observation n° 2

L'IRSN considère qu'EDF devrait justifier la pénalité retenue au titre de la qualification des outils de calcul utilisés dans son estimation de la masse maximale autorisée de pastilles d'UO₂ lors des opérations de récupération.

Observation n° 3

L'IRSN considère qu'EDF devrait mettre à jour les éléments du DMES de Flamanville 3 justifiant l'absence de risque de criticité à la suite de la chute d'un assemblage en piscine de désactivation pour :

- intégrer une hypothèse relative au débit de fuite maximal à envisager, consécutif à la chute d'un assemblage ;
- prendre en compte la conception finale de l'appoint de secours à la piscine de désactivation ;
- préciser les dispositions permettant d'éviter ou de limiter les conséquences de la formation d'une dilution hétérogène suite à la mise en service d'un appoint en eau claire dans les crosses d'aspiration du train n° 2 ;
- préciser les moyens permettant de restaurer à moyen terme une concentration en bore conforme aux STE.

Observation n° 4

L'IRSN considère qu'EDF devrait apporter un complément d'analyse pour confirmer l'absence de risque de criticité lors du redémarrage d'un train de refroidissement PTR à la suite d'une ébullition de la piscine de désactivation. Cette analyse évaluera les taux de vide et leurs hétérogénéités potentielles dans les alvéoles et les zones inter-alvéoles situées à proximité de la tuyauterie de refoulement du train redémarré.

Observation n° 5

L'IRSN estime qu'EDF devrait considérer la chute d'un colis de transport d'assemblages usés dans la tour de manutention attenante au BK comme un événement initiateur d'un transitoire accidentel PCC pour le réacteur de Flamanville 3. Le classement de sûreté et les exigences relatives aux équipements

nécessaires à la prévention de cet accident ou à la limitation de ses conséquences devraient être définis en conséquence, au plus tard dans le cadre du Dossier de fin de démarrage.

Observation n° 6

L'IRSN estime qu'EDF devrait justifier que l'indisponibilité des fonctions F1 perdues à la suite d'une agression interne, mais non nécessaires pour atteindre et maintenir l'état sûr à la suite de l'agression, sera bien détectée et gérée par l'application des RGE.

Observation n° 7

L'IRSN estime qu'EDF devrait préciser les dispositions de suivi en exploitation qui permettront de vérifier l'étanchéité de l'enrubannage des chemins de câbles et des trémies électriques requises étanches sur le réacteur de Flamanville 3 dans des délais compatibles avec l'instruction du GPR de fin 2016.

Observation n° 8

L'IRSN estime que l'analyse de sensibilité relative à l'étude de hauteur d'eau dans les locaux des pompes PTR du train 1 en cas d'inondation interne devra être transmise dans des délais compatibles pour un examen dans le cadre de l'instruction du GPR de fin 2016.

Observation n° 9

L'IRSN considère qu'EDF devrait compléter l'analyse de la chute d'un emballage de réception combustible neuf depuis le niveau +8,50 m dans le BK avant la mise en service du réacteur de Flamanville 3 vis-à-vis des conséquences de l'ébranlement des structures de génie civil soutenant la piscine et assurant son intégrité.

Observation n° 10

L'IRSN estime qu'EDF devrait vérifier et justifier, au regard du retour d'expérience du parc de réacteurs en exploitation, que l'organisation du service maintenance permettra de façon sûre la réparation d'équipements sous les délais et conditions envisagés par les EPS, que ce soit en heure normale ou en astreinte. Cette analyse devra notamment prendre en compte l'incident de perte totale des alimentations externes d'une durée supérieure à 60 heures, survenu sur le réacteur n°2 de Flamanville le 9 octobre 2015.

Observation n° 11

L'IRSN estime que, dans le cadre de la révision de l'EPS de référence à l'échéance du DFD, EDF devrait intégrer l'impact de la maintenance préventive sur le risque d'ébullition de la piscine BK et de découverte du combustible entreposé ou manutentionné en piscine, en cohérence avec les spécifications des RGE.

Observation n° 12

Dans l'objectif de vérifier l'efficacité des dispositions à mettre en œuvre pour réduire la vraisemblance d'une ébullition en piscine BK, l'IRSN estime qu'EDF devra fournir une étude

probabiliste permettant d'identifier et de hiérarchiser les différentes contributions au risque. Cette évaluation devra en particulier considérer :

- les pertes longues des alimentations électriques externes ;
- les indisponibilités pour maintenance préventive des matériels programmées dans les états d'arrêt du réacteur ;
- les dépendances entre les initiateurs et les parades, notamment en ce qui concerne les moyens de détection d'un colmatage des filtres de la station de pompage ;
- des temps de réparation des diesels cohérents avec l'expérience d'exploitation du parc ;
- les scénarios accidentels consécutifs à la perte en cascade des groupes électrogènes de secours.

À partir de cette EPS, EDF devra identifier les dispositions permettant une réduction importante du risque d'ébullition en piscine BK.

En cohérence avec la réponse récemment apportée à l'ASN, l'IRSN estime qu'EDF devrait se fixer l'objectif de démontrer que la probabilité des séquences accidentelles pour lesquelles les systèmes EVU et SRU ne peuvent pas assurer le refroidissement du troisième train PTR représente moins de 1 % de la probabilité de l'ensemble des séquences impliquant une perte totale du refroidissement PTR.