

Fontenay-aux-Roses, le 28 avril 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2017-00151

Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF - Palier N4 - État technique « VD2 » : Instruction anticipée des études de risque pour la piscine du combustible « thème FBK1 » en vue du GP EPS VD2 N4

Réf. Lettre ASN - CODEP-DCN-2016-002123 du 9 décembre 2016

Dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux deuxièmes visites décennales des réacteurs de 1450 MWe (N4), l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a souhaité, par sa saisine en référence, recueillir l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le thème de réexamen « Études de risque pour la piscine du combustible ». Ce thème porte sur les Études Probabilistes de Sûreté (EPS) de niveau 1 « événements internes » réalisées par EDF en vue d'apprécier les risques liés à la piscine d'entreposage du combustible (piscine BK).

Conformément à la saisine, l'analyse de l'IRSN a porté sur :

- les méthodes, les données d'entrées, les hypothèses et les résultats des EPS réalisées par EDF ;
- les modifications éventuelles tant en termes de conception que d'exploitation se dégageant de l'utilisation de ces EPS ;
- leur représentativité vis-à-vis d'applications ultérieures (domaine complémentaire, règles générales d'exploitation, spécifications techniques d'exploitation, etc.).

Dossier transmis par EDF

Le dossier présenté par EDF comporte deux EPS pour la piscine BK (EPS BK). La première est dédiée aux situations de pertes de refroidissement et la seconde aux situations de vidanges accidentelles.

Périmètre des EPS BK

Les EPS BK du palier N4 sont réalisées en cohérence avec celles réalisées pour les réacteurs de 1300 MWe et conformément aux demandes formulées par l'ASN lors des orientations du réexamen de sûreté associé aux deuxièmes visites décennales (VD2 N4).

Les événements initiateurs, induits par des agressions externes, susceptibles d'impacter l'ensemble du site, notamment la « perte de la source froide affectant l'ensemble des tranches » ne sont pas étudiés. De plus, les EPS BK ne modélisent pas les séquences à « long terme », c'est-à-dire survenant au-delà de 24 heures.

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

État de référence de l'installation considéré dans les EPS BK

Les EPS BK intègrent l'ensemble des modifications matérielles décidées à l'issue du réexamen de sûreté associé aux premières visites décennales des réacteurs du palier N4, ainsi qu'une modification résultant des évaluations complémentaires de sûreté visant à améliorer la gestion des situations de vidange de la piscine BK par la fermeture automatique de la vanne d'aspiration des pompes du circuit de refroidissement de la piscine BK sur niveau d'eau très bas dans la piscine BK.

Elles ne prennent pas en compte les modifications suivantes, qu'EDF prévoit de mettre en œuvre dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux VD2 N4, EDF estimant leur impact sur les EPS négligeable :

- le doublement du joint statique des batardeaux de la piscine du bâtiment réacteur (BR) ;
- l'instrumentation en pression des accumulateurs du système d'injection de sécurité (RIS) ;
- la motorisation et le déport de la commande de la vanne d'isolement du tube de transfert.

L'IRSN souligne que la prise en compte de la première modification est néanmoins nécessaire pour pouvoir considérer que le scénario d'effacement d'un batardeau est négligeable et pouvoir l'exclure du champ de l'EPS « vidanges accidentelles ».

Enfin, les modifications « post-Fukushima », notamment l'appoint ultime en eau prévu en phase 2 et le diesel d'ultime secours (DUS), ne sont pas valorisées dans les EPS BK.

Résultats et conclusions des EPS BK

Les situations redoutées, retenues par EDF, sont le découvrément des assemblages de combustible entreposés dans la piscine de désactivation et le découvrément d'un assemblage de combustible en cours de manutention (critères de découplage).

Pour les événements initiateurs de pertes de refroidissement de la piscine BK, la fréquence de découvrément des assemblages de combustible est évaluée au global à $1,2 \cdot 10^{-7}$ /année.réacteur (a.r). Les événements initiateurs prépondérants sont la perte des sources électriques externes et la perte du tronçon commun du circuit de refroidissement intermédiaire (RRI). Le risque est principalement porté par les états du réacteur « Arrêt pour rechargement » (APR) et « Réacteur complètement déchargé » (RCD).

Pour les événements initiateurs de vidanges accidentelles, la fréquence de découvrément des assemblages de combustible est évaluée au global à $7,5 \cdot 10^{-8}$ /a.r.

Les événements initiateurs prépondérants correspondent à des ruptures sur le circuit PTR survenant dans les états du réacteur RCD et APR.

Ces résultats soulignent l'importance de la modification matérielle consistant en la fermeture automatique de la vanne d'aspiration du circuit PTR de la piscine BK ainsi que l'importance de l'arrêt automatique des pompes PTR sur signal de niveau très bas piscine, vis-à-vis de la fréquence de découvrément des assemblages de combustible.

Compte tenu des résultats obtenus, EDF ne propose pas de mettre en œuvre de modifications matérielles ou d'exploitation autres que celles qu'il avait d'ores et déjà décidé de mettre en œuvre lors du réexamen VD2 N4.

Analyse de l'IRSN concernant les méthodes, les données d'entrées et les hypothèses des EPS BK

Sont présentés dans les paragraphes suivants les aspects susceptibles d'avoir un impact sur les résultats et les enseignements des EPS.

Temps de scrutation des séquences accidentelles

En cas de pertes du refroidissement ou de vidanges accidentelles de la piscine BK, les appoints en eau permettent de compenser le débit d'évaporation de la piscine en ébullition et de prévenir le découverture des assemblages de combustible. EDF considère ainsi que la restauration d'un refroidissement permanent n'est pas nécessaire dès lors qu'un appoint en eau à la piscine BK est réalisé.

Les appoints en eau en situation accidentelle peuvent être réalisés soit par le système d'eau déminéralisée des sites (SED), soit par le système d'incendie (JPI) alimenté par le système de pompage JPP de la tranche étudiée ou de la tranche voisine. Ainsi, tant que le refroidissement de la piscine BK n'est pas récupéré, l'appoint à la piscine BK doit être maintenu. Selon les événements initiateurs et les scénarios accidentels examinés, le délai nécessaire pour rétablir le refroidissement de la piscine BK peut varier entre quelques heures et plusieurs jours.

Dans ses EPS BK, EDF retient un temps de scrutation des séquences accidentelles unique de 24 heures, indépendamment du délai de récupération du refroidissement de la piscine BK et donc de la durée pendant laquelle l'appoint à la piscine BK doit être maintenu en fonctionnement. Les modes de défaillance et les événements inévitables survenant au-delà de 24 heures, notamment le besoin de réalimenter la bache du système SED, ne sont pas pris en compte. L'IRSN rappelle à cet égard que la Règle fondamentale de sûreté n° 2002-01 (RFS EPS) préconise « *de tenir compte des événements qui surviendraient ultérieurement de façon inévitabile ou des modes de défaillance spécifiques à des équipements qui ne sont pas utilisés à court terme* ». L'IRSN estime donc que la modélisation de l'appoint à la piscine BK doit tenir compte de l'ensemble des événements qui surviendraient de façon inévitabile avant la restauration du refroidissement de la piscine. L'IRSN souligne que le respect de cette préconisation rajouterait de nouvelles séquences accidentelles et pourrait conduire, pour certains initiateurs, à augmenter de manière significative la fréquence de découverture des assemblages de combustible. **Ce point fait l'objet de la recommandation en annexe 1.**

Confinement du hall BK avant l'ébullition de la piscine et mise en service des appoints

Le confinement du hall BK a pour but d'éviter la contamination des locaux adjacents et de limiter leur température, permettant ainsi l'accès aux vannes nécessaires à la mise en œuvre des appoints à la piscine ou la réparation de matériels défaillants. Dans ses EPS BK, EDF ne retient pas d'échec de cette action de confinement, considérant que le délai disponible est suffisant.

L'IRSN estime que les éléments fournis par EDF pour justifier le caractère résiduel de la probabilité d'échec du confinement du hall BK ne sont pas suffisamment étayés, notamment pour les scénarios de

perte des alimentations électriques survenant lors d'une évacuation du combustible usé en fosse de déchargement, la trémie de manutention pour l'emballage de transport de combustible usé étant alors ouverte. À l'issue de l'instruction, EDF s'est engagé à vérifier, à l'échéance de la VD2 N4, que les délais nécessaires pour mettre en œuvre les actions nécessaires au confinement du hall BK et aux appoints à la piscine ne remettent pas en cause la quantification des probabilités d'échec de ces actions pour l'ensemble des situations accidentelles envisagées dans ses EPS BK. L'IRSN estime cet engagement satisfaisant.

Fiabilité et disponibilité des appoints à la piscine BK

Moyens de réalimentation de la bache SED

En cas de pertes du refroidissement de la piscine BK, l'appoint par le système SED est utilisé prioritairement et constitue une parade importante pour prévenir le découverture des assemblages de combustible. La défaillance des moyens de réalimentation de la bache SED n'est pas prise en compte dans l'évaluation probabiliste, EDF considérant que le volume d'eau disponible dans la bache SED est suffisant pour garantir un appoint pendant au moins 24 heures. L'IRSN estime que les hypothèses concernant le volume d'eau présent dans la bache ne sont pas suffisamment étayées et, en conséquence, que les indisponibilités des moyens de réalimentation doivent être prises en compte, pouvant ainsi remettre en question la très bonne fiabilité évaluée par EDF de l'appoint par le système SED. À l'issue de l'instruction, EDF s'est engagé à vérifier, à l'échéance de la VD2 N4, le retour d'expérience relatif au niveau réel de la bache SED observé sur les sites et à évaluer l'opportunité de réaliser une étude de sensibilité prenant en compte l'indisponibilité des moyens de réalimentation de la bache SED. L'IRSN précise que, au préalable à toute analyse du retour d'expérience, EDF devra s'assurer de la pertinence des moyens du suivi du niveau de la bache SED et de l'exhaustivité de la collecte des indisponibilités des systèmes permettant l'appoint à la bache SED.

Probabilités d'indisponibilité des matériels

Pour estimer les probabilités d'indisponibilité, EDF utilise uniquement la base de données de consignations et le fichier des IO (événements au sens des spécifications techniques d'exploitation). L'IRSN constate qu'EDF retient une probabilité nulle d'indisponibilité des pompes du système SED pour plusieurs états du réacteur. Suite aux interrogations de l'IRSN, EDF a considéré d'autres sources d'informations et a alors identifié de nouveaux événements qui n'avaient pas été pris en compte dans son estimation initiale. EDF conclut néanmoins que ces éléments ne sont pas de nature à remettre en cause l'ordre de grandeur des probabilités d'indisponibilité retenues dans ses EPS BK. Indépendamment de l'impact des compléments d'étude transmis par EDF sur l'ordre de grandeur des données d'indisponibilité, l'IRSN estime que l'instruction menée montre les difficultés de collecter les indisponibilités du système SED. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 1 en annexe 2.**

Configurations des tranches du site

EDF considère que si la tranche étudiée est en APR ou RCD, alors la tranche voisine est de manière certaine en puissance. Or, les probabilités d'indisponibilité des matériels pouvant être plus importantes dans les états APR et RCD (par exemple, pour les diesels), la prise en compte d'une telle situation pourrait conduire à une augmentation non négligeable de la fréquence de découvrage des assemblages de combustible. EDF s'est engagé à évaluer, à l'échéance de la VD2 N4, la probabilité que deux tranches du même site du palier N4 soient simultanément en APR ou RCD en analysant le retour d'expérience sur une période suffisamment représentative. L'IRSN considère qu'EDF devra également justifier que la prise en compte d'une probabilité que deux tranches du même site du palier N4 soient simultanément en APR ou RCD ne remet pas en cause les résultats et enseignements de ses EPS BK.

Prise en compte des erreurs humaines pré-accidentelles

Dans son étude de fiabilité des appoints à la piscine BK, EDF prend en compte des erreurs humaines pré-accidentelles sur la position des vannes manuelles nécessaires à la mise en œuvre des appoints. L'IRSN souligne que la prise en compte de ces erreurs pré-accidentelles diffère entre les deux EPS BK. En outre, EDF retient dans une de ses études la valeur de 3.10^{-5} , valeur très optimiste pour des vannes qui ne sont pas soumises à des condamnations administratives. Bien que ce point ne soit pas de nature à remettre en cause les résultats globaux des EPS BK, il peut présenter des impacts lors des utilisations des EPS BK. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 2 en annexe 2.**

En outre, la probabilité de récupération des erreurs humaines pré-accidentelles après l'occurrence d'un initiateur n'est pas suffisamment justifiée par EDF. L'IRSN souligne que cet aspect ne devrait pas être de nature à remettre en question les résultats globaux des EPS BK. Néanmoins, il pourrait avoir un impact lors de l'utilisation des EPS BK. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 3 en annexe 2.**

Défaillances de cause commune inter-tranches

EDF considère le recours aux systèmes de la tranche voisine (système de pompage JPP). Il est dès lors légitime que les défaillances de cause communes (DCC) inter-tranches soient prises en compte. EDF a fourni une étude de sensibilité prenant en compte les DCC inter-tranches des pompes JPP. Par contre, les DCC des diesels des deux tranches utilisés pour l'alimentation électrique de l'ensemble des pompes JPP ne sont pas prises en compte. À l'issue de l'instruction, EDF s'est engagé à réaliser, à l'échéance de la VD2 N4, une étude de sensibilité en prenant en compte les défaillances de cause commune entre les diesels des deux tranches. L'IRSN estime cet engagement satisfaisant.

Risques de vidange accidentelle par effacement d'une tige d'obturation d'un générateur de vapeur

La fréquence de découvrage d'un assemblage de combustible consécutif à un effacement d'une tige d'obturation d'un générateur de vapeur (tige GV) est considéré négligeable par EDF. Lors de son

instruction, l'IRSN a estimé que les éléments transmis pour justifier le caractère résiduel de ce scénario n'étaient pas suffisants. EDF s'est alors engagé à réaliser, à l'échéance de la VD2 N4, une étude de sensibilité sur la quantification des scénarios accidentels pouvant conduire à l'effacement d'une tape GV. L'IRSN estime cet engagement satisfaisant.

Risques de vidange vers la bache PTR par une erreur de lignage

EDF exclut le risque de vidange de la piscine BK par les motopompes PTR vers la bache PTR, compte tenu de la présence du clapet anti-retour PTR 030 VB sur la ligne d'aspiration de la bache PTR. Ce scénario accidentel ne fait donc pas l'objet d'une quantification dans les EPS BK. L'IRSN ayant souligné, lors de l'instruction, que l'installation de ce clapet (modification réalisée dans le cadre de la VD1 N4) est une parade importante pour réduire les risques de vidange de la piscine BK, EDF a alors fourni une étude complémentaire, considérant ce scénario, ne remettant toutefois pas en cause les conclusions des EPS BK. L'IRSN souligne qu'aucun moyen de surveillance n'est prévu pour détecter un éventuel blocage en position ouverte du clapet anti-retour PTR 030 VB sur la ligne d'aspiration de la bache PTR en cours d'exploitation. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 4 en annexe 2.**

Risques de vidange par une rupture guillotine des collecteurs du circuit PTR

Conformément aux retombées de l'instruction des EPS BK réalisées pour le palier 1300 MWe, les ruptures guillotines des collecteurs du circuit PTR ont été étudiées dans l'EPS dédiée aux vidanges accidentelles. Toutefois, EDF n'a pas pris en compte le risque d'inondation interne et ses conséquences sur l'installation. À l'issue de l'instruction, EDF s'est engagé à vérifier, à l'échéance de la VD2 N4, que l'inondation interne résultant du scénario de vidange induit par une rupture guillotine sur une tuyauterie PTR ne remet pas en cause l'évacuation de la puissance résiduelle de la piscine BK. L'IRSN estime cet engagement satisfaisant.

Vidanges par siphonage

Dans son EPS dédiée aux vidanges accidentelles, EDF étudie les risques de vidange par siphonage de la piscine BK. Pour prévenir ces risques, EDF valorise le dispositif casse-siphon sur la ligne de refoulement PTR. A l'instar de ce qui avait été proposé dans le cadre de la VD3 1300, EDF retient une probabilité de défaillance à la sollicitation de ce dispositif égale à 10^{-7} , obtenue par EDF de façon théorique. Les études de sensibilité réalisées par EDF lors du réexamen VD3 1300 ont montré la forte sensibilité des résultats de l'EPS à la valeur d'indisponibilité retenue pour le dispositif casse-siphon. Pour rappel, lors de la VD3 1300, l'ASN a demandé à EDF, en l'absence de qualification fonctionnelle du dispositif, de qualifier par d'autres moyens (modélisation ou analogie à un autre dispositif existant) le dispositif casse-siphon et, dans le cas où la qualification du casse-siphon ne serait pas réalisable, de quantifier le gain obtenu par une modification de la conception de la ligne de refoulement du circuit

PTR, telle que prévue sur l'EPR de Flamanville 3. Pour l'IRSN, cette demande de l'ASN est également applicable au palier N4.

Quantification des erreurs humaines post-accidentelles pour les scénarios de vidange accidentelle

En situation de vidanges accidentelles de la piscine BK, EDF évalue, de manière forfaitaire, les probabilités d'échec de la mise de mise en position sûre de l'assemblage en cours de manutention et les probabilités d'échec de la récupération de l'erreur de lignage, ces probabilités ne dépendant que du délai disponible aux opérateurs ou agents de terrain pour réaliser les opérations. Or, les opérations à réaliser pour récupérer les erreurs de lignages et leur délai de réalisation sont spécifiques à chaque scénario de vidange étudié. L'IRSN estime donc que cette démarche simplifiée d'EDF est discutable, notamment pour les scénarios de vidange présentant des délais d'intervention courts (inférieurs à 30 minutes). **Ce point fait l'objet de l'observation n° 5 en annexe 2.**

Analyse de l'IRSN concernant la représentativité des EPS BK vis-à-vis d'applications ultérieures

L'IRSN a relevé certains aspects dont l'impact sur le risque global n'est pas significatif, mais qui peuvent néanmoins présenter une certaine importance lors des utilisations des EPS. À cet égard, EDF s'est engagé à évaluer, dans le cadre des futures utilisations applicatives des EPS BK, l'intérêt de prendre en compte :

- les dépendances liées au contrôle commande, au travers des études de sensibilité réalisées lors de l'instruction ;
- les études de sensibilité portant sur les DCC inter-tranches ;
- les dépendances entre le contrôle commande et le facteur humain, au travers des études de sensibilité réalisées lors de l'instruction ;
- les scénarios de vidange considérés comme négligeables et non développés dans le modèle EPS BK (vidanges par la motopompe PTR 091 PO) et les scénarios exclus des EPS BK (vidanges par les motopompes PTR vers la bache PTR) ;
- certaines séquences accidentelles considérées à tort comme conduisant à des conséquences acceptables.

L'IRSN rappelle, par ailleurs, son observation n°3 formulée supra, relative à la prise en compte des erreurs humaines pré-accidentelles.

Enfin, l'IRSN souligne que les EPS BK ne considèrent pas les événements initiateurs susceptibles d'impacter l'ensemble du site, notamment la « perte de la source froide affectant l'ensemble des tranches » et ne couvrent pas les séquences « long terme », c'est-à-dire survenant au-delà de 24 heures. Ces limitations conduisent à restreindre le champ d'utilisation des EPS BK, notamment pour apprécier la pertinence et la suffisance des dispositions post-Fukushima.

Conclusion de l'IRSN concernant les enseignements des EPS BK

Compte tenu des résultats de ses EPS BK, EDF ne propose pas de mettre en œuvre de modifications matérielles ou d'exploitation autres que celles qu'il avait d'ores et déjà décidé de mettre en œuvre lors du réexamen VD2 N4.

L'analyse de l'IRSN a mis en évidence plusieurs aspects susceptibles de présenter un impact non négligeable sur les résultats des EPS BK et leurs enseignements. En particulier, l'IRSN considère qu'EDF doit tenir compte dans ses modélisations de l'ensemble des événements qui surviendraient de façon inéluctable avant la restauration du refroidissement de la piscine BK. Ceci fait l'objet d'une recommandation.

En outre, à suite de la réunion préparatoire, EDF s'est engagé à réaliser un certain nombre d'actions à l'échéance de la VD2 N4, qu'il devra confirmer à l'ASN. L'IRSN estime que ces éléments sont indispensables pour conforter les résultats et les conclusions des EPS BK.

Enfin, d'autres aspects relevés par l'analyse de l'IRSN, qui visent à renforcer les conclusions des EPS BK, font l'objet d'observations.

Pour le Directeur général et par délégation,
Frédérique Pichereau
Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté

Recommandation

L'IRSN recommande que, à l'échéance de la VD2 N4, EDF, dans la modélisation de l'appoint à la piscine BK nécessaire pour éviter le découverture des assemblages de combustible, tienne compte de l'ensemble des événements qui surviendraient de façon inéluctable avant la restauration du refroidissement de la piscine BK. En particulier, l'épuisement de la bache SED avant la restauration du refroidissement de la piscine BK doit être considéré. En fonction des résultats obtenus, des modifications de conception ou d'exploitation pourraient être étudiées.

Observations

Observation n° 1 :

Compte tenu de l'importance de l'appoint par le SED à la piscine BK dans les EPS BK, l'IRSN estime que les équipements nécessaires à la réalisation de cette fonction devraient faire partie des équipements dont la fiabilité et la disponibilité sont suivies par EDF au titre des EPS, et ce pour l'ensemble des paliers.

Observation n° 2 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait mettre en cohérence les analyses des erreurs pré-accidentelles réalisées pour les EPS BK « pertes de refroidissement » et « vidanges accidentelles » et justifier les valeurs retenues pour les probabilités d'erreur de position des vannes.

Observation n° 3 :

L'IRSN estime que, lors des utilisations des EPS BK, EDF devrait porter une vigilance particulière à la quantification des scénarios considérant une erreur pré-accidentelle et sa non récupération durant la phase accidentelle.

Observation n° 4 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait prendre en compte le clapet PTR 030 VB dans la liste des composants dont les données de fiabilité sont évaluées à partir du REX et s'assurer que les moyens de suivi sont suffisants pour permettre une analyse pertinente du REX.

Observation n° 5 :

L'IRSN considère que, pour les scénarios de vidange pour lesquels les délais disponibles avant découverte des assemblages de combustible sont courts (inférieurs à 30 minutes), EDF devrait justifier la pertinence des valeurs de probabilité qu'il retient pour l'échec des missions humaines post accidentelles en listant l'ensemble des actions de conduite devant être mises en œuvre (parcours des consignes) et en leur associant des délais de réalisation réalistes.