

Fontenay-aux-Roses, le 11 janvier 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00007

Objet : Examen des études probabilistes de sûreté de niveaux 1 (EPS1) et 2 (EPS2) des réacteurs du palier N4 en vue de leur deuxième réexamen de sûreté (VD2 N4).

Réf. [1] Lettre ASN CODEP-DCN-2016-003040 du 19 décembre 2016 : « Examen des études probabilistes de sûreté de niveaux 1 (EPS1) et 2 (EPS2) des réacteurs du palier N4 en vue de leur deuxième réexamen de sûreté (VD2 N4) ».

[2] Avis IRSN N° 2017-00151 du 28 avril 2017 : « 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 ».

Les études probabilistes de sûreté (EPS) contribuent à évaluer le niveau de sûreté des réacteurs nucléaires et permettent d'identifier d'éventuelles nécessités d'amélioration de leurs dispositions de conception ou d'exploitation.

Dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux deuxièmes visites décennales (VD2) des réacteurs de 1450 MWe du palier N4 (réexamen VD2 N4), l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité, par lettre citée en référence [1], l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les EPS afférentes, réalisées par Electricité de France (EDF).

L'IRSN a ainsi examiné les sujets suivants :

- l'EPS de niveau 1 relative aux événements internes pour le réacteur (EPS1) ;
- l'EPS de niveau 2 relative aux événements internes pour le réacteur et la piscine de désactivation du combustible (EPS2) ;
- l'identification, à l'aide de l'EPS de niveau 1, des « dispositions complémentaires », les études des conditions de fonctionnement complémentaires ainsi que les évaluations des conséquences radiologiques associées ;

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

- l'analyse de transposition aux réacteurs du palier N4 de l'EPS de niveau 1 relative aux initiateurs d'inondation interne réalisée dans le cadre du 3<sup>ème</sup> réexamen de sûreté des réacteurs de 1300 MWe (VD3 1300) ;
- l'EPS de niveau 1 relative aux initiateurs d'incendie ;
- l'étude relative à l'impact d'un incendie sur les systèmes qui contribuent à la limitation des rejets radioactifs en cas d'accident avec fusion du cœur ;
- la mise en œuvre de la méthode de sélection des agressions externes et le programme de travail en résultant ;
- les différentes données utilisées dans les études probabilistes listées précédemment.

Initialement prévue dans le périmètre de la saisine, l'évaluation probabiliste des situations conduisant à des risques de surpression à froid fera, compte tenu de l'absence de certaines études d'EDF associées, l'objet d'un avis spécifique, transmis ultérieurement. L'EPS de niveau 1 « événements internes » relative à la piscine de désactivation du combustible a, quant à elle, fait l'objet d'un avis anticipé de l'IRSN [2] dont les conclusions sont rappelées dans cet avis.

#### **EPS de niveau 1 « événements internes » pour le réacteur**

L'EPS de niveau 1 relative aux événements internes pour le réacteur (EPS1 VD2 N4) développée par EDF dans le cadre du réexamen de sûreté VD2 N4, outre sa mise en cohérence avec l'état matériel VD2 des réacteurs, a été améliorée par rapport à celle réalisée pour le précédent réexamen de sûreté des réacteurs de ce palier, avec notamment l'intégration des systèmes de conditionnement thermique des locaux abritant les tableaux électriques de sauvegarde ainsi que la modélisation du tableau basse tension LBA en support aux disjoncteurs d'alimentation électrique des groupes motopompes primaires. L'IRSN considère que, compte tenu de ces améliorations, cette EPS atteint un niveau de maturité adapté au réexamen de sûreté VD2 N4.

En termes d'enseignements pour la sûreté, les résultats de l'EPS1 VD2 N4 ne conduisent pas EDF à proposer de modification supplémentaire de conception ou d'exploitation par rapport à celles qu'il avait d'ores et déjà décidé de mettre en œuvre à l'occasion du réexamen VD2 N4. L'IRSN considère toutefois que cette conclusion reste à conforter par l'examen d'un certain nombre de compléments qu'EDF s'est engagé à fournir en amont de la clôture du réexamen VD2 N4. Ces compléments concernent tout particulièrement :

- l'analyse des « séquences fonctionnelles » prépondérantes de l'EPS1 VD2 N4, cette analyse n'ayant pas été présentée par EDF pour le présent réexamen de sûreté ;
- la modélisation de certaines défaillances matérielles ou humaines et de certaines séquences accidentelles particulières.

L'IRSN a également identifié des points (notamment le traitement des dépendances entre les défaillances des actions automatiques et des actions humaines valorisées en redondance), ne remettant pas en cause les conclusions d'EDF pour le réexamen VD2 N4, mais pour lesquels l'EPS de niveau 1 doit être améliorée en vue de ses utilisations courantes, ce à quoi EDF s'est engagé.

### EPS de niveau 1 « événements internes » relative à la piscine de désactivation du combustible

L'EPS de niveau 1 « événements internes » relative à la piscine de désactivation du combustible (EPS BK) évalue les risques de découverture, d'une part des assemblages de combustible entreposés dans la piscine, d'autre part d'un assemblage de combustible en cours de manutention, en cas de perte de refroidissement ou de vidange accidentelle de la piscine BK. Les résultats de cette étude ne conduisent pas EDF à proposer de modification supplémentaire de conception ou d'exploitation par rapport à celles qu'il avait d'ores et déjà décidé de mettre en œuvre à l'occasion du réexamen de sûreté VD2 N4.

L'avis de l'IRSN en référence [2] a toutefois mis en évidence quelques hypothèses insuffisamment justifiées, dont l'impact doit être évalué afin de conforter les résultats et les conclusions de l'EPS BK pour le réexamen de sûreté VD2 N4. Compte tenu notamment des demandes formulées par l'ASN à la suite de l'avis précité de l'IRSN, EDF s'est engagé à présenter, dans le cadre de ce réexamen, des justifications complémentaires et des études de sensibilité relatives à certaines hypothèses, comme par exemple la justification des délais de réalisation des actions nécessaires au confinement du bâtiment combustible et à la mise en service des appoints.

### EPS de niveau 2 « événements internes »

La démarche suivie par EDF pour développer l'EPS de niveau 2 relative aux événements internes permet d'évaluer la fréquence annuelle des situations de rejets suivant quatre catégories (rejets précoces importants, rejets tardifs non filtrés, rejets tardifs filtrés et rejets négligeables ou limités), en distinguant les situations avec et sans fonctionnement du confinement dynamique du bâtiment réacteur (assuré par le système EDE au niveau de l'espace entre enceintes), et de calculer la fréquence annuelle des situations de percement du radier. **L'étude fait apparaître que les modifications qui seront déployées lors de la deuxième visite décennale des réacteurs du palier N4 permettent d'obtenir une réduction significative de la fréquence des rejets tardifs non filtrés, notamment en cas de perte totale des alimentations électriques, ce qui est satisfaisant.**

Des améliorations d'ordre méthodologique de cette EPS de niveau 2 sont toutefois nécessaires, notamment pour ce qui concerne l'interface avec l'EPS de niveau 1 et la structure des arbres d'événements. En outre, l'IRSN note qu'EDF n'a pas réalisé de calculs de rejets radioactifs, ce qui constitue une limite importante pour l'analyse des risques.

Certaines hypothèses de modélisation des phénomènes physiques contribuant aux rejets importants (fusion en pression, combustion de l'hydrogène dans l'enceinte interne et dans l'espace entre enceintes, explosion de vapeur dans le puits de cuve, pressurisation lente de l'enceinte interne et déroulement d'un accident en piscine) ne permettent pas une évaluation suffisamment robuste des risques, sans toutefois que les conclusions du réexamen de sûreté VD2 N4 ne soient remises en cause. Ces hypothèses devront néanmoins être revues lors des prochains réexamens de sûreté.

**De plus, la modélisation du comportement du dôme des enceintes internes lors de son échauffement pendant un accident grave nécessite d'être réexaminée.** En effet, des études mécaniques réalisées par l'IRSN ont mis en évidence, dans certaines conditions accidentelles, un risque de fuite significative à travers le dôme, avant l'atteinte des conditions d'ouverture du dispositif d'éventage de l'enceinte. Les études réalisées par EDF ont confirmé les phénomènes en jeu. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe.**

Par ailleurs, EDF poursuit l'analyse des scénarios potentiels de dilution hétérogène inhérente par défaillance du circuit de refroidissement à l'arrêt (RRA) dans les états d'arrêt à froid ; l'IRSN estime que, en cas de risque avéré, des dispositions matérielles ou de conduite permettant de l'exclure seront à rechercher rapidement.

Enfin, certains des risques quantifiés par l'EPS de niveau 2, tels que la percée du radier, l'explosion de vapeur dans le puits de cuve ou la combustion d'hydrogène dans l'espace entre enceintes, pourront être significativement réduits par les modifications qu'EDF prévoit de mettre en œuvre dans le cadre de la « phase 3 » des modifications post-Fukushima.

### Dispositions complémentaires

EDF a présenté, dans le cadre du réexamen de sûreté VD2 N4, une liste actualisée des dispositions complémentaires nécessaires à la gestion de situations accidentelles non couvertes par le dimensionnement conventionnel de l'installation. L'identification de ces dispositions s'appuie sur les EPS de niveau 1 relatives aux événements internes pour le réacteur et aux situations de perte du refroidissement des assemblages de combustible entreposés dans la piscine de désactivation.

L'IRSN a analysé, sur la base des résultats des EPS, l'exhaustivité des dispositions potentielles étudiées par EDF, les justifications apportées par EDF pour ne pas retenir certaines d'entre elles en tant que dispositions complémentaires, ainsi que la suffisance des dispositions complémentaires effectivement retenues.

Après examen, l'IRSN considère globalement satisfaisantes la liste des dispositions complémentaires retenues ainsi que la suffisance de ces dispositions pour le réexamen VD2 N4. Toutefois, il estime que :

- deux parades écartées par EDF sont à retenir en tant que dispositions complémentaires, à savoir l'arrêt manuel de la dilution en situation de dilution hétérogène avec échec de la protection anti-dilution et la réalimentation électrique des moyens nécessaires à la conduite des générateurs de vapeur en situation de perte totale des alimentations électriques cumulée avec l'indisponibilité du turboalternateur LLS et de la turbine à combustion ; EDF s'est engagé à retenir une disposition complémentaire dans le premier cas et à examiner le deuxième cas ;
- des justifications restent nécessaires de la part d'EDF pour conforter la liste des dispositions complémentaires retenues et leur suffisance ; EDF s'est engagé à réexaminer plusieurs dispositions actuellement non retenues ainsi que les états couverts et la suffisance de plusieurs dispositions complémentaires retenues ;
- la description des dispositions complémentaires (fonctions couvertes et systèmes impliqués) doit être complétée dans le rapport de sûreté, ce à quoi EDF s'est engagé.

De plus, l'IRSN estime qu'EDF devra vérifier que les compléments de modélisation et de justification qu'il s'est engagé à apporter à l'EPS de niveau 1 « événements internes » ne conduiront pas à mettre en évidence de nouvelles dispositions complémentaires. De manière plus générale et en vue des prochains réexamens de sûreté, l'IRSN souligne l'importance de disposer d'EPS de niveau 1 aussi complètes que possible pour permettre une identification pertinente des dispositions complémentaires.

Dans le cadre de l'étude des conditions de fonctionnement complémentaires, EDF a présenté des études thermohydrauliques visant à vérifier que la mise en œuvre des dispositions complémentaires permet de respecter les critères d'acceptabilité de ces conditions de fonctionnement et d'atteindre l'état final dans lequel les fonctions

de sûreté sont assurées. L'IRSN a analysé les études correspondant aux dispositions complémentaires faisant intervenir une action manuelle à réaliser dans un délai contraint, ces études permettant notamment d'évaluer les délais disponibles pour mettre en œuvre ces dispositions. À l'issue de son analyse, l'IRSN estime que ces études sont acceptables, sous réserve des compléments qu'EDF s'est engagé à apporter.

Enfin, EDF a présenté des évaluations des conséquences radiologiques des conditions de fonctionnement complémentaires. Seuls trois cas ont fait l'objet d'un calcul spécifique, EDF ayant justifié que, pour les autres, les rejets radioactifs à l'environnement sont inférieurs à ceux d'une condition de fonctionnement du domaine complémentaire dont les rejets sont déjà évalués ou à ceux d'une condition de fonctionnement de dimensionnement. L'IRSN note que ces évaluations montrent que, pour l'ensemble des conditions de fonctionnement complémentaires présentées dans le rapport de sûreté VD2 N4, il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre de mesures de protection des populations (autres que des mesures de restriction de consommation d'aliments). L'IRSN souligne toutefois que les hypothèses non spécifiques au domaine complémentaire, ainsi que certains aspects méthodologiques, sont en cours d'analyse dans le cadre de l'avis relatif aux études d'accidents de dimensionnement et à leurs conséquences radiologiques pour les réacteurs du palier N4 ; il ne pourra donc conclure qu'après cet examen.

#### EPS « inondation interne »

EDF a réalisé une analyse de transposition, aux réacteurs du palier N4, des enseignements de l'EPS de niveau 1 « inondation interne » développée pour les réacteurs du palier 1300 MWe lors du réexamen de sûreté VD3 1300. Pour le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) du palier N4, compte tenu de sa spécificité par rapport à celui du palier 1300 MWe, EDF a néanmoins réalisé une quantification probabiliste particulière. Ces analyses ne mettent pas en évidence, selon EDF, de besoin de modification de conception ou d'exploitation à mettre en œuvre lors des VD2 N4.

L'IRSN constate que cette démarche de transposition au palier N4 de l'EPS « inondation interne » du palier 1300 MWe, complétée par une évaluation probabiliste dédiée au palier N4 lorsque l'étude n'est pas transposable, est conforme sur le principe à ce qui avait été défini lors de l'examen des orientations du réexamen de sûreté VD2 N4.

Pour l'étude spécifique réalisée pour le BAN, compte tenu des compléments apportés par EDF durant l'instruction, la quantification probabiliste du risque d'inondation interne présentée par EDF à la VD2 N4 est satisfaisante et ne conduit pas à identifier de besoin de modification.

Pour les autres bâtiments, l'IRSN estime que la démarche de transposition « qualitative » d'EDF doit être étayée par des éléments quantitatifs pour certains scénarios d'inondation dans le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde et électrique (BAS-BL) identifiés dans l'EPS relative au palier 1300 MWe. EDF s'est engagé à apporter des éléments complémentaires pour certains de ces scénarios. Toutefois, l'IRSN estime qu'EDF doit également étudier le scénario d'inondation interne résultant de la rupture d'un tronçon de tuyauterie du système ARE (circuit d'alimentation normale des générateurs de vapeur) ou du système VPU (circuit vapeur et purges) au plancher 10 du BAS-BL, avec propagation de l'eau vers le plancher 9 où sont installés des équipements assurant des fonctions de sûreté sensibles. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.

L'IRSN constate enfin qu'EDF n'a pas examiné les conséquences d'une inondation interne sur les systèmes contribuant à la limitation des rejets radioactifs lorsque cette inondation peut conduire à la fusion du cœur, considérant que le risque de fusion du cœur lié à une inondation interne pour un réacteur du palier N4 est

suffisamment faible. L'IRSN souligne néanmoins qu'un tel examen pourrait s'avérer nécessaire pour les deux scénarios d'inondation dans le BAS-BL pour lesquels une évaluation probabiliste de niveau 1 est encore attendue de la part d'EDF.

### **EPS de niveau 1 « incendie »**

L'EPS de niveau 1 « incendie » réalisée par EDF met en évidence une fréquence de fusion du cœur en cas de départ de feu relativement élevée, bien que ne prenant pas en compte l'intégralité des volumes de feu. **L'IRSN estime qu'EDF doit étudier des améliorations des réacteurs du palier N4 afin de réduire la fréquence de fusion du cœur associée au scénario prépondérant de l'étude (incendie conduisant à une ouverture intempestive des soupapes de sûreté du pressuriseur), ce à quoi EDF s'est engagé.**

L'IRSN souligne de plus que des études complémentaires concernant plusieurs volumes de feu non traités de façon détaillée dans l'EPS « incendie » transmise sont attendues de la part d'EDF pour permettre de conclure sur les enseignements de l'étude pour le réexamen VD2 N4.

Par ailleurs, l'IRSN relève que la méthodologie mise en œuvre dans l'EPS « incendie » VD2 N4 (approche, hypothèses de modélisation, simulations « incendie » réalisées en support de l'étude) s'appuie largement sur celle utilisée pour le développement de l'EPS « incendie » du palier 1300 MWe ; elle s'avère en ce sens globalement satisfaisante. Néanmoins :

- quelques évolutions méthodologiques ont été introduites pour la première fois à l'occasion de la VD2 N4 (valorisation du potentiel de feu lié aux différents départs de feu considérés conduisant à ne plus prendre en compte une propagation systématique du feu au-delà du foyer initial ; étude des départs de feu en partie courante des câbles de 6,6 kV). L'IRSN estime que l'intégration par EDF de ces évolutions n'est pas pleinement justifiée et que les échanges techniques doivent encore se poursuivre, notamment dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe (VD4 900) ;
- plusieurs hypothèses de l'EPS de niveau 1 « incendie » VD2 N4, qui ne remettent pas en cause ses enseignements pour ce réexamen de sûreté, nécessiteront des améliorations pour les études qui seront développées pour les prochains réexamens de sûreté.

### **Étude relative à l'impact d'un incendie sur les systèmes qui contribuent à la limitation des rejets radioactifs en cas d'accident avec fusion du cœur**

EDF a évalué, pour les incendies survenant dans les volumes de feu pour lesquels une fréquence de fusion du cœur significative a été mise en évidence par l'EPS de niveau 1 « incendie », l'augmentation de la probabilité de défaillance des actions de gestion d'un accident avec fusion du cœur modélisées dans l'EPS de niveau 2.

Cette évaluation suppose de manière conservatrice la défaillance de tous les équipements et câbles situés dans le volume de feu considéré. Elle s'inscrit dans une approche graduée qui doit se poursuivre dans le cadre des réexamens de sûreté à venir, pour lesquels EDF prévoit de quantifier la fréquence des rejets en cas d'incendie, en s'appuyant notamment sur les résultats de calculs physiques de propagation d'incendie.

L'IRSN estime que cette démarche permet de mettre en évidence les scénarios d'incendie menant à la fois à une situation de fusion du cœur et à l'indisponibilité complète ou partielle de systèmes contribuant à la limitation des rejets radioactifs et déjà modélisés dans l'EPS de niveau 2. Toutefois, l'étude ne permet pas d'évaluer quantitativement le risque de rejets associé aux différents scénarios d'incendie. Des compléments seront nécessaires, à l'occasion des prochains réexamens, en termes d'identification des locaux à considérer ainsi que d'analyse fonctionnelle et de modélisation dans l'EPS de niveau 2, ce dont a convenu EDF.

### **Sélection des agressions externes et programme de travail associé**

EDF a défini une méthode de sélection (« screening ») des agressions externes pour lesquelles il envisage de mener des évaluations probabilistes. Cette méthode, applicable à tous les paliers, a été analysée par l'IRSN lors de l'examen des orientations associées au réexamen de sûreté VD4 900.

Pour le réexamen de sûreté VD2 N4, EDF a, pour la première fois, décliné concrètement sa méthode et identifié six agressions candidates à une analyse probabiliste pour le palier N4 : la chute d'avion, la chute de météorite, le séisme, les grands chauds, la tornade et le vent extrême. Toutefois, à l'issue de son analyse de la pertinence de développer des évaluations probabilistes pour ces agressions, EDF ne retient plus que deux agressions : le séisme ainsi que la chute d'avion, pour laquelle il considère que les études existantes de la démonstration de sûreté en application des règles fondamentales de sûreté constituent déjà des analyses probabilistes.

Pour le séisme, l'IRSN constate que l'évaluation probabiliste présentée par EDF pour le palier N4 est très simplifiée ; il considère qu'une EPS « séisme » complète et détaillée sera à réaliser pour le prochain réexamen de sûreté de ce palier.

Pour ce qui concerne les agressions externes qu'il écarte du champ des évaluations probabilistes à mener, EDF met en avant l'existence d'études déterministes et de dispositions de protection ainsi que, pour les agressions prédictibles, la possibilité de mettre en œuvre si besoin des dispositions supplémentaires.

L'IRSN estime que, à l'instar des événements et agressions internes, une approche probabiliste pour certaines agressions externes pourrait permettre, en complément des études déterministes, de mieux apprécier le risque et de vérifier la suffisance des protections prévues, en tenant compte de leur fiabilité. L'IRSN considère que les difficultés évoquées par EDF relatives aux méthodologies de développement d'EPS « agressions externes » ne doivent pas conduire à écarter toute évaluation probabiliste, mais plutôt à définir, dans une démarche pragmatique et graduelle, des évaluations simplifiées ou ciblées. L'argumentaire présenté par EDF ne présente aucune proposition concrète en ce sens.

**Ainsi, l'IRSN constate que le réexamen de sûreté VD2 N4 n'a pas été l'occasion pour EDF d'étendre aux agressions externes le domaine de couverture des évaluations probabilistes ; il estime donc qu'EDF doit progresser sur ce sujet en vue des prochains réexamens de sûreté, en priorité pour :**

- les agressions qui conduisent à une perte de la source froide cumulée ou non avec une perte de l'alimentation électrique externe. Les évaluations déjà prévues par EDF dans le cadre du réexamen de sûreté VD4 900 concernant les aspects multi-réacteurs et longue durée des pertes de fonctions supports constitueront à ce titre une première étape ;
- les grands chauds pour lesquels EDF s'est engagé à présenter une première évaluation probabiliste pour le réexamen de sûreté VD4 1300 ;

- certains scénarios d'inondation externe induits par des dégradations de circuits et d'équipements situés sur le site et qui ne sont pas déjà étudiés dans l'EPS « inondation interne ». EDF s'est engagé à intégrer ces scénarios à l'analyse de « screening » à partir du réexamen de sûreté VD4 1300 et l'IRSN prévoit d'en discuter dès le réexamen VD4 900. De plus, l'IRSN estime que des évaluations de la probabilité conditionnelle de fusion du cœur prenant en compte la fiabilité des dispositions de protection contre les inondations externes sont également à mener, des évaluations de ce type étant en cours de réalisation par EDF dans le cadre du réexamen de sûreté VD4 900.

### Données utilisées dans les EPS d'EDF

L'IRSN a analysé les données utilisées dans les EPS, à savoir les fréquences des initiateurs, le profil de fonctionnement du réacteur, les données de fiabilité et les taux d'indisponibilité des matériels, ainsi que les paramètres de défaillance de cause commune (DCC). Ces données font partie des éléments déterminant la qualité et la représentativité des études EPS.

Les fréquences des initiateurs, le profil de fonctionnement du réacteur et les données de fiabilité des matériels n'appellent pas de remarque de l'IRSN.

Les taux d'indisponibilité des matériels ont été réévalués par EDF à partir des informations figurant dans la base de données de consignations et dans le fichier listant les indisponibilités au sens des spécifications techniques d'exploitation. L'IRSN estime que les échanges doivent se poursuivre avec EDF, dans le cadre du réexamen de sûreté VD4 900, sur la possibilité d'étendre la recherche d'événements relatifs à l'indisponibilité de matériels au-delà de ces deux sources d'informations.

Pour ce qui concerne les valeurs des paramètres de DCC, le réexamen de sûreté VD2 N4 est le premier réexamen pour lequel la nouvelle méthode d'EDF d'élaboration de ces paramètres à partir de l'expérience d'exploitation (REX) est analysée par l'IRSN. **L'IRSN souligne les efforts consentis par EDF pour exploiter le REX, mais émet des réserves sur certains points méthodologiques**, tels que la prise en compte des amorces de dégradation identifiées par le REX, l'absence d'identification de DCC induites par des conditions environnementales ou par des événements génériques et le critère retenu pour la définition de la simultanéité de défaillances. L'IRSN estime que des justifications restent à apporter par EDF pour conforter la méthode et donc les valeurs des paramètres DCC retenues dans les EPS. L'instruction de la méthode et de son application se poursuivra dans le cadre du réexamen de sûreté VD4 900.

### Conclusion de l'IRSN

L'IRSN estime que les études probabilistes de sûreté réalisées par EDF pour le réexamen de sûreté VD2 N4 répondent aux attendus définis lors des orientations de ce réexamen. En termes d'enseignements pour la sûreté, les résultats de ces études n'ont pas conduit EDF à proposer de modification supplémentaire de conception ou d'exploitation par rapport à celles qu'il avait d'ores et déjà décidé de mettre en œuvre à l'occasion du réexamen VD2 N4.

À l'issue de son analyse, l'IRSN considère que des améliorations doivent être définies par EDF au titre, d'une part des études en support à l'EPS de niveau 2, d'autre part des résultats de l'EPS « incendie ». En outre, l'IRSN a mis en évidence des besoins d'évaluations et de justifications complémentaires de la part d'EDF pour conforter les résultats des EPS.

**Ainsi, les compléments qu'EDF s'est engagé à apporter et ceux qui sont attendus au titre des recommandations figurant en annexe permettront de statuer sur les besoins d'améliorations pour le réexamen de sûreté VD2 N4 issus des études probabilistes de sûreté.**

L'IRSN a enfin identifié au cours de l'instruction des besoins d'amélioration des différentes EPS réalisées par EDF, qui seront à traiter en vue des prochains réexamens de sûreté.

Pour le Directeur général et par délégation,

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté

Annexe à l'avis IRSN 2018-00007 du 11 janvier 2018

Recommandations

Recommandation n° 1 :

L'IRSN recommande que, pour les réacteurs du palier N4, EDF mette en œuvre, avant fin 2021, les dispositions qui seraient nécessaires pour éviter, en situation d'accident grave avec sollicitations thermomécaniques importantes, la dégradation du confinement au niveau du dôme de l'enceinte interne du réacteur. Dans cet objectif, les études de caractérisation du risque de fissuration du dôme seront transmises en septembre 2018.

Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande que, pour fin 2018, EDF démontre la maîtrise des risques liés à une inondation interne résultant d'une rupture de tuyauterie du système ARE ou du système VPU au plancher 10 du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde et électrique des réacteurs du palier N4. Dans ce cadre, EDF devra présenter l'étude déterministe ainsi que l'évaluation probabiliste de la fréquence de fusion du cœur pour cette situation d'inondation interne, en tenant compte des zones de rétention et du risque de propagation de l'eau vers le plancher 9.

Dans le cas où la fréquence de fusion du cœur ne serait pas négligeable, EDF devra également présenter l'analyse fonctionnelle des systèmes contribuant à la limitation des rejets radioactifs associés.

EDF devra tirer les enseignements de ces études pour le réexamen de sûreté VD2 N4, en termes de suffisance des dispositions de conception et d'exploitation.