

**GROUPE PERMANENT D'EXPERTS
POUR LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES**

**Avis relatif aux études probabilistes de sûreté réalisées dans le
cadre du réexamen de sûreté associé à la deuxième visite
décennale des réacteurs du palier N4**

I

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), notifiée par la lettre CODEP-DCN-2015-042546 du 25 janvier 2016, le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires s'est réuni le 1^{er} février 2018 pour examiner les Études Probabilistes de Sûreté (EPS) réalisées par Électricité de France (EDF) pour les réacteurs de 1450 MWe (palier N4), dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux deuxièmes visites décennales de ces réacteurs (VD2 N4).

Au cours de cette réunion, les participants ont pris connaissance de l'analyse réalisée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la base du dossier transmis par EDF et des éléments complémentaires qu'il a recueillis au cours de l'instruction.

Dans le cadre de cette instruction, EDF a pris différents engagements, qu'il devra confirmer à l'Autorité de sûreté nucléaire. Le groupe permanent a par ailleurs entendu les commentaires présentés en séance par EDF.

II

Le groupe permanent a examiné les méthodes mises en œuvre par EDF pour réaliser ses EPS, les résultats qu'il a obtenus ainsi que les enseignements qu'il en a tirés, notamment en termes de modifications à réaliser dans le cadre des VD2 N4.

Le groupe permanent a plus particulièrement examiné :

- 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 des combustibles usés (EPS2) ;
- l'identification, à l'aide de l'EPS de niveau 1, de « dispositions complémentaires » (dispositifs automatiques ou manuels spécifiques pour la gestion de situations non couvertes par le dimensionnement de référence de l'installation), les études des conditions de fonctionnement complémentaires ainsi que les évaluations des conséquences radiologiques de ces conditions de fonctionnement complémentaires ;
- la transposition aux réacteurs du palier N4 de l'EPS de niveau 1 relative aux initiateurs d'inondation interne réalisée dans le cadre du 3^{ème} réexamen de sûreté des réacteurs de 1300 MWe (VD3 1300) ;
- l'EPS de niveau 1 relative aux initiateurs d'incendie ;
- l'étude d'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 utilisée par EDF et le programme de travail d'EDF qui en résulte ;
- la validité des différentes données utilisées par EDF dans les études probabilistes présentées.

L'EPS de niveau 1 « événements internes » relative à la piscine de désactivation des combustibles usés a, quant à elle, fait l'objet d'un avis anticipé de l'IRSN à l'ASN ; le groupe permanent a été informé des conclusions essentielles de cet avis. Par ailleurs, le groupe permanent a noté que l'évaluation probabiliste des situations conduisant à des risques de surpression à froid, initialement prévue dans le périmètre de la demande de l'ASN, fera, faute d'un dossier complet de la part d'EDF, l'objet d'un avis ultérieur de l'IRSN à l'ASN.

III

EPS de niveau 1 « événements internes » pour le réacteur

L'EPS de niveau 1 relative aux événements internes pouvant affecter le réacteur (EPS1 VD2 N4) développée par EDF dans le cadre du réexamen de sûreté VD2 N4 respecte globalement les préconisations de la règle fondamentale de sûreté relative aux EPS (RFS EPS), est cohérente avec l'état matériel prévu des réacteurs à l'issue des VD2 et a été améliorée sur certains aspects par rapport à l'étude réalisée pour le précédent réexamen de sûreté des réacteurs du palier N4, 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.

En termes d'enseignements pour la sûreté, les résultats de l'EPS1 VD2 N4 n'ont pas conduit EDF à retenir des modifications de conception ou d'exploitation nouvelles par rapport à celles qu'il avait d'ores et déjà décidé de mettre en œuvre à l'occasion du réexamen VD2 N4. Toutefois, EDF n'a pas réalisé l'analyse des séquences fonctionnelles prépondérantes alors qu'une telle analyse est recommandée par la RFS EPS. Le groupe permanent estime que cette analyse, qu'EDF s'est engagé à réaliser à échéance de février 2019, est nécessaire pour statuer sur le caractère suffisant des modifications associées au réexamen VD2 N4.

Par ailleurs, le groupe permanent note qu'EDF s'est engagé à apporter des compléments et des justifications portant notamment sur les situations pouvant survenir alors que le réacteur est en arrêt pour rechargement et sur la modélisation de certaines parades. Il considère que ces éléments sont nécessaires pour apprécier les conclusions et enseignements tirés de l'étude.

EPS de niveau 2 « événements internes »

La démarche suivie par EDF pour développer son EPS de niveau 2 relative aux événements internes permet d'évaluer les fréquences annuelles des situations de rejets radioactifs dans l'atmosphère suivant quatre catégories (rejets précoces importants, rejets tardifs non filtrés, rejets tardifs filtrés et rejets négligeables ou limités) et d'évaluer les fréquences annuelles des situations avec percement du radier, ce qui est satisfaisant. Le groupe permanent note toutefois qu'EDF n'a pas réalisé de calculs détaillés des rejets radioactifs associés aux différentes situations concernées, ce qui constitue une limitation pour l'analyse des risques.

Le groupe permanent souligne que l'étude transmise par EDF fait apparaître que les modifications qui seront mises en place lors des VD2 N4 permettront une réduction significative de la fréquence

annuelle des rejets tardifs non filtrés, notamment en cas de perte totale des alimentations électriques, ce qui est satisfaisant.

Certaines hypothèses de modélisation des phénomènes physiques pouvant contribuer à des rejets importants ne permettent pas une évaluation suffisamment robuste des risques (par exemple, des risques associés aux situations avec fusion en pression), sans toutefois que les conclusions du réexamen de sûreté VD2 N4 soient à remettre en cause.

Le groupe permanent considère néanmoins que le comportement du dôme des enceintes internes lors de son échauffement pendant un accident grave doit être réexaminé rapidement. En effet, des études mécaniques réalisées tant par EDF que par l'IRSN ont mis en évidence, dans certaines conditions accidentelles, qu'il n'était pas possible d'écarter un risque de fuite significative à travers le dôme avant l'atteinte des conditions d'ouverture du dispositif d'éventage de l'enceinte. Cela conduit le groupe permanent à retenir la recommandation n°1 de l'annexe au présent avis.

Par ailleurs, le groupe permanent note qu'EDF poursuit l'analyse des risques de dilution hétérogène induite par la perte du circuit de refroidissement à l'arrêt alors que le réacteur est en arrêt à froid ; en fonction des résultats de cette analyse, des dispositions matérielles ou de conduite supplémentaires pourraient s'avérer nécessaires et devront alors être déployées sans attendre les prochains réexamens de sûreté.

Dispositions complémentaires

Le groupe permanent a examiné la liste, établie par EDF à partir de son EPS de niveau 1, des dispositions complémentaires nécessaires à la gestion de situations accidentelles non couvertes par le dimensionnement de référence de l'installation. Il considère que les dispositions complémentaires retenues par EDF sont satisfaisantes, sous réserve des compléments qu'EDF s'est engagé à apporter relatifs à la prise en compte de deux dispositions qu'il avait initialement écartées. Il note également qu'EDF apportera des justifications pour conforter certaines dispositions complémentaires qu'il a retenues, leur caractère suffisant et les états de fonctionnement du réacteur couverts. Le groupe permanent rappelle l'importance de fiabiliser la disposition complémentaire relative au passage manuel en gavé-ouvert, en particulier par des actions de formation des opérateurs.

De plus, le groupe permanent 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 la nécessité de nouvelles 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 retenues permet de respecter les critères d'acceptabilité de ces conditions de fonctionnement et d'atteindre l'état final dans lequel les fonctions fondamentales de sûreté sont assurées. Le groupe permanent estime que les études correspondant aux dispositions complémentaires faisant intervenir une action manuelle à réaliser dans un délai contraint sont satisfaisantes, sous réserve des compléments qu'EDF s'est engagé à apporter.

EDF a de plus présenté des évaluations des conséquences radiologiques des conditions de fonctionnement complémentaires. Ces évaluations, qui nécessitent encore d'être confortées, ne mettent pas en évidence d'intérêt à mettre en œuvre des modifications autres que celles qui sont déjà prévues par EDF.

EPS « inondation interne »

Le groupe permanent estime que la démarche retenue par EDF, qui a consisté à transposer au palier N4 l'EPS1 « inondation interne » réalisée pour les tranches de 1300 MWe et à la compléter par une évaluation probabiliste dédiée au bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) des tranches du palier N4, compte tenu des différences de celui-ci par rapport aux tranches de 1300 MWe, est conforme à ce qui avait été convenu lors de l'examen des orientations du réexamen de sûreté VD2 N4.

Le groupe permanent considère que la quantification probabiliste du risque d'inondation interne réalisée pour le BAN des tranches du palier N4 est satisfaisante et ne conduit pas à mettre en évidence de nécessité de modifications de l'installation.

Pour le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde et électrique (BAS-BL), le groupe permanent estime que la transposition de certains scénarios de l'étude réalisée pour les tranches de 1300 MWe n'est pas pleinement justifiée et que des évaluations probabilistes spécifiques, qu'EDF s'est engagé à réaliser, sont dès lors à mener pour le palier N4. Le groupe permanent souligne de plus qu'un scénario initialement non retenu par EDF doit faire l'objet d'un examen approfondi, conformément à la recommandation n°2 de l'annexe au présent avis.

Le groupe permanent constate enfin qu'EDF n'a pas examiné les conséquences possibles d'une inondation interne sur les systèmes contribuant à la limitation des rejets radioactifs lorsque cette inondation interne peut conduire à la fusion du cœur. EDF estime en effet que la probabilité d'une telle fusion du cœur est suffisamment faible pour le palier N4. Ce sujet pourra être revu à la lumière des compléments qu'EDF s'est engagé à apporter sur l'évaluation probabiliste des scénarios d'inondation dans le BAS-BL ou qui seront issus de la recommandation n°2.

EPS « incendie »

EPS « incendie » de niveau 1

En termes de méthode, l'EPS « incendie » VD2 N4 s'appuie largement sur celle qui a été utilisée pour le développement de l'EPS « incendie » des tranches de 1300 MWe. Le groupe permanent note néanmoins qu'il existe quelques évolutions de méthode qui ne sont pas pleinement justifiées et que des échanges techniques doivent être poursuivis entre EDF et l'IRSN sur les sujets correspondants.

Les résultats de l'étude présentée par EDF indiquent une fréquence annuelle de fusion du cœur induite par un incendie relativement élevée, alors même qu'elle ne prend pas en compte la totalité des volumes de feu. Dans ces conditions, EDF s'est engagé à étudier, pour une première réalisation en 2021 lors de l'arrêt pour rechargement de Chooz B2, des modifications des réacteurs du palier N4 de nature à réduire la fréquence de fusion du cœur associée au scénario prépondérant de l'étude,

à savoir un incendie dans un local électrique conduisant à une ouverture intempestive de soupapes de sûreté du pressuriseur.

Le groupe permanent souligne que les études complémentaires qu'EDF s'est engagé à réaliser concernant plusieurs volumes de feu actuellement non traités de façon détaillée dans l'EPS « incendie » sont nécessaires pour permettre de conclure sur les enseignements à tirer de l'étude dans le cadre du réexamen de sûreté VD2 N4.

Des compléments seront également nécessaires pour les prochains réexamens périodiques, notamment pour la salle de commande.

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

Le groupe permanent note que, pour les incendies survenant dans les volumes de feu pour lesquels une fréquence annuelle de fusion du cœur significative a été mise en évidence par l'EPS « incendie » de niveau 1, EDF a pour la première fois évalué l'augmentation de la probabilité de défaillance des actions nécessaires à la gestion d'un accident avec fusion du cœur modélisées dans l'EPS de niveau 2 ; cette évolution est satisfaisante. Afin de mieux évaluer les rejets associés aux différents scénarios d'incendie, le groupe permanent estime que des efforts doivent être poursuivis pour développer de véritables EPS de niveau 2 « incendie » en vue des prochains réexamens.

Sélection des agressions externes et programme de travail associé

Le groupe permanent note que la déclinaison par EDF de sa méthode de sélection des agressions externes pour lesquelles des évaluations probabilistes sont à mener l'a conduit à ne réaliser une telle évaluation que pour le séisme dans le cadre du réexamen de sûreté VD2 N4.

Le groupe permanent considère que l'évaluation probabiliste présentée par EDF pour le séisme est trop simplifiée pour pouvoir en tirer des enseignements pertinents et qu'une véritable EPS « séisme » devra être réalisée par EDF pour le prochain réexamen de sûreté des tranches de ce palier.

Le groupe permanent constate de plus qu'EDF n'a pas présenté de programme de développement d'études probabilistes couvrant les agressions externes. Le groupe permanent souligne que, pour certaines agressions, la mise en œuvre d'approches probabilistes en complément des études déterministes pourrait permettre de mieux apprécier les risques associés et de vérifier le caractère suffisant des protections prévues. Aussi, le groupe permanent estime qu'EDF doit progresser sur ce sujet dans le cadre des prochains réexamens de sûreté des différents paliers. Il note qu'EDF s'est d'ores et déjà engagé à présenter une évaluation probabiliste relative aux grands chauds dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux quatrièmes visites décennales des tranches de 1300 MWe (VD4 1300).

Données utilisées dans les EPS d'EDF

Le groupe permanent considère que les fréquences des initiateurs, le profil de fonctionnement des réacteurs et les données de fiabilité des matériels utilisés dans les études EPS pour le réexamen VD2 N4 sont globalement appropriés. Le groupe permanent estime cependant qu'EDF doit élargir

autant que possible les sources d'informations utilisées pour l'évaluation des taux d'indisponibilité des matériels.

Pour ce qui concerne les paramètres de défaillance de cause commune (DCC), pour lesquels EDF a élaboré une nouvelle méthode, le groupe permanent souligne les efforts menés par EDF pour exploiter le retour d'expérience, mais constate que des justifications doivent encore être apportées pour conforter la nouvelle méthode et donc les valeurs des paramètres de DCC retenues dans ses EPS.

IV

Le groupe permanent estime que les études probabilistes de sûreté réalisées par EDF pour le réexamen de sûreté VD2 N4 répondent aux orientations retenues pour ce réexamen et confortent les modifications qu'EDF a d'ores et déjà retenues. Toutefois, des modifications complémentaires des installations devront être définies par EDF dans le cadre de ce réexamen compte tenu des résultats de l'EPS « incendie », et le cas échéant pour tenir compte des résultats des études qui seront menées pour répondre aux recommandations jointes en annexe au présent avis.

Annexe

Recommandations

Recommandation n°1

Le Groupe permanent recommande que, pour les réacteurs du palier N4, EDF caractérise d'ici septembre 2018 le risque de rejets importants dus à une possible dégradation du confinement au niveau du dôme de l'enceinte interne du réacteur en situation d'accident grave et présente les solutions de renforcement envisageables. Si nécessaire, des dispositions appropriées devront être mises en œuvre lors des deuxièmes visites décennales.

Recommandation n°2

Le Groupe permanent recommande que, pour juin 2019, 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.