

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

Montrouge, le 19 juillet 2019

Le Président

Monsieur le Directeur général de
l'Autorité de sûreté nucléaire

CODEP-MEA-2019-032606

**Objet : Avis et recommandations du Groupe Permanent « Réacteurs » des 11 et 12 /07/2019
relatif aux études probabilistes de sûreté réalisées dans le cadre du 4^{ème} réexamen
périodique des réacteurs de 900 MWe.**

Monsieur le Directeur général,

Je vous prie de bien vouloir trouver, en pièce jointe, l'avis et les recommandations du Groupe Permanent « Réacteurs » établis à l'issue de ses réunions des 11 et 12 juillet 2019 consacrées aux études probabilistes de sûreté réalisées dans le cadre du 4^{ème} réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe



Philippe SAINT RAYMOND

PJ : Avis et recommandations

Mmes et MM. les membres du Groupe Permanent « Réacteurs »

| | | |
|-----|----------------|----------------|
| M. | SAIN'T RAYMOND | Président |
| M. | QUENIART | Vice Président |
| M. | AMALBERTI | |
| M. | BERQUEZ | |
| M. | BOSSU | |
| M. | BOUTEILLE | |
| M. | CHARLES | |
| M. | COURTIN | |
| M. | COUTURIER | |
| M. | DE L'EPINOIS | |
| Mme | DEGEYE | |
| M. | DEVOS | |
| M. | DUBOIS | |
| M. | FRANCARD | |
| M. | FRESON | |
| M. | GOVAERTS | |
| Mme | HERVIOU | |
| M. | JOAB | |
| M. | JOREL | |
| M. | LORINO | |
| M. | MARIGNAC | |
| M. | MBONJO | |
| M. | MENAGE | |
| M. | MIRAUCCOURT | |
| M. | NEDELEC | |
| M. | NICAISE | |
| M. | PARIES | |
| M. | RAYMOND | |
| M. | SERVIERE | |
| M. | SEVESTRE | |
| M. | SIDANER | |
| Mme | TOMBUYSES | |
| M. | TOUTLEMONDE | |
| M. | VINCKE | |
| M. | VIRTANEN | |
| M. | VITTON | |

ASN

M COLLET Directeur général adjoint

MEA

M. RIVIERE
M. NOUALHAGUET
Mme BAUDAS

DCN

M CATTEAU
M. LIU
M. FOUCHER
M. GAUCHER
M. GUANNEL
Mme PEIRO
M. LECOMTE
Mme. LAVARENNE

EDF

M. LAMARRE
M. SALVATORES

IRSN

M. BOULLEY
Mme DUPUY
Mme PICHEREAU
Mme PIGNET
M. VOLA

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

**Avis relatif aux études probabilistes de sûreté
réalisées dans le cadre du quatrième réexamen
périodique des réacteurs de 900 MWe**

Réunion tenue à Montrouge les 11 et 12 juillet 2019

I

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), notifiée par la lettre CODEP-DCN-2019-021816 du 18 juin 2019, le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) s'est réuni les 11 et 12 juillet 2019 pour examiner les études probabilistes de sûreté (EPS) réalisées par EDF pour les réacteurs de 900 MWe du palier CPY dans le cadre de leur quatrième réexamen périodique (VD4-900). Ces EPS portent sur l'évaluation des fréquences de fusion du cœur et de découverture des assemblages combustibles dans la piscine de désactivation située dans le bâtiment des combustibles (EPS de niveau 1), ainsi que sur les fréquences des rejets radiologiques associés (EPS de niveau 2).

Au cours de cette réunion, les membres du GPR 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'expertise.

Dans le cadre de cette expertise, EDF a pris différents engagements, qu'elle devra confirmer à l'ASN. Le groupe permanent a par ailleurs entendu les explications et commentaires présentés en séance par EDF.

II

Le groupe permanent a, conformément à la saisine précitée, examiné les données, les méthodes, les scénarios et les résultats des EPS développées par EDF pour les réacteurs du palier CPY, ainsi que les enseignements qui peuvent être tirés de ces études quant au caractère suffisant des modifications de conception et d'exploitation prévues par EDF dans le cadre du quatrième réexamen de ces réacteurs. Le groupe permanent a plus particulièrement examiné:

- les données utilisées dans ces études ;
- les EPS de niveau 1 et de niveau 2 relatives aux événements internes ;
- les EPS relatives aux agressions d'origine interne : l'EPS de niveau 1 relative à l'explosion, les EPS de niveau 1 et de niveau 2 relatives à l'incendie ainsi que les EPS de niveau 1 et de niveau 2 relatives à l'inondation interne ;
- les EPS séisme de niveau 1 et de niveau 2 pour le site du Tricastin ainsi que les études présentées pour les autres agressions externes naturelles, notamment celles qui sont relatives aux risques d'inondation externe.

Pour ces différents sujets, le groupe permanent a examiné les suites données par EDF aux demandes formulées par l'ASN dans les lettres référencées CODEP-DCN-2013-013464 du 28 juin 2013 et CODEP-DCN-2016-007286 du 20 avril 2016, relatives respectivement au projet de prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans et aux orientations du réexamen VD4-900.

III

Données

Le groupe permanent considère que les données utilisées par EDF dans ses EPS (fréquences des initiateurs, profil de fonctionnement des réacteurs, données de fiabilité et taux d'indisponibilité des matériels, paramètres de défaillance de cause commune) sont globalement pertinentes. Des améliorations ont été apportées par EDF à son processus de détermination de ces données pour prendre en compte le retour d'expérience récent. Le groupe permanent estime que l'amélioration de la collecte de ce retour d'expérience est à poursuivre de façon à accroître la représentativité des données utilisées dans les différentes EPS, notamment pour ce qui concerne les agressions ; EDF a entrepris des actions et pris des engagements en ce sens.

EPS relatives aux événements internes

EPS de niveau 1 relative aux événements internes pour le réacteur

Au cours du développement de son EPS de niveau 1 relative aux événements internes pour le réacteur, EDF a identifié des besoins d'améliorations de sûreté et a ainsi retenu de mettre en œuvre dans le cadre du réexamen VD4 deux modifications complémentaires (contacteurs électriques de certains ventilateurs et procédure de conduite en cas de perte de la source froide). Le groupe permanent estime que ces modifications permettront effectivement de réduire significativement la fréquence de fusion du cœur.

Il estime par ailleurs que certains compléments d'étude, portant sur les situations pouvant survenir alors que le réacteur est en arrêt pour rechargement ainsi que sur celles qui peuvent résulter d'une perte du système de ventilation assurant le refroidissement des locaux électriques, sont à apporter pour consolider les résultats de l'EPS, ce à quoi EDF s'est engagée.

Le groupe permanent note également qu'EDF réalisera une étude de sensibilité pour estimer le gain qu'apporterait la réduction du risque de mode commun au sein du système ASG d'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur ; en effet, bien que les résultats de l'EPS de niveau 1 répondent aux objectifs retenus pour le réexamen en termes de fréquence de fusion du cœur, les séquences accidentelles avec défaillance de l'ASG constituent des séquences prépondérantes et l'intérêt d'une diversification doit être apprécié.

De surcroît, le groupe permanent souligne que des modifications doivent être réalisées de façon à rendre extrêmement improbable un scénario pouvant mener à la fusion du cœur avec bipasse du confinement en cas de perte totale des alimentations électriques cumulée à la défaillance de l'injection aux joints des pompes primaires. Il formule à cet égard la recommandation n°1 en annexe au présent avis.

EPS de niveau 1 relative aux événements internes pour la piscine

L'EPS de niveau 1 relative aux événements internes pouvant affecter la piscine, complétée par des études de sensibilité réalisées par EDF afin d'apprécier l'apport de certaines modifications qu'elle a prévu de mettre en place dans le cadre du quatrième réexamen, conduit à des résultats cohérents avec l'objectif retenu pour le réexamen de rendre extrêmement improbable le risque de découverte des assemblages combustibles dans la piscine.

Le groupe permanent souligne cependant que les EPS de niveau 1 relatives au réacteur et à la piscine ont été développées indépendamment par EDF ; de ce fait elles ne permettent pas d'apprécier l'impact des dépendances qui existent entre les moyens utilisés pour gérer certains accidents, à la fois pour le réacteur et pour la piscine. Il note qu'EDF s'est engagée à apporter des compléments d'étude sur ce sujet dans le cadre du réexamen.

EPS de niveau 2 relative aux événements internes

Le groupe permanent estime que les modifications prévues par EDF dans le cadre du réexamen VD4-900 permettront de réduire significativement les rejets hors de l'installation qui pourraient résulter d'un accident avec fusion du cœur. Cette réduction résulte principalement du secours électrique par le diesel d'ultime secours (DUS) de certaines vannes d'isolement de l'enceinte et des soupapes de dépressurisation du circuit primaire, de l'étanchéification du puits de cuve qui réduit le risque d'explosion de vapeur après rupture de la cuve, ainsi que des dispositions d'étalement et de stabilisation du corium, enfin de la mise en place du système EASu qui permettra d'évacuer la puissance hors de l'enceinte de confinement sans éventage. Le groupe permanent note que les engagements pris par EDF dans le cadre de la présente expertise, ainsi que de celle des études déterministes des accidents graves qui ont fait l'objet de l'avis du groupe permanent référencé CODEP-MEA-2019-014016, devraient permettre de réduire encore la fréquence ou le niveau des rejets.

Toutefois, le groupe permanent souligne que la fréquence calculée de percée du radier après les modifications précitées reste encore relativement élevée au regard de l'objectif d'éviter des effets durables dans l'environnement. Le groupe permanent a noté avec intérêt qu'EDF continue à explorer les possibilités de réduire cette fréquence. Il souligne qu'une grande partie des situations considérées est portée par le risque de défaillance à court terme du système EASu ou de ses systèmes supports. Il engage EDF à examiner toutes les possibilités de renforcement ou de secours de ces systèmes pour assurer l'injection de l'eau de la bache PTR dans l'enceinte de confinement.

Études spécifiques

En complément des EPS réalisées dans le cadre du réexamen VD4-900, EDF a transmis une méthode pour prendre en compte les aspects « multi-tranche » dans les EPS, ainsi qu'une évaluation de l'impact de ces aspects sur les fréquences de fusion du combustible estimées dans les EPS de niveau 1 de chaque réacteur pour les initiateurs de perte de la source froide et de perte des sources électriques, qui sont susceptibles d'affecter plusieurs réacteurs d'un site à la fois. Si cette évaluation n'a pas conduit à mettre en évidence d'effet falaise, le groupe permanent relève qu'elle montre néanmoins un accroissement sensible des fréquences de fusion du combustible dans le cœur et dans la piscine de désactivation. Le groupe permanent souligne l'intérêt de tenir compte des aspects « multi-tranche » dans les EPS pour les situations concernées, ce à quoi EDF s'est engagée pour les EPS qui seront développées pour les prochains réexamens périodiques. Concernant les accidents conduisant à des rejets radioactifs, le groupe permanent note qu'EDF n'a en revanche fourni aucune évaluation permettant d'apprécier l'impact de tels accidents sur les possibilités d'intervention humaine sur les autres installations du site.

Par ailleurs, EDF a transmis une étude spécifique relative au cas d'une perte des alimentations électriques externes de longue durée. L'étude réalisée par EDF confirme les limitations des EPS actuelles, qui ne couvrent que les 24 premières heures, pour traiter des initiateurs ayant des temps de récupération longs, et donc la prudence qu'il convient d'observer dans l'utilisation des conclusions de ces études pour l'analyse de la phase long terme des accidents. EDF s'est engagée à tenir compte dans les prochaines EPS des actions et missions pouvant avoir un impact sur la dégradation du combustible au-delà de 24 heures, ce qui est satisfaisant.

EPS relatives aux agressions d'origine interne

EPS de niveau 1 relative à l'explosion

EDF a prévu, lors des VD4-900, d'installer des détecteurs d'hydrogène dans les locaux de charge de batteries. Le groupe permanent estime que cette installation mérite d'être réalisée rapidement.

Lors du développement de l'EPS de niveau 1 « explosion », EDF a mis en évidence la nécessité de réduire la fréquence de fusion du cœur induite par une explosion d'hydrogène dans les locaux des batteries. En tenant compte d'une modification complémentaire qu'elle a prévue pour répondre à ce besoin, EDF a montré que la fréquence calculée de fusion du cœur et celle de découverture des assemblages combustibles dans la piscine sont cohérentes avec les objectifs retenus pour le réexamen VD4-900. Néanmoins, les résultats et enseignements de l'EPS « explosion » doivent être

confortés par EDF après correction d'une erreur identifiée dans une étude support à cette EPS, ce à quoi EDF s'est engagée.

EPS de niveau 1 relative à l'incendie

L'EPS « incendie » de niveau 1 examinée tient compte de plusieurs modifications dont la nécessité a été mise en évidence au cours du développement de l'EPS et qu'EDF a prévu de mettre en œuvre dans le cadre du réexamen VD4-900. Ces modifications visent, soit à exclure certains scénarios accidentels, soit à fiabiliser certaines parades importantes en situation d'incendie. Le groupe permanent souligne que, en dépit de ces modifications, la fréquence calculée de fusion du cœur, même si elle est conforme à l'objectif retenu pour le réexamen, reste élevée et que, parmi les événements et agressions internes à l'installation, l'incendie est prépondérant.

La fréquence de découverture des assemblages combustibles dans la piscine de désactivation, calculée en tenant compte de la modification matérielle qu'EDF a prévu de mettre en place dans le cadre du réexamen, consistant à séparer par un écran thermique les deux pompes du circuit PTR de traitement et refroidissement de l'eau des piscines, est cohérente avec l'objectif retenu pour le réexamen. Des compléments d'étude, qu'EDF s'est engagée à apporter, sont néanmoins nécessaires pour apprécier les risques induits par un incendie survenant dans le bâtiment électrique, qui affecterait les alimentations électriques ou le contrôle-commande du système PTR.

EPS de niveau 1 relative à l'inondation interne

L'EPS « inondation interne » de niveau 1 examinée a conduit EDF à retenir des modifications matérielles qui permettront de réduire notablement la fréquence de fusion du cœur associée à cette agression. Toutefois, le groupe permanent constate que, du fait des hypothèses retenues quant à la propagation de l'eau, cette EPS n'a pas permis d'identifier et a fortiori d'évaluer tous les scénarios d'inondation. Ainsi, il estime qu'EDF devra réaliser une évaluation probabiliste complémentaire pour certains scénarios, ce à quoi EDF s'est engagée.

Pour ce qui concerne la fréquence de découverture des assemblages combustibles dans la piscine, le groupe permanent estime qu'EDF devra, sur la base du complément d'évaluation qu'elle s'est engagée à réaliser, confirmer que les modifications qu'elle a prévu de mettre en place dans le cadre du réexamen permettent bien de rendre ce découverture extrêmement improbable.

EPS de niveau 2 relatives à l'incendie et à l'inondation interne

EDF a pour la première fois évaluée les fréquences de rejets hors de l'installation en cas de fusion du cœur induite par un incendie ou une inondation interne. Le groupe permanent souligne l'intérêt de cette démarche dans un objectif d'amélioration de la robustesse de l'installation à l'égard des agressions internes. Au vu des résultats de ces EPS, les scénarios de rejets prépondérants en cas d'agression interne correspondent à des pertes de matériels situés dans le bâtiment électrique entraînant une perte totale des alimentations électriques. Le groupe permanent considère que la fréquence associée de rejets précoces importants, qui a été évaluée par EDF en considérant une installation à l'état technique VD3, est élevée. Ainsi, il estime qu'EDF doit montrer le caractère suffisant des modifications prévues au regard de l'objectif visé pour le réexamen de rendre les rejets précoces importants extrêmement improbables. Il formule à cet égard la recommandation n°2 en annexe au présent avis.

De plus, le groupe permanent note que les EPS de niveau 2 relatives aux agressions internes font ressortir une vulnérabilité de l'alimentation électrique des systèmes de mitigation des accidents avec fusion du cœur, au niveau d'un tableau électrique permettant de secourir l'alimentation électrique des vannes des circuits EAS et EASu par le DUS. En effet, alors que ce secours, non redondant électriquement, est réalisé par la voie B, ce tableau est situé dans un local électrique de la voie A. Ce mode commun contribue significativement à la fréquence calculée de percée du radier. Le groupe permanent formule à ce sujet la recommandation n°3 en annexe au présent avis.

EPS relatives aux agressions d'origine externe

EPS relative au risque sismique

EDF a réalisé une EPS évaluant les fréquences de fusion du cœur, de découverture des assemblages de combustible dans la piscine et de rejets radioactifs hors de l'installation qui pourraient résulter d'un séisme sur le site du Tricastin. Il s'agit d'une première EPS complète de ce type en France. Le groupe permanent souligne les améliorations méthodologiques apportées par EDF par rapport à l'EPS séisme précédente réalisée pour le site de Saint-Alban dans le cadre du troisième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe. Il note cependant que les périodes de retour de l'aléa sismique considéré s'étendent bien au-delà de celles du séisme considéré pour le dimensionnement du noyau dur (SND) ; il estime que l'évaluation des aléas sur d'aussi longues périodes de retour présente des limitations méthodologiques.

Cette EPS souligne l'apport des dispositions du noyau dur pour la sûreté de l'installation, qui conduisent à des réductions significatives des fréquences calculées de fusion du cœur, de

découvrement du combustible en piscine et de rejets hors de l'installation. En outre, cette étude a montré la nécessité de renforcer les bâches à fioul des groupes électrogènes à moteur diesel de chaque réacteur, pour réduire les risques associés aux scénarios de perte des alimentations électriques, ce qu'EDF a prévu.

Le groupe permanent note que les résultats de cette EPS, en termes de fréquences calculées de fusion du cœur, de découverte des assemblages combustibles dans la piscine du bâtiment des combustibles et de rejets hors de l'installation, sont globalement élevés. Il relève toutefois que la plus grande part de ces fréquences est portée par les séismes dont l'intensité est largement supérieure à celle du SND, catégorie affectée par les limitations méthodologiques signalées ci-dessus en raison de la période de retour considérée. Les séismes dont l'intensité est inférieure ou égale à celle du SND ne portent qu'une faible proportion de ces fréquences, et il n'apparaît pas d'effet falaise au voisinage du SND, ce qui montre la robustesse de l'installation pour ces niveaux de séisme.

Néanmoins, pour ces séismes, la fréquence de percée du radier du bâtiment réacteur est relativement élevée au regard des objectifs du réexamen du fait notamment du poids des scénarios de perte des alimentations électriques et d'indisponibilité des matériels du noyau dur, qui ne permettent pas la stabilisation du corium hors de la cuve. Le groupe permanent estime que des dispositions d'exploitation adaptées, assurant une bonne disponibilité des équipements du noyau dur, permettraient de réduire cette fréquence, ainsi que celle de fusion du cœur, actuellement évaluées en considérant une indisponibilité forfaitaire élevée de ces moyens pour maintenance.

Pour les sites autres que celui du Tricastin, le groupe permanent note qu'EDF réalisera également dans le cadre du réexamen des études probabilistes relatives au risque sismique, dont le niveau de détail sera à justifier en fonction des caractéristiques du site et des installations.

EPS relative aux risques d'inondation externe

EDF a réalisé des études probabilistes relatives au risque de crue fluviale pour les sites du Tricastin et de Saint-Laurent-des-Eaux et au risque de surcote marine pour le site de Gravelines. Le groupe permanent souligne le travail important réalisé par EDF pour développer ces études. La méthode mise en œuvre pour les réaliser apparaît simplifiée, mais acceptable pour ces premières études. Le groupe permanent estime qu'EDF devra vérifier que les dispositions matérielles qu'elle a identifiées comme nécessaires à la prévention des risques de bipasse des protections, et pour lesquelles une très bonne fiabilité est postulée dans le cadre de ces études, font l'objet d'un suivi systématique adapté en exploitation. En outre, le groupe permanent estime qu'EDF devra s'assurer de la cohérence entre, d'une part, certaines hypothèses relatives aux actions préventives à réaliser en cas

d'alerte inondation utilisées pour les études et, d'autre part, les principes qui figureront dans les règles particulières de conduite à l'état VD4, ce à quoi EDF s'est engagée.

Le groupe permanent relève que ces études mettent en évidence l'importance des dispositions du noyau dur qui assurent une protection contre des niveaux d'inondation plus sévères que ceux qui ont été retenus pour le dimensionnement des installations, ainsi que de l'intervention de la force d'action rapide nucléaire (FARN) pour les scénarios accidentels liés à la piscine.

Le groupe permanent note que, pour les sites qui n'ont pas fait l'objet d'une évaluation probabiliste, EDF fournira dans le cadre du réexamen des justifications quant au caractère transposable des études probabilistes précitées.

Pour les prochaines EPS relatives au risque d'inondation externe, le groupe permanent estime que la défaillance des dispositions de protection et de leur mise en œuvre devrait être considérée et modélisée. Le groupe permanent note par ailleurs que l'EPS réalisée ne permet pas d'évaluer les fréquences de rejets.

Évaluations relatives aux autres agressions externes

L'examen des agressions externes réalisé par EDF en vue de sélectionner celles qui devaient faire l'objet d'une étude probabiliste dans le cadre du réexamen VD4-900 ne l'a pas conduite à engager d'autres développements que les EPS relatives au séisme, à la crue fluviale et à la surcote marine. Le groupe permanent considère qu'il s'agit en effet des agressions pour lesquelles des EPS devaient être développées en priorité et utilisées dans ce cadre. Il estime cependant que des évaluations probabilistes sont également à réaliser pour les différents sites dans le cadre du réexamen VD4-900 afin de mieux apprécier les risques d'inondation externe induits par une rupture du circuit CRF d'eau de circulation. EDF a pris un engagement dans ce sens.

Le groupe permanent estime plus généralement qu'EDF devra poursuivre ses efforts de développements d'EPS relatives aux agressions externes dans le cadre des prochains réexamens périodiques, et examiner les cumuls plausibles d'agressions qu'il faudrait prendre en compte.

IV

Le groupe permanent souligne l'important travail réalisé par EDF dans le cadre du réexamen VD4-900 pour développer des EPS, dont le périmètre a été largement étendu depuis les précédents réexamens des réacteurs de 900 MWe et de 1300 MWe ; cela permet de disposer d'un éclairage

probabiliste pertinent, en complément des études déterministes, sur les risques liés aux événements internes ainsi qu'aux agressions d'origines interne et externe.

Sous réserve des engagements pris par EDF et des recommandations jointes au présent avis, le groupe permanent considère que les modifications qu'EDF prévoit de mettre en œuvre dans le cadre du réexamen VD4-900 se traduiront par des gains significatifs appropriés en matière de sûreté.

ANNEXE
Recommandations

Recommandation n° 1

Le groupe permanent recommande qu'EDF mette en œuvre des modifications de conception permettant la fermeture et le maintien en position fermée de la ligne de retour des joints n°1 des pompes primaires lors d'une situation de perte totale des alimentations électriques avec défaillance de l'injection aux joints, de manière à préserver l'intégrité du circuit RCV pour éviter une fusion du cœur avec bipasse du confinement.

Recommandation n° 2

Le groupe permanent recommande qu'EDF quantifie la fréquence des rejets aériens précoces et importants en cas d'accident de fusion du cœur résultant d'une agression interne, et identifie les éventuelles modifications complémentaires à apporter à l'installation.

Recommandation n° 3

Le groupe permanent recommande qu'EDF prenne des dispositions permettant de garantir l'alimentation électrique de la ligne de mitigation des accidents graves en cas d'agression interne survenant dans les locaux électriques de la voie A ou de défaillance de la ventilation des locaux de la voie A.