

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

Montrouge, le 18 février 2019

Le Président

Monsieur le Directeur général de l'Autorité de
sûreté nucléaire

CODEP-MEA-2019-006797

**Objet : Avis et recommandations du Groupe Permanent « Réacteurs » du 30/01/2019
et du 31/01/2019
Etudes d'accidents associées au quatrième réexamen de sûreté des réacteurs
de 900 MWe (VD4 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 sa réunion du 30 et 31 janvier 2019 consacrée à l'examen des études d'accidents associées au quatrième réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe (VD4 900 MWe).



Philippe SAINT RAYMOND

PJ : Avis et recommandations

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

M.	SAINT 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.	MIRAU COURT	
M.	NEDELEC	
M.	NICAISE	
M.	PARIES	
M.	RAYMOND	
M.	SERVIERE	
M.	SEVESTRE	
M.	SIDANER	
Mme	TOMBUYES	
M.	TOUTLEMONDE	
M.	VINCKE	
M.	VIRTANEN	
M.	VITTON	

Autres destinataires

ASN

M. DOROSZCZUK Président
M COLLET Directeur général adjoint

MEA

M. RIVIERE
M. NOUALHAGUET
Mme BAUDAS

DCN

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

EDF

M. LAMARRE
M. SALVATOIRES
Mme MOULIN

IRSN

PSN - EXP

Mm PICHEREAU

PSN – RES/SEMIA

M. Olivier DUBOIS
M. ABOURJEILY
M. Franck DUBOIS
M. LAVILLE

PSN – SRDS/SSYR

Mme DUPUY
Mme DUPRAT

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

**Avis relatif aux études d'accidents associées au quatrième
réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe (VD4 900
MWe)**

I

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), notifiée par la lettre CODEP-DCN-2018-008856 du 13 décembre 2018, le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) s'est réuni les 30 et 31 janvier 2019 pour examiner les études d'accidents associées au quatrième réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe (VD4 900) du palier CPY exploités par Electricité de France (EDF) en gestion de combustible « PARITE MOX » ainsi que la conformité de la fonction de recirculation des systèmes d'injection de sécurité (RIS) et d'aspersion dans l'enceinte du bâtiment du réacteur (EAS) aux exigences qui lui sont applicables, pour les réacteurs de 900 MWe du palier CPY et de la centrale du Bugey.

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'il devra confirmer à l'ASN. Le groupe permanent a par ailleurs entendu les commentaires présentés en séance par EDF.

II

Pour les réacteurs de 900 MWe du palier CPY exploités en gestion de combustible « PARITE MOX », le groupe permanent a examiné le corps d'hypothèses retenu par EDF pour réaliser les études d'accidents, les études des conditions de fonctionnement de dimensionnement et complémentaires, les études justificatives particulières et l'évaluation des conséquences radiologiques associées à ces conditions de fonctionnement.

De plus, pour les réacteurs de 900 MWe du palier CPY et de la centrale du Bugey, le groupe permanent a tout particulièrement examiné la conformité aux exigences qui lui sont applicables du système de filtration des circuits RIS et EAS en recirculation.

Pour ces différents sujets, le groupe permanent a analysé 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

Corps d'hypothèses des études

De manière générale, le groupe permanent estime que les hypothèses retenues par EDF prennent correctement en compte l'état des connaissances, notamment certains phénomènes physiques relatifs au combustible non considérés jusqu'à présent tels que la déformation latérale des assemblages, les conclusions des expertises réalisées précédemment par l'IRSN, ainsi que les nouveaux référentiels relatifs à l'accident de perte de réfrigérant primaire, aux conditions de fonctionnement complémentaires et à l'évaluation des conséquences radiologiques. De plus, les modifications prévues lors des VD4 900 et les anomalies d'études identifiées sont bien prises en compte dans les documents transmis par EDF.

Le groupe permanent estime par ailleurs que les logiciels utilisés par EDF pour réaliser les études d'accidents sont satisfaisants sous réserve de quelques améliorations ou compléments de validation.

EDF s'est engagé à apporter ces améliorations et compléments de validation dans des délais cohérents avec leur importance pour la sûreté.

Le groupe permanent note de plus qu'EDF, d'une part, met en œuvre pour certains accidents de nouvelles méthodes d'étude qui visent à intégrer les évolutions de l'état des connaissances et, d'autre part, utilise des méthodes acceptées par l'ASN pour les études relatives au réacteur EPR de Flamanville 3. Le groupe permanent note en revanche que les méthodes utilisées pour étudier, pour un accident de perte de réfrigérant primaire, la capacité de refroidissement à court terme du combustible et le risque de dilution inhérente, n'ont pas été acceptées jusqu'à présent par l'ASN. Les discussions doivent se poursuivre sur ces méthodes.

La conception des assemblages combustibles et des grappes de commande est identique à celle qui est retenue dans le référentiel associé au troisième réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe (VD3 900). Le groupe permanent estime qu'EDF a démontré l'applicabilité de la corrélation de flux critique FC2002r aux assemblages de conception FRAMATOME et a apporté la démonstration du bon comportement de ces assemblages dans les situations normales, incidentelles et accidentelles, hormis pour ce qui concerne le risque de flambage des grilles d'assemblage en situation de cumul des effets d'un séisme et d'un accident de perte de réfrigérant primaire. EDF devra, comme il s'y est engagé, apporter cette démonstration.

Enfin, à partir des VD4 900, EDF prévoit d'introduire des grappes absorbantes fixes en hafnium dans 12 assemblages combustibles placés à la périphérie du cœur, afin de réduire le flux neutronique reçu par la cuve. Le groupe permanent estime que cette évolution est positive et correctement prise en compte dans les études d'accidents.

Etudes des conditions de fonctionnement de dimensionnement

Le groupe permanent note qu'EDF a mis à jour l'ensemble des études des conditions de fonctionnement de dimensionnement de 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} catégories, ce qui constitue une démarche adaptée au réexamen VD4 900. En réponse à des demandes de l'ASN formulées dans la lettre CODEP-DCN-2016-007286 du 20 avril 2016 relative aux orientations du réexamen VD4 900, EDF a transmis :

- des études spécifiques, concernant notamment la prise en compte des déformations latérales des assemblages combustibles, du conditionnement mécanique des crayons, ainsi que de la mise en œuvre de cœurs constitués d'assemblages de conceptions différentes ;
- des études de robustesse, concernant notamment la prise en compte du cumul de certaines des conditions de fonctionnement et d'un manque de tension électrique externe et le comportement des réacteurs de 900 MWe pour les événements et délais d'action de l'opérateur retenus lors des études de sûreté du réacteur EPR de Flamanville 3.

Le groupe permanent estime que les études d'EDF permettent, sous réserve de compléments parfois substantiels qu'EDF s'est engagé à transmettre, de conclure au respect des critères de sûreté. Il souligne qu'EDF devra notamment compléter la démonstration de sûreté concernant l'éjection

d'une grappe de commande, l'accident de perte de réfrigérant primaire, la rupture d'un tube de générateur de vapeur de 4^{ème} catégorie ainsi que la qualification à une ambiance dégradée de la chaîne de mesure de la vitesse de rotation des pompes primaires. De plus, EDF devra compléter les études de robustesse relatives à la prise en compte des événements et des délais d'intervention des opérateurs retenus pour les études de sûreté relatives au réacteur EPR de Flamanville 3.

Le groupe permanent estime par ailleurs que la démarche retenue par EDF pour la démonstration de sûreté relative aux recharges de combustible, couvrant notamment la variabilité attendue des plans de chargement des cœurs, est satisfaisante sous réserve des compléments qu'EDF s'est engagé à transmettre.

Le groupe permanent souligne cependant que la démonstration de sûreté présentée par EDF doit être complétée sur les points suivants :

- si EDF a correctement évalué l'amplitude des déformations latérales des assemblages combustibles attendues en réacteur et leur effet sur la distribution de puissance neutronique, l'analyse présentée quant à l'impact thermohydraulique de ces déformations suppose que la corrélation de flux critique FC2002r reste applicable à la périphérie des assemblages déformés. Le groupe permanent estime que cette affirmation mérite d'être évaluée au moyen d'essais spécifiques, ce qui fait l'objet de la recommandation n°1 en annexe au présent avis ;
- l'étude de la dilution d'acide borique intervenant alors que le réacteur est en puissance devrait, à la lumière du retour d'expérience d'exploitation, considérer le refus de fermeture de la vanne réglante d'une ligne de contournement de la turbine à l'atmosphère ou au condenseur après sa sollicitation en alternative au blocage en position haute de la grappe la plus antiréactive lors de l'arrêt automatique du réacteur ; ce sujet fait l'objet de la recommandation n°2 en annexe au présent avis.

Par ailleurs, compte tenu des préconisations du guide de l'ASN n°22 relatif à la conception des réacteurs à eau sous pression, des compléments d'études sont nécessaires pour ce qui concerne la maîtrise de la réactivité lors d'un refroidissement intempestif du réacteur intervenant en état d'arrêt. Sur ce point, EDF devra estimer l'enjeu de sûreté et, si cela s'avère nécessaire, rechercher des améliorations de sûreté matérielles ou de conduite.

Enfin, pour ce qui concerne le phénomène de remontée du flux neutronique aux extrémités des colonnes fissiles des crayons combustibles MOX, le groupe permanent note qu'EDF a mis en œuvre des mesures palliatives pour les réacteurs de 900 MWe exploités en gestion de combustible PARITE MOX à l'état VD3 ; ces mesures devront être maintenues pour les réacteurs à l'état VD4 dans l'attente de modifications de la conception des crayons concernés accompagnées de la démonstration de sûreté associée.

Etudes des conditions de fonctionnement complémentaires

Le groupe permanent note qu'EDF a mis à jour la liste des dispositions complémentaires et l'ensemble des études des conditions de fonctionnement complémentaires selon une nouvelle démarche, dite du domaine complémentaire rénové, comparable à celle qui a été appliquée au réacteur EPR de Flamanville 3.

Le groupe permanent estime que la liste des dispositions complémentaires, compte tenu de l'engagement pris par EDF de la compléter, est acceptable. Les études des conditions de fonctionnement complémentaires présentées permettent en général de conclure au respect des critères de sûreté, sous réserve de compléments qu'EDF s'est engagé à transmettre, notamment pour ce qui concerne l'accident de perte de réfrigérant primaire intervenant en état d'arrêt normal sur les générateurs de vapeur.

Le groupe permanent souligne toutefois que la démonstration de sûreté reste à compléter, du fait des points suivants :

- EDF n'a pas pris en compte les déformations latérales des assemblages combustibles dans les études du domaine complémentaire. Le groupe permanent estime que ces déformations, qui correspondent à la réalité des tranches, doivent être considérées et retient à ce sujet la recommandation n°3 en annexe au présent avis ;
- L'analyse des conditions de fonctionnement non retenues à la conception des réacteurs de 900 MWe du palier CPY mais retenues pour le réacteur EPR de Flamanville 3, en particulier celles qui peuvent intervenir dans les états d'arrêt, ne fait pas l'objet d'études de sensibilité aux délais d'intervention de l'opérateur retenus pour le réacteur EPR ; le groupe permanent retient à ce sujet la recommandation n°4 en annexe au présent avis.

Etudes justificatives particulières

EDF a présenté trois études justificatives particulières relatives respectivement au phénomène d'interaction entre pastilles et gaines assistée par la corrosion sous contrainte, à la rupture doublement débattue d'une tuyauterie principale du circuit primaire, et à la dilution inhérente intervenant en cas d'accident de perte de réfrigérant primaire pour des brèches de taille intermédiaire.

Le groupe permanent considère que les deux premières études sont satisfaisantes. En revanche, en ce qui concerne la dilution inhérente, l'étude réalisée par EDF selon les règles des études des conditions de fonctionnement de dimensionnement n'est pas conclusive compte tenu notamment de l'imperfection des connaissances relatives au volume de bouchon d'eau à considérer dans l'étude. Cependant, une étude complémentaire présentée par EDF concernant les conséquences de l'envoi de volumes importants d'eau faiblement borée dans la cuve du réacteur, réalisée avec des hypothèses réalistes, apporte une démonstration acceptable de l'absence de dommages qui

mettraient en cause la capacité de refroidissement du cœur. Ces éléments constituent une avancée notable quant à l'appréciation des enjeux de sûreté associés à ces situations.

Évaluation des conséquences radiologiques des conditions de fonctionnement de dimensionnement et complémentaires

Compte tenu des engagements pris par EDF pour les compléter, le groupe permanent estime que les évaluations des conséquences radiologiques des conditions de fonctionnement de dimensionnement et complémentaires sont satisfaisantes et répondent globalement aux objectifs fixés dans le cadre du réexamen VD4 900 et du projet de prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans.

Concernant l'étude de rupture d'un tube de générateur de vapeur de 4^{ème} catégorie (RTGV4), le groupe permanent note l'effet favorable de l'abaissement du seuil d'activité primaire dans les spécifications radiochimiques. Néanmoins, l'étude montre peu de progrès entre l'état VD3 et l'état VD4 en termes de rejets liquides dans l'environnement. A cet égard, le groupe permanent retient la recommandation n°5 en annexe au présent avis.

Conformité de la fonction de recirculation des circuits RIS et EAS aux exigences qui lui sont applicables

Le groupe permanent a examiné les éléments présentés par EDF visant à montrer que les débris générés en cas de brèche du circuit primaire ne dégradent pas les performances des systèmes de sauvegarde RIS et EAS lorsque ces circuits fonctionnent en recirculation à partir des puisards de l'enceinte et n'entravent pas le refroidissement des assemblages combustibles. Ces éléments portent sur la caractérisation des débris transportés jusqu'aux filtres situés à l'aspiration dans les puisards des systèmes RIS et EAS (terme source débris (TSD) amont), la vérification du bon fonctionnement des pompes RIS et EAS en recirculation, la caractérisation des débris en aval des filtres (TSD aval), la vérification de la capacité de refroidissement des assemblages combustibles et les effets de la température et de la chimie de l'eau de recirculation sur le risque de colmatage des filtres et des assemblages combustibles.

Le groupe permanent note que, à l'issue de l'expertise de son dossier par l'IRSN, EDF a pris l'engagement de réaliser un plan d'actions comportant de nouveaux essais et des études complémentaires.

Le groupe permanent considère que le TSD amont retenu par EDF mérite d'être consolidé notamment en ce qui concerne la masse de débris fibreux ; de plus, la caractérisation (nature, longueur, granulométrie) des débris de fibres et de peinture résultant de la brèche doit encore être justifiée par EDF. Ainsi, la révision du TSD amont qu'EDF s'est engagé à réaliser dans le cadre de son plan d'actions apparaît nécessaire pour évaluer l'efficacité de la fonction de recirculation.

Le groupe permanent souligne par ailleurs que le dossier présenté par EDF ne permet pas d'exclure le risque de cavitation des pompes RIS et EAS des réacteurs du Bugey lors de leur fonctionnement en recirculation, ni des pompes EAS des réacteurs du Blayais et des réacteurs Gravelines 5 et 6. Les nouveaux essais de qualification des filtres avec un TSD amont révisé et la réévaluation des pertes de charge dans les lignes d'aspiration qu'EDF s'est engagé à effectuer apparaissent nécessaires pour statuer sur le bon fonctionnement de ces pompes.

La caractérisation du TSD aval doit également être consolidée, en particulier sa composante en fibres, qui a une influence importante sur le refroidissement des assemblages combustibles. EDF s'y est engagé dans son plan d'actions.

Pour vérifier la capacité de refroidissement des assemblages combustibles en présence de débris, EDF a défini, pour les différentes localisations de brèche sur le circuit primaire considérées, un critère de différence de pression maximale acceptable aux bornes de l'assemblage et a réalisé des essais pour en vérifier le respect. Les critères retenus par EDF apparaissent recevables, hormis pour la configuration à long terme d'une brèche en branche froide du circuit primaire, pour laquelle EDF s'est engagé à compléter sa démonstration. Le groupe permanent constate que les essais réalisés pour vérifier le respect de ces critères, ainsi que les essais de qualification des filtres, n'ont pas été menés dans des conditions de température et de chimie de l'eau des puisards suffisamment représentatives d'un fonctionnement des circuits RIS et EAS en recirculation. Le groupe permanent estime que les essais complémentaires auxquels EDF s'est engagé, doivent être menés sur les filtres et les assemblages combustibles dans des conditions de température et de chimie de l'eau aussi représentatives que possible, comme EDF en est convenu.

Dès lors, le groupe permanent souligne que l'efficacité de la fonction de recirculation des circuits RIS et EAS n'a pas été démontrée par EDF. Compte tenu de la complexité des phénomènes, de l'état des pratiques internationales, et du caractère incertain des conclusions qui pourraient être tirées des actions engagées par EDF, le groupe permanent estime que des modifications matérielles doivent dès maintenant être recherchées et étudiées en vue de réduire significativement les risques de dysfonctionnement de la fonction de recirculation, ce à quoi EDF s'est engagé.

IV

En conclusion, le groupe permanent souligne l'importance du travail réalisé par EDF pour les VD4 900, consistant à reprendre la totalité des études d'accidents et à les compléter en tenant compte du retour d'expérience français et international, des évolutions des connaissances ainsi que de phénomènes physiques non considérés jusqu'à présent et des objectifs de sûreté applicables aux nouveaux réacteurs.

Le groupe permanent estime que la plupart des études réalisées par EDF, ainsi que les modifications matérielles et d'exploitation prévues, sont satisfaisantes et répondent aux demandes de l'ASN relatives à la prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs et aux VD4 900.

Cependant, pour certaines de ces études, des compléments substantiels restent nécessaires pour qu'une démonstration de sûreté satisfaisante soit apportée. Si EDF s'est engagé à apporter de tels compléments, d'autres compléments nécessaires font l'objet des recommandations en annexe au présent avis.

Pour ce qui concerne la conformité du système de filtration des circuits RIS et EAS en recirculation en cas d'accident de perte de réfrigérant primaire, le groupe permanent estime nécessaire qu'EDF propose des modifications matérielles qui permettraient de réduire significativement les risques de dysfonctionnement de cette fonction de recirculation.

ANNEXE

Recommandations

Recommandation n° 1

Le Groupe permanent recommande qu'EDF réalise des essais de flux critique afin de vérifier l'applicabilité en périphérie d'assemblage de la corrélation de flux critique FC2002r en l'absence d'ailettes de mélange et pour des lames d'eau inter-assemblages de largeur variable. Les configurations d'essais devront être représentatives des assemblages chargés en réacteur.

Recommandation n° 2

Le Groupe permanent recommande qu'EDF réalise une étude de dilution homogène incontrôlée initiée en puissance en considérant le refus de fermeture de la vanne réglante d'une ligne de contournement de la turbine à l'atmosphère ou au condenseur après sa sollicitation.

Recommandation n° 3

Le Groupe permanent recommande qu'EDF prenne en compte les conséquences des déformations latérales des assemblages de combustible dans les études du domaine complémentaire.

Recommandation n° 4

Le Groupe permanent recommande qu'EDF évalue les conséquences de la prise en compte des délais d'intervention de l'opérateur retenus dans le référentiel de sûreté de l'EPR de Flamanville sur les conclusions des études des conditions de fonctionnement complémentaires, et justifie les conclusions qu'il en tire quant à l'opportunité de nouvelles dispositions complémentaires.

Recommandation n° 5

Dans le but de réduire les conséquences radiologiques d'un accident de rupture d'un tube de générateur de vapeur de 4^{ème} catégorie (RTGV 4), le Groupe permanent recommande qu'EDF définisse et mette en œuvre des modifications matérielles ou de conduite permettant de réduire les rejets radioactifs, notamment liquides, dans l'environnement en cas de RTGV 4.