

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

Montrouge, le 17 avril 2019

*Le Président*

Monsieur le Directeur général  
de  
l'Autorité de sûreté nucléaire

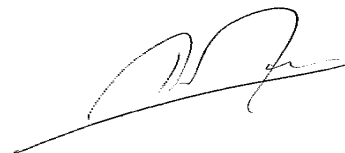
**CODEP-MEA-2019-014016**

**Objet : Avis et recommandations du Groupe Permanent « Réacteurs » du 27/03/2019 et du 28/03/2019  
Maîtrise des accidents graves dans le cadre du déploiement des modifications post-Fukushima**

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 27 mars 2019 et du 28 mars 2019 consacrée à la maîtrise des accidents graves dans le cadre du déploiement des modifications post-Fukushima.

Concernant la limitation du risque de percement du radier, le groupe permanent a procédé à un vote. Le groupe permanent a souhaité écrire à la majorité, « Le groupe permanent estime souhaitable que de nouvelles expérimentations puissent lever les doutes au plus tôt, et qu'EDF adopte si cela s'avère nécessaire, pour les réacteurs atteignant leur quatrième visite décennale, des modifications permettant de démontrer le non-percement du radier, consistant par exemple en l'épaississement de ce radier » plutôt que « Le groupe permanent estime souhaitable que de nouvelles expérimentations puissent lever les doutes au plus tôt, et qu'EDF adopte dans l'attente, pour les réacteurs atteignant leur quatrième visite décennale, des modifications permettant de démontrer le non-percement du radier, consistant par exemple en l'épaississement de ce radier ».



**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	TOMBUYESSES	
M.	TOUTLEMONDE	
M.	VINCKE	
M.	VIRTANEN	
M.	VITTON	

---

## **Autres destinataires**

### **ASN**

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. SALVATORES  
Mme MOULIN

### **IRSN**

Mme PICHEREAU  
M. VOLA  
Mme PIGNET  
Mme DEBAUDRINGHIEN  
M. COZERET

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

**Avis relatif à la maîtrise des accidents graves dans le cadre du  
déploiement des modifications post-Fukushima**

Réunion tenue à Montrouge le 27/03/2019 et le 28/03/2019

Secrétariat des Groupes Permanents d'Experts  
ASN – 15 rue Louis Lejeune  
CS 70013  
92541 Montrouge Cedex  
Téléphone Léa Baudas – 01 46 16 41 69 - Fabienne Niez – 01 46 16 41 63  
e-mail : [asn.secretariatgpe@asn.fr](mailto:asn.secretariatgpe@asn.fr)

## I

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), notifiée par la lettre CODEP-DCN-2019-002516 du 25 février 2019, le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) s'est réuni les 27 et 28 mars 2019 pour examiner l'efficacité des dispositions relatives à la maîtrise des accidents graves retenues par EDF pour les réacteurs du parc en exploitation dans le cadre du déploiement du « noyau dur » post-Fukushima et de la prolongation de la durée de fonctionnement de ces réacteurs.

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 explications et commentaires présentés en séance par EDF.

## II

Le groupe permanent a en particulier examiné les dispositions qu'EDF a prévu de mettre en place lors de la phase 3 des modifications post-Fukushima pour limiter le risque de percement du radier et assurer l'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte sans éventage, grâce à un système dit EASu, pour l'ensemble des réacteurs du parc en exploitation. Les éléments disponibles pour les réacteurs de 900 MWe (palier CPY et réacteurs du Bugey) sont les plus détaillés, les modifications correspondantes devant être mises en œuvre dans le cadre des quatrièmes visites décennales de ces réacteurs ; l'examen pour les autres paliers n'a porté que sur les principes. L'examen a également porté sur les dispositions retenues pour l'évacuation de la puissance résiduelle avec éventage de l'enceinte de confinement.

De plus, le groupe permanent a examiné les dispositions techniques, dites « parade voie eau », destinées à éviter une propagation de la contamination vers les eaux souterraines en cas de fuite radioactive significative dans le sol d'un îlot nucléaire.

Enfin, le groupe permanent a examiné la liste des fonctions et matériels retenus comme nécessaires par EDF pour limiter les conséquences des accidents graves et l'évaluation par EDF des conséquences radiologiques de ces accidents, présentées dans le cadre du quatrième réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe (VD4 900) et du deuxième réexamen de sûreté des réacteurs de 1450 MWe (VD2 N4).

Pour ces différents sujets, le groupe permanent a tenu compte des suites données par EDF aux demandes formulées par l'ASN dans les lettres référencées CODEP-DCN-2016-024748 du 29 juin 2016 et CODEP-DCN-2017-014451 du 19 juillet 2017, relatives respectivement aux dispositifs techniques visant à s'opposer au transfert de contamination dans le sol en cas d'accident grave et à la maîtrise des accidents graves tenant compte des modifications prévues dans le cadre du « noyau dur » post-Fukushima et du projet de prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans.

### III

#### Limitation du risque de percement du radier

De manière générale, le groupe permanent estime que les dispositions prévues par EDF pour favoriser un étalement du corium à sec dans le puits de cuve et le local adjacent dit local RIC, puis sa stabilisation sous eau, constituent des améliorations de sûreté permettant de réduire significativement le risque de percement du radier. Le groupe permanent souligne toutefois la complexité des phénomènes physiques régissant la stabilisation du corium qui font encore l'objet de travaux de recherche importants. Si les dispositions envisagées par EDF apparaissent satisfaisantes en ce qui concerne les réacteurs dont le radier est silico-calcaire ou siliceux, les données expérimentales existantes et l'incertitude sur leur interprétation ne suffisent pas à conclure quant au respect du critère de découplage proposé par EDF lorsque le béton du radier est très siliceux. Le groupe permanent estime souhaitable que de nouvelles expérimentations puissent lever les doutes au plus tôt, et qu'EDF adopte si cela s'avère nécessaire, pour les réacteurs atteignant leur quatrième visite décennale, des modifications permettant de démontrer le non-percement du radier, consistant par exemple en l'épaississement de ce radier. De plus, pour le risque de percement des voiles de béton séparant le local RIC du local des puisards, le groupe permanent formule la recommandation n°1 en annexe au présent avis.

D'une façon générale, le groupe permanent estime nécessaire qu'une fiabilisation de l'ensemble du système envisagé soit assurée, en examinant les perturbations susceptibles d'intervenir en situation d'accident grave, de façon à assurer en toutes circonstances la tenue de toutes les composantes de l'enceinte de confinement.

Afin de limiter les conséquences d'une reprise de l'ablation du radier pour les situations de défaillances de l'EASu conduisant à un éventage de l'enceinte de confinement, le groupe permanent estime nécessaire qu'EDF mette en place des dispositions permettant un appoint d'eau robuste et diversifié dans le bâtiment du réacteur (BR) avec des moyens mobiles. Le groupe permanent note qu'EDF s'est engagé à étudier la faisabilité de telles dispositions, ce qu'il estime satisfaisant.

Enfin, au-delà des dispositions déjà retenues par EDF pour assurer le suivi de l'état de l'installation en cas d'accident grave et la conduite de la pompe « noyau dur » du système EASu, le groupe permanent estime souhaitable que soit mise en place une instrumentation qui permette de détecter l'étalement du corium sur toute la surface du local RIC. EDF s'est engagé à analyser la faisabilité du déploiement d'une telle instrumentation, ce que le groupe permanent estime satisfaisant.

#### Évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte de confinement sans éventage

Le système EASu est prévu par EDF pour évacuer la puissance résiduelle hors de l'enceinte de confinement en cas d'accident grave. Ce système permet, au moyen de la pompe dite « noyau dur », d'injecter l'eau contenue dans la bache PTR dans l'enceinte de confinement, puis de faire recirculer l'eau, recueillie dans les puisards de cette enceinte, en la refroidissant. Ce refroidissement est assuré grâce à un échangeur qui serait raccordé à une source froide par la force d'action rapide nucléaire (FARN) qui dispose d'une pompe mobile et de tuyauteries de raccordement adaptées.

Compte tenu de son rôle essentiel, l'ASN a estimé, dans sa lettre référencée CODEP-DCN-2017-014451 du 19 juillet 2017, que la pompe « noyau dur » doit faire l'objet d'exigences de conception,

de réalisation et de suivi en exploitation renforcées. À cet égard, le groupe permanent considère que le classement de sûreté retenu par EDF pour cette pompe ne permet pas d'obtenir un niveau de confiance suffisant ; il formule à ce sujet la recommandation n° 2 en annexe au présent avis.

Le bâtiment du combustible des réacteurs de 900 MWe abritera la pompe « noyau dur » en plus des pompes des systèmes RIS et EAS susceptibles d'être utilisés en cas de défaillance du système EASu. Afin de limiter d'une part les risques de défaillance de l'ensemble de ces moyens et d'autre part les risques de rejets liés à la recirculation d'eau radioactive hors de l'enceinte, par le système EASu, en situation d'accident grave, le groupe permanent estime nécessaire qu'EDF mette en place une réinjection des effluents liquides du bâtiment du combustible dans le bâtiment du réacteur. À cet égard, le groupe permanent formule la recommandation n°3 en annexe au présent avis.

Concernant la démonstration de la robustesse de la fonction de recirculation du système EASu des réacteurs du palier 900 MWe, le groupe permanent considère que les pertes de charge des filtres retenues par EDF ont été évaluées sur la base d'essais insuffisamment représentatifs des conditions d'un accident grave. EDF s'est engagé à réaliser, d'ici fin 2022, de nouveaux essais de filtration de longue durée en prenant notamment en compte des conditions de température et une chimie de l'eau représentatives d'un accident grave. Le groupe permanent considère que cet engagement est satisfaisant ; il note dès à présent que le choix d'implantation de la pompe « noyau dur », favorable vis-à-vis de la hauteur d'eau à l'aspiration de la pompe, ainsi que son faible débit sont de nature à limiter le risque de cavitation de la pompe en cas d'augmentation des pertes de charge aux bornes des filtres due à leur colmatage.

Concernant l'efficacité du système EASu, le groupe permanent note qu'il existe un risque de montée en pression de l'enceinte de confinement au-delà de sa pression de dimensionnement avant 24 h dans certains cas d'accident grave à cinétique rapide. La réalimentation de la bache PTR et l'injection par cette voie d'un volume d'eau borée additionnel dans le bâtiment du réacteur étant de nature à réduire significativement ce risque, le groupe permanent estime que la réalimentation de la bache PTR en eau borée doit pouvoir être assurée en situation d'accident grave avec un haut niveau de confiance. À cet égard, le groupe permanent formule la recommandation n°4 en annexe au présent avis.

#### Évacuation de la puissance résiduelle avec éventage de l'enceinte de confinement

Le groupe permanent note qu'EDF n'a pas transmis d'étude portant sur l'amélioration de l'efficacité de la filtration U5 ou sur la mise en œuvre de nouveaux filtres d'éventage de l'enceinte.

Le groupe permanent souligne que l'amélioration de l'efficacité de la filtration des rejets par le dispositif d'éventage de l'enceinte de confinement doit être recherchée même pour les réacteurs pour lesquels les modifications de la phase 3 post-Fukushima auront été déployées, pour pallier une éventuelle défaillance du système EASu. Sans préjudice de l'avancement des programmes de recherche en cours, le groupe permanent estime qu'il pourrait être techniquement possible de définir et de mettre en œuvre, dans un délai de l'ordre de 5 ans pour les premiers réacteurs, des améliorations du dispositif U5 en termes d'efficacité de filtration des iodures gazeux, plus particulièrement des iodures organiques.

### Adéquation des modifications de limitation des conséquences des accidents graves prévues lors de la phase 3 des modifications post-Fukushima

Le groupe permanent souligne tout d'abord que le caractère suffisant des modifications retenues pour limiter les conséquences des accidents graves s'apprécie à la fois sur la base d'une démonstration déterministe et sur la base d'études probabilistes de sûreté de niveau 2 quantifiant les risques de rejets radioactifs dans l'environnement. Le présent avis ne porte que sur la démonstration déterministe, l'examen des études probabilistes de sûreté étant prévu, pour les réacteurs du palier 900 MWe, en juin 2019.

Le groupe permanent considère que les objectifs retenus par EDF, qui visent à évacuer la puissance résiduelle de l'enceinte de confinement sans éventage et à stabiliser le corium sur le radier du bâtiment du réacteur, sont cohérents avec ceux qui ont été retenus à la conception du réacteur EPR Flamanville 3 pour la limitation des conséquences des accidents avec fusion du cœur. Toutefois, les moyens mis en œuvre pour y parvenir diffèrent sensiblement, ce qui s'explique notamment par les contraintes imposées par les modifications d'une installation existante.

L'examen des modifications prévues par EDF conduit le groupe permanent à préconiser, au-delà des engagements déjà pris par EDF, quelques dispositions complémentaires qui font l'objet de recommandations formulées plus haut, visant soit à s'affranchir d'incertitudes de nature à mettre en cause l'efficacité des dispositions prévues, soit à renforcer les parades disponibles. Moyennant la mise en œuvre de ces dispositions complémentaires, le groupe permanent estime que les améliorations concernant les accidents graves qu'EDF prévoit de mettre en place lors de la phase 3 des modifications post-Fukushima constitueront en complément des phases 1 et 2 une avancée importante pour la sûreté.

Enfin, l'ASN a questionné EDF concernant les possibilités de raccourcissement du calendrier de déploiement des modifications de la phase 3 post-Fukushima. En l'absence, à ce jour, de réponse de la part d'EDF, le groupe permanent n'est pas en mesure de se prononcer sur le caractère adapté du calendrier de déploiement des dispositions de limitation des conséquences des accidents graves pour tous les réacteurs en fonctionnement.

#### Dispositions relatives à la « parade voie eau »

En réponse à une prescription de l'ASN, EDF a étudié la faisabilité de la mise en œuvre, à titre préventif, de dispositifs techniques permettant d'éviter une propagation de la contamination dans les eaux souterraines en cas de fuite radioactive significative dans le sol d'un îlot nucléaire.

Les dispositifs étudiés par EDF associent, sous une forme adaptée à chacun des sites, une barrière statique (la paroi d'une enceinte géotechnique) à un confinement dynamique (un système de pompage). Le groupe permanent note qu'EDF n'a pas retenu la mise en place de tels dispositifs, qu'il juge non nécessaires compte tenu des dispositions prises pour éviter le percement du radier, et n'a pas transmis d'études des conséquences radiologiques d'un tel percement.

Le groupe permanent considère, au-delà de la démonstration de sûreté qui doit reposer sur l'absence de percement du radier, qu'il est nécessaire de réfléchir sur les actions qui pourraient être mises en œuvre en phase post-accidentelle à l'égard des transferts de radioactivité par les eaux souterraines. Le groupe permanent considère qu'EDF doit définir les modalités pratiques du



déploiement sur site des dispositions qu'il mettrait en œuvre à cette fin. Les dispositifs précités peuvent y contribuer, et le rôle qu'ils peuvent jouer doit être examiné. Pour les sites du palier 900 MWe du Bugey, du Tricastin, de Gravelines, de Dampierre-en-Burly, du Blayais et de Saint-Laurent-des-Eaux, la valorisation de l'enceinte géotechnique existante apparaît pertinente en l'état, ou réalisable au prix de travaux limités. Pour le site de Chinon, l'opportunité de créer une enceinte géotechnique est à examiner.

Pour ce qui concerne plus précisément le traitement des eaux contaminées, le groupe permanent formule la recommandation n°5 en annexe au présent avis.

#### Liste des fonctions et matériels nécessaires en accident grave

Les équipements retenus par EDF comme « nécessaires en accident grave » dans les rapports de sûreté des différents réacteurs font l'objet d'une qualification spécifique dans des conditions représentatives des accidents graves et d'exigences en termes de disponibilité et d'efficacité dans les règles générales d'exploitation.

Le groupe permanent estime que, compte tenu de l'importance de leur contribution en termes de limitation des rejets radioactifs, le dispositif U5 d'éventage-filtration de l'enceinte ainsi que les équipements permettant l'aspersion dans l'enceinte en injection directe doivent continuer à faire l'objet de telles exigences. Compte tenu des engagements pris par EDF, le groupe permanent estime que la liste des fonctions et matériels retenus comme étant nécessaires en accident grave est globalement satisfaisante pour les réacteurs de 900 MWe à l'état VD4 900 et pour les réacteurs de 1450 MWe à l'état VD2 N4.

#### Évaluation des conséquences radiologiques des accidents graves

Concernant les conséquences radiologiques qui pourraient résulter d'un accident grave affectant un réacteur de 900 MWe à l'état VD4 900, le groupe permanent considère que l'évaluation présentée par EDF sous-estime les quantités d'iode qui pourraient se trouver dans l'atmosphère de l'enceinte de confinement et dans l'atmosphère du bâtiment du combustible. Ce sujet ne concerne pas les réacteurs de 1300 MWe ou de 1450 MWe, dont les puisards sont alcalinisés par des paniers de tétraborate de sodium, ce qui permet d'y piéger durablement une fraction importante des iodures. Pour les réacteurs de 900 MWe, le groupe permanent formule la recommandation n°6 en annexe au présent avis.

Le groupe permanent constate qu'EDF n'a pas à ce jour fourni de réponse complète aux interrogations de l'ASN concernant la possibilité de réduire les périmètres sur lesquels des actions de protection des populations seraient à mettre en œuvre en cas de rejets lors de l'éventage de l'enceinte.

#### IV

En conclusion, le groupe permanent estime que les dispositions qu'EDF prévoit de mettre en œuvre dans le cadre de la phase 3 des modifications post-Fukushima amélioreront significativement la maîtrise des accidents graves pouvant affecter les réacteurs EDF du parc en fonctionnement.

Sous réserve du respect des engagements pris par EDF et de la prise en compte du présent avis, en particulier pour ce qui concerne le cas des radiers très siliceux, et des recommandations jointes, le

groupe permanent considère que les améliorations relatives aux accidents graves, prévues pour les réacteurs de 900 MWe dans le cadre de leur quatrième visite décennale, permettront de répondre aux objectifs fixés par l'ASN. Cette conclusion reste toutefois à conforter par l'examen des études probabilistes de sûreté, présentées par EDF pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, prévu en juin 2019.

Pour les paliers 1300 MWe et 1450 MWe, les mêmes principes sont applicables. La déclinaison de ces principes aux paliers concernés devra tenir compte de leurs spécificités respectives.

## ANNEXE

### Recommandations

#### Recommandation n° 1

Le groupe permanent recommande, pour les réacteurs de 900 MWe, qu'EDF s'assure, au besoin par des modifications, de l'absence de risque de percement par le corium des voiles entre le local RIC et la zone des puisards du fond de l'enceinte de confinement du bâtiment du réacteur.

#### Recommandation n° 2

Le groupe permanent recommande que les pompes « noyau dur » des systèmes EASu des réacteurs du parc en exploitation soient conçues et réalisées selon les prescriptions du code RCC-M de niveau 2. Pour les pompes déjà existantes, les justifications d'un niveau de qualité équivalent devront être fournies.

#### Recommandation n° 3

Afin de renforcer la disponibilité des fonctions d'évacuation de la puissance dans l'enceinte et de noyage du corium et de limiter les conséquences radiologiques en cas de fuite du système EASu qui constitue une extension de la troisième barrière de confinement, le groupe permanent recommande, pour les réacteurs du palier 900 MWe, qu'EDF mette en œuvre des moyens, qualifiés aux accidents graves, de détection et de réinjection dans le bâtiment du réacteur des effluents présents dans les puisards RPE du bâtiment du combustible.

#### Recommandation n° 4

Compte tenu de l'objectif de connexion de la source froide ultime avant l'atteinte de la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement, le groupe permanent recommande qu'EDF montre que les moyens dont il dispose lui permettent d'assurer en temps utile, en tant que de besoin, la réalimentation de la bache PTR en eau borée.

#### Recommandation n° 5

Dans le cadre de la préparation à la gestion d'une situation post-accidentelle, le groupe permanent recommande qu'EDF présente le cahier des charges et l'avant-projet de modules de traitement des eaux contaminées en cas d'accident, déployables le moment venu. Les emplacements possibles pour chaque site ainsi que les délais associés au déploiement d'une telle unité devront être présentés.

#### Recommandation n° 6

Le groupe permanent recommande que, dans le cadre du quatrième réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe, EDF prenne des dispositions pour réduire significativement, lors d'un accident grave, les relâchements d'iode en phase gazeuse à partir de l'eau contaminée présente dans

l'enceinte de confinement du bâtiment du réacteur ainsi que dans le bâtiment du combustible en cas de recirculation.