

**GROUPE PERMANENT D'EXPERTS
POUR LES EQUIPEMENTS SOUS PRESSION NUCLEAIRES**

**Avis et recommandations relatif à la tenue en service de la zone de cœur
des cuves des réacteurs de 900 MWe pendant la période de 10 ans suivant leur
quatrième visite décennale**

Réunion tenue à Montrouge le 20/11/2018 et le 21/11/2018

I

En réponse à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), formulée par sa lettre CODEP-DEP-2018-042045 du 19 septembre 2018, le Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires s'est réuni les 20 et 21 novembre 2018 pour examiner les justifications apportées par EDF vis-à-vis de la tenue en service de la zone de cœur des cuves des réacteurs de 900 MWe pendant la période de 10 ans suivant leur quatrième visite décennale.

Cet examen se place dans la continuité de la réunion du Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GP ESPN) du 10 juin 2015 portant sur les orientations retenues par EDF pour la mise à jour des dossiers de référence réglementaires et de celle du 15 mars 2018 portant sur la maîtrise du vieillissement dans le cadre des quatrième visites décennales des réacteurs de 900 MWe.

II

Le Groupe permanent a pris connaissance des conclusions de l'examen, par le rapporteur, des dossiers transmis par EDF. Le Groupe permanent a notamment examiné la détermination des caractéristiques des matériaux sous l'effet de la fluence neutronique ainsi que les hypothèses et méthodes utilisées pour l'analyse du risque de rupture brutale pour la zone de cœur des cuves des réacteurs de 900 MWe.

III

La démarche d'analyse du risque de rupture brutale

L'analyse du risque de rupture brutale est réalisée en s'appuyant sur la prise en compte :

- des défauts avérés dans la zone de cœur ainsi que des défauts postulés même en l'absence de détection par les méthodes de contrôle non destructifs ;
- des caractéristiques mécaniques des matériaux de la cuve à l'état irradié intégrant notamment la fluence neutronique reçue par les cuves pendant la période à considérer ;
- des chargements thermomécaniques sollicitant la cuve.

La démarche de l'exploitant consiste en la détermination du facteur d'intensité de contrainte lors des transitoires thermohydrauliques les plus pénalisants en prenant en compte les effets de la plasticité, et, en la comparaison de cette grandeur à la ténacité du matériau de la cuve, estimée à son état vieilli.

Pour le calcul du facteur d'intensité de contrainte, dans le présent dossier, EDF a recours dans certains cas à une modélisation mécanique tridimensionnelle en élasto-plasticité des défauts étudiés. Le Groupe permanent estime que l'utilisation d'une telle méthode, éprouvée et qualifiée par ailleurs, est acceptable dans la mesure où EDF garantit la fiabilité des résultats obtenus par la vérification des conditions d'utilisation de la méthode et des paramètres de modélisation.

Défauts analysés

Le Groupe permanent note que la zone de cœur de toutes les cuves des réacteurs de 900 MWe sera contrôlée à nouveau lors des arrêts pour quatrième visite décennale (VD4), par la procédure de contrôle non destructif qualifiée utilisée depuis la troisième visite décennale (VD3) de ces réacteurs.

Le Groupe permanent souligne l'importance de pouvoir statuer, à l'issue de ces contrôles, sur l'absence d'évolution des défauts dans la zone de cœur par rapport à leur état observé lors des contrôles réalisés précédemment, point sur lequel EDF s'est engagé.

L'estimation de fluence reçue par la cuve en VD4 + 10 ans

Le Groupe permanent note que la démarche d'estimation de fluence reçue par la zone de cœur des cuves s'appuie sur des calculs neutroniques ainsi que les évaluations de fluence réalisées dans le cadre du programme de surveillance de l'irradiation (PSI) des cuves.

À partir de la quatrième visite décennale des réacteurs de 900 MWe, EDF a décidé d'introduire des grappes neutrophages en hafnium en périphérie du cœur afin de réduire le flux neutronique au niveau des points chauds¹ de la zone de cœur. Le Groupe permanent souligne que l'efficacité de ces grappes ne pourra être confirmée qu'après l'aboutissement de l'expérimentation en cours de réalisation sur le réacteur n°3 du Tricastin. La transmission des résultats de cette expérimentation fait l'objet d'un engagement d'EDF.

Caractéristiques des matériaux soumis au vieillissement sous irradiation

Le Groupe permanent note qu'EDF a fourni un ensemble important de résultats d'essais et de caractérisations de matériaux irradiés en réponse aux demandes de l'ASN relatives à la détermination des caractéristiques des matériaux soumis à l'irradiation.

En ce qui concerne le traitement des résultats atypiques issus du PSI, le Groupe permanent rappelle l'importance de préserver les conservatismes de ce programme pour la sûreté en tenant compte d'un maximum de données expérimentales. À cet égard, il formule la recommandation n°1 qui distingue le besoin d'établir une ténacité pour la cuve concernée et la question de l'inclusion de ces résultats dans la population des données pour l'établissement de la formule générique de prévision de la fragilisation.

Chargements thermomécaniques

À ce stade, les transitoires thermohydrauliques utilisés pour définir les chargements thermomécaniques sollicitant la cuve sont issus du référentiel VD3. Le Groupe permanent note que l'intégralité des études thermohydrauliques à l'état VD4 ne sera disponible qu'à la fin de l'année 2018 et que plusieurs de ces études, notamment celles conduisant aux facteurs de marge minimaux des zones de cœur, comporteront des évolutions importantes. L'instruction de ce volet devra être poursuivie.

De même, le niveau de contraintes résiduelles à retenir dans l'analyse mécanique du comportement des joints soudés des viroles de cœur n'est pas assez étayé dans le dossier actuel et sera analysé ultérieurement.

Démarche de reclassement des transitoires de petite brèche primaire

Le Groupe permanent considère que la démarche menée d'estimation de la fréquence d'occurrence des transitoires de petite brèche primaire de diamètre supérieur à deux pouces n'apporte pas de garantie suffisante pour démontrer le caractère hautement improbable de ces transitoires du point de vue du dossier cuve. Par ailleurs la démarche globale de reclassement des transitoires du dossier des situations, au titre de la mise à jour des dossiers de référence réglementaires pour la quatrième

¹ Le cœur du réacteur (en coupe et en vue de dessus) ayant une structure de forme carré, le flux émis par le cœur vers la cuve, de forme cylindrique, n'est pas homogène (il varie avec la position angulaire), les « points chauds » désignent les localisations de la zone de cœur recevant le flux le plus élevé.

visite décennale, ne relève pas du présent avis. Pour le dossier cuve, le Groupe permanent formule la recommandation n°2 en annexe.

IV

Comme prévu par la saisine, l'instruction de plusieurs compléments non disponibles à ce jour, relatifs notamment aux études de thermohydraulique, aux contraintes résiduelles sera menée en vue d'une seconde réunion du Groupe permanent prévue fin 2019. Cette instruction intégrera également la prise en compte par EDF des recommandations en annexe. Ces éléments permettront de finaliser l'avis relatif à la tenue en service de la zone de cœur des cuves des réacteurs de 900 MWe pendant la période de 10 ans suivant leur quatrième visite décennale.

Annexe 1

Recommandation n° 1 :

Le Groupe permanent recommande tout d'abord que, pour chaque cuve concernée par un résultat atypique au regard de la prédiction apportée par la formule de fragilisation, EDF présente un dossier d'analyse particulière permettant de statuer sur sa fragilisation et proposant une valeur de RTNDT à VD4+10 ans en intégrant tous les résultats du programme de surveillance de l'irradiation (PSI), y compris les mesures de la ténacité.

Au titre de l'enrichissement de la statistique des données servant à établir la formule de fragilisation générique, le Groupe permanent recommande par ailleurs que la non-prise en compte de ces résultats atypiques du PSI soit encadrée par :

- l'identification des phénomènes métallurgiques pouvant perturber l'indicateur de la fragilisation par l'irradiation déterminé expérimentalement ;
- la définition de critères portant sur les paramètres observables associés à ces phénomènes et permettant de statuer sur la conservation ou la non-prise en compte de résultats atypiques.

Recommandation n° 2 :

Dans le cadre de la prolongation de la durée d'exploitation des réacteurs de 900 MWe, le Groupe permanent recommande qu'EDF maintienne, dans le dossier de justification de la tenue des cuves, l'application des coefficients de sécurité applicables aux situations de troisième catégorie, dont la limite conventionnelle actuelle pour les brèches est de 6 pouces, pour les transitoires de petite brèche primaire induisant simultanément de fortes contraintes thermiques et mécaniques.

Annexe 2

Membres du Groupe permanent présents pour la rédaction de l'avis :

M.	SCHULER	Président
M.	SORRO	Vice Président
M.	AUTRET	
M.	BALAHY	
M.	BILLON	
M.	BUISINE	
M.	COUPLET	
M.	CREIS	
Mme	DROBYSZ	
M.	HOUZÉ	
M.	JENDRICH	
M.	LONGIN	
M.	MARIGNAC	
M.	MARTINEZ MARTIN	
M.	MONNOT	
M.	NEDELEC	
M.	PAYEN	
M.	PERRAT	
M.	PERRIN	
M.	PITOISET	
M.	PLANTEVIN	
M.	ROTTER	
M.	ROUSSEL	
M.	SPIESS	

Messieurs Yannick LEBLANC, Pascal MUTIN et François CHAMPIGNY ont participé aux échanges et n'ont pas pu prendre part à la rédaction de l'avis.