

**GROUPES PERMANENTS D'EXPERTS POUR LES EQUIPEMENTS
SOUS PRESSION NUCLEAIRES**

**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**

Réunion tenue à Montrouge le 08/09/2020

I

En réponse à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), formulée par sa lettre CODEP-DEP-2020-033833 du 10 juillet 2020, le Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GP ESPN) s'est réuni le 8 septembre 2020 pour examiner les justifications apportées par EDF relatives 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 (VD4).

Ce sujet a déjà fait l'objet d'examens du GP ESPN lors des réunions tenues les 20 et 21 novembre 2018 et le 15 octobre 2019. Ces examens devaient être complétés notamment par la justification du niveau des contraintes résiduelles à considérer dans les joints soudés circulaires des viroles de cœur et par la justification du classement des transitoires de brèche sur le circuit primaire principal : ces justifications font l'objet du présent examen.

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 le niveau des contraintes résiduelles considéré par EDF dans les joints soudés circulaires de la zone de cœur et le classement des transitoires initiés par des brèches du circuit primaire principal. Le Groupe permanent a également examiné l'analyse du risque de rupture brutale des viroles de cœur des cuves des réacteurs de 900 MWe, associé aux défauts hypothétiques postulés au point le plus irradié de la cuve, dit point chaud, ainsi qu'aux défauts avérés sur la zone de cœur des cuves des réacteurs de 900 MWe. Cet avis ne concerne ni les cuves du réacteur n°1 du Tricastin et du réacteur n°2 du Bugey qui ont déjà fait l'objet d'un avis à l'ASN en 2019, ni les cuves des réacteurs n°1 et n°2 de Fessenheim, dont le fonctionnement au-delà de la VD4 n'est plus envisagé par EDF.

III

Justification du niveau des contraintes résiduelles dans les joints soudés de la zone de cœur

À la suite des échanges lors de la réunion du GP ESPN du 15 octobre 2019, EDF a apporté de nouveaux éléments pour conforter la valeur de 70 MPa en tant qu'hypothèse de calcul pour le niveau de contraintes résiduelles, après détensionnement, dans les joints soudés de la zone de cœur. Ces nouveaux éléments consistent en, d'une part, des articles scientifiques présentant des mesures de contraintes résiduelles et, d'autre part, des calculs réalisés par EDF pour un joint soudé revêtu représentatif des joints soudés circulaires des cuves des réacteurs de 900 MWe.

Le Groupe permanent rappelle que le niveau des contraintes résiduelles est gouverné par de nombreux paramètres (géométrie du joint et des composants, comportement des matériaux, procédés de soudage, revêtement, détensionnement, évolution post-fabrication...) et que leur mesure ne s'obtient que par des méthodes indirectes.

Il note que la géométrie des joints soudés ainsi que les conditions de soudage ont pu être intégrées dans un modèle de simulation numérique réalisé par EDF dont la représentativité doit être confortée.

Au regard de ces difficultés méthodologiques, le Groupe permanent note qu'EDF s'est engagé à poursuivre les études à ce sujet, en incluant notamment la réalisation de mesures sur maquettes représentatives qui pourront également être confrontées aux simulations.

En l'état actuel des connaissances, et dans la mesure où la sensibilité des résultats d'analyse du risque de rupture brutale de la zone de cœur aux contraintes résiduelles est modérée, le Groupe permanent estime qu'il pourrait être raisonnable de maintenir le niveau de 100 MPa dans l'attente du résultat des études mais considère vraisemblablement conservatif de retenir un niveau de contraintes résiduelles de 70 MPa pour l'analyse du risque de rupture brutale des joints soudés circulaires de la zone de cœur.

Classement des transitoires de brèche sur le circuit primaire principal

L'importance du classement des brèches sur le circuit primaire principal (CPP) est liée à la différence notable entre les coefficients de sécurité, fixés par la réglementation, à appliquer aux transitoires de 3^e (1,6) et 4^e catégories (1,2).

Lors de sa réunion du 20 novembre 2018, le Groupe permanent a estimé que les éléments d'EDF ne permettaient pas de reclasser en 4^e catégorie des transitoires initiés par des brèches du CPP au-delà de 2 pouces. Ces transitoires étaient considérés jusque-là en 3^e catégorie dans les dossiers de tenue en service de la zone de cœur des cuves de 900 MWe.

Le Groupe permanent a examiné, les quatre arguments d'EDF visant à justifier de poursuivre une pratique jusque-là retenue dans les dossiers de tenue en service des cuves, à savoir la réalisation d'études des brèches primaires jusqu'à 3 pouces avec les coefficients de sécurité de 3^e catégorie et la réalisation d'étude de brèches de taille supérieure avec les coefficients de sécurité de 4^e catégorie. Ces arguments incluent la comparaison de la pratique française aux pratiques à l'étranger, la mise en évidence de la similitude entre les transitoires initiés par les brèches primaires au-delà de 2 pouces et le transitoire de rupture de tuyauterie primaire de 4^e catégorie, le rappel de l'origine du classement des transitoires de brèche du CPP dans le dossier des situations et dans les dossiers de tenue en service de cuve et, finalement, la mise à jour de l'étude statistique qui était l'origine du classement des transitoires de brèche du CPP.

Le Groupe permanent note qu'EDF a mis à jour l'étude statistique à l'origine du classement des transitoires de brèche sur le circuit primaire principal et a obtenu une fréquence d'occurrence de brèches au-delà de deux pouces de l'ordre de 10^{-4} par année et par réacteur, fréquence généralement considérée pour définir une limite entre les transitoires de 3^e et de 4^e catégories. Les résultats de cette nouvelle étude statistique ne permettent pas de fixer, à eux seuls, la dimension maximale de brèche à considérer en troisième catégorie.

Néanmoins, en prenant en compte l'ensemble des arguments d'EDF, le Groupe permanent considère acceptable de maintenir à trois pouces la limite de la dimension de brèche considérée dans les études en troisième catégorie pour l'analyse du risque de rupture brutale des cuves des réacteurs. Le Groupe permanent considère néanmoins qu'une étude de sensibilité sur la taille de brèche autour de la valeur 3 pouces devra être réalisée par EDF afin de s'assurer de l'absence d'effet falaise associé à des phénomènes thermohydrauliques associés aux transitoires correspondants, ou que le cas échéant que celui-ci reste couvert par l'écart entre les coefficients de sécurité applicables en 3^e et 4^e catégories.

Analyse du risque de rupture brutale des zones de cœur des cuves des réacteurs de 900 MWe

Pour ce qui concerne le risque de rupture brutale associé au défaut générique, consistant en un défaut hypothétique postulé au point chaud de chacune des cuves de 900 MWe, le Groupe permanent a examiné les analyses menées par EDF pour les situations de 2^e, 3^e, 4^e catégories et pour les situations dites du domaine complémentaire. Les études d'EDF ont permis de démontrer le respect des critères d'absence de risque de rupture brutale pour l'ensemble des cuves de 900 MWe et pour l'ensemble des situations des différentes catégories. Ainsi, le Groupe permanent estime que le risque de rupture brutale de la zone de cœur est écarté pour les cuves dont la zone de cœur ne comporte pas de défauts avérés. Pour les cuves des réacteurs n°3 à 5 du Bugey, cette démonstration est acquise sur la base de la valeur de 70 MPa ou d'un complément d'analyse. Par ailleurs, cette conclusion ne sera applicable aux cuves des réacteurs concernés par la demande n°1 de l'ASN dans son courrier du 28 février 2019, qu'après fourniture des analyses particulières répondant à cette demande pour chacune de ces cuves, analyses devant être produites avant leur VD4 respective. Pour mémoire, ces analyses ont pour objectif de conclure sur la validité de la prédiction de la fragilisation des matériaux constitutifs de leur zone de cœur, compte tenu de l'existence de valeurs atypiques dans leurs programmes de suivi de l'irradiation.

En ce qui concerne le risque de rupture brutale des cuves concernées par la présence de défauts avérés, à savoir celles de Blayais 2, de Bugey 5, de Saint Laurent B1 et B2, le Groupe permanent note que l'analyse d'EDF a permis de démontrer le respect des critères d'absence de risque de rupture brutale pour l'ensemble des défauts avérés, pour les situations pénalisantes de 3^e et de 4^e catégories. Toutefois, les études pour les situations enveloppes de 2^e catégorie et celles du domaine complémentaire ne sont pas à ce jour disponibles. La transmission par EDF des résultats de ces dernières études est nécessaire pour finaliser l'analyse pour ces cuves.

IV

En conclusion, le Groupe permanent estime que la tenue en service des cuves des réacteurs de 900 MWe dont les contrôles en service réalisés n'ont pas mis en évidence de défauts dans la zone de cœur est démontrée jusqu'à VD4+10 ans. Cette conclusion ne sera pleinement applicable aux cuves des réacteurs concernés par la demande n°1 de l'ASN dans son courrier du 28 février 2019 qu'après fourniture des résultats des analyses particulières prévues par EDF et, pour les réacteurs 3 à 5 du Bugey, par la consolidation de la valeur des contraintes résiduelles. Concernant certaines cuves dans le périmètre du présent avis et qui présentent des défauts avérés, quelques études restent à fournir par EDF pour finaliser l'analyse en vue de conclure. Toutes ces études devront être disponibles avant les VD4 des réacteurs concernés.

