

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

**Avis relatif à la tenue en service des coudes moulés en acier inoxydable
austéno-ferritique du circuit primaire principal des réacteurs de 900 MWe, à
l'exception des réacteurs de la centrale de Fessenheim, jusqu'à 20 ans après
leur 4^e visite décennale**

Réunion tenue à Montrouge le 23/05/2019

I

Conformément à la saisine du 29 avril 2019 de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) référencée CODEP-DEP-2019-018853, le Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires s'est réuni le 23 mai 2019 pour examiner la justification apportée par EDF de la tenue en service des coudes moulés en acier inoxydable austéno-ferritique du circuit primaire principal des réacteurs du palier 900 MWe, à l'exception des réacteurs de la centrale de Fessenheim, jusqu'à 20 ans après leur 4^e visite décennale.

II

Le Groupe permanent a pris connaissance des conclusions de l'examen par le rapporteur du dossier transmis par EDF.

Le Groupe permanent a notamment examiné la démarche et les conclusions d'EDF portant sur :

- la méthode retenue pour déterminer avec un niveau de conservatisme suffisant, en lien avec la base expérimentale, la résistance à la déchirure ductile ;
- les hypothèses et méthodes utilisées pour l'analyse mécanique de la tenue en service des coudes moulés, en particulier les hypothèses de défaut étudié qui ont fortement évolué par rapport au dossier présenté en juin 2016 ;
- le caractère suffisant du programme de remplacement prévu par EDF et les dossiers de faisabilité du remplacement ;
- le programme de suivi en service prévu pour ces coudes en matière de propriétés mécaniques et de défauts.

III

Les coudes moulés présents sur le circuit primaire principal des réacteurs du palier 900MWe sont sensibles au phénomène de vieillissement thermique, ce qui dégrade leurs propriétés de résistance à la rupture.

Les coudes moulés présentent des défauts qui sont dus aux procédés de fabrication.

La dégradation des propriétés mécaniques, associée à la présence de défauts issus de la fabrication, est de nature à générer un risque de déchirure ductile de ces coudes compte tenu des contraintes qui seraient générées par certains transitoires du dossier des situations.

Dans le cadre des deux processus périodiques que sont la requalification des équipements sous pression nucléaires, d'une part, et le réexamen de sûreté des installations nucléaire de base d'autre part, l'exploitant doit apporter la démonstration de l'aptitude au service des composants du circuit primaire principal, en prenant en compte des potentielles évolutions des paramètres clés de la prévention du risque de déchirure ductile (résistance du matériau, présence et caractéristiques des défauts, contraintes résultant des transitoires pris en compte pour la sûreté). Pour le présent avis, ont été étudiés les éléments visant à couvrir, pour les coudes moulés, une période de 20 ans d'exploitation au-delà de la 4^e visite décennale.

EDF a développé une stratégie de suivi en service de ces coudes qui a été examinée par le Groupe permanent.

Formules de prévision de la résistance à la déchirure des coudes moulés

EDF a développé de nouvelles formules de prévision de la résistance à la déchirure des matériaux constitutifs des coudes moulés.

Le Groupe permanent note que la méthode d'élaboration retenue est d'ordre phénoménologique en partant de la base des essais disponibles (résilience et résistance à la déchirure ductile) pour un panel d'éprouvettes visant à représenter la diversité des coulées et des conditions de vieillissement des matériels en exploitation. L'étape de validation de ces nouvelles formules de prévision a été réalisée à partir de données issues d'essais réalisés sur 16 coudes (pièces remplacées ou coudes en service). Cette étape de validation permet de garantir qu'au moins 84 % des données sont correctement estimées par les formules de prévision, ce qui est conforme à la demande de l'ASN formulée à l'issue de la séance du Groupe permanent du 8 juin 2016. Cependant le travail d'élaboration a conduit à écarter du mécanisme de prévision le cas d'une coulée spécifique Creusot Loire Industrie n° 21816.

Le Groupe permanent considère qu'il est important d'élargir régulièrement la base de validation. À cet égard, il note que l'exploitant s'est engagé à compléter cette base de validation avec les futures acquisitions de données et à réviser, en tant que de besoin, le modèle des formules. Le Groupe permanent considère qu'il est important de vérifier le taux de couverture à 84 % en tenant compte de ces nouvelles données.

Connaissance des défauts présents dans les coudes

Le Groupe permanent note que l'exploitant prend en compte la présence de défauts de type « retassures » dans les coudes moulés des réacteurs du palier 900 MWe.

Le Groupe permanent considère, au regard du retour d'expérience de fabrication des années 1980, que le dossier relatif à la justification des défauts présents dans les coudes ne permet pas de garantir avec un haut niveau de confiance l'absence de criques de solidification.

Défauts de référence utilisés dans les calculs mécaniques

Le Groupe permanent considère que les éléments apportés à ce stade par l'exploitant, relatifs à la détermination de la taille des défauts et à la nature des défauts, notamment la capacité des essais non destructifs à détecter tous les types de défauts susceptibles d'être générés en fabrication, ne permettent pas de garantir un seuil de détection sûr pour des défauts de dimensions inférieures à 10 mm de hauteur et 40 mm de longueur.

Le Groupe permanent considère que l'utilisation d'un défaut postulé de dimensions de 10 mm de hauteur et de 40 mm de longueur permet une démarche de justification robuste de la tenue mécanique des coudes.

Concernant l'utilisation d'un défaut postulé de dimensions de 7 mm de hauteur et de 40 mm de longueur ou de 3 mm de hauteur et de 20 mm de longueur, le Groupe permanent considère que des compléments sont nécessaires et formule, à cet égard, la recommandation n° 1 en annexe.

Tenue à la déchirure ductile des coudes moulés

En l'état de l'instruction effectuée en matière de transitoires thermohydrauliques, le Groupe permanent considère que la méthodologie et la justification de la tenue à la déchirure ductile des coudes, pour lesquels un défaut de 10 mm de hauteur et de 40 mm de longueur est postulé, sont acceptables.

Le Groupe permanent considère, du fait de leurs faibles résistances à la déchirure à la fin de la période d'exploitation visée (de VD4 à VD4+20 ans), du recours à un défaut postulé de 3 mm de hauteur et 20 mm de longueur, que la démonstration de l'aptitude au service de certains coudes n'est pas acquise pour cette période et formule à cet égard la recommandation n° 2 en annexe.

La situation du coude 50A sera à reconsidérer en fonction des conclusions des travaux effectués dans le cadre de la recommandation n° 1.

Tenue à la déchirure ductile des coudes de la coulée Creusot Loire n° 21816

Le Groupe permanent note le caractère particulier du matériau des coudes issus de la coulée de Creusot Loire Industrie n° 21816. Il constate que les formules de prévision de la résistance à la déchirure ne peuvent pas s'appliquer pour les coudes issus de cette coulée au regard des résultats des essais mécaniques réalisés. Il note que l'exploitant s'est engagé à compléter les données matériaux de la coulée pour fiabiliser les valeurs de résistances à la déchirure considérées et à produire une nouvelle analyse de nocivité reposant sur ces données consolidées en postulant un défaut de référence acceptable, avant fin 2020.

Autres coulées particulières

Le Groupe permanent note que l'exploitant s'est engagé à effectuer des investigations complémentaires pour s'assurer de l'absence d'autres coulées particulières que la coulée Creusot Loire Industrie n° 21816 qui présente la spécificité d'être une coulée multiple.

Le Groupe permanent note que l'exploitant a engagé un travail de compréhension de la particularité de la coulée Creusot Loire Industrie n° 21816, indispensable pour conforter la démarche générique de prévision des caractéristiques de résistance à la déchirure ductile.

Parmi les coulées multiples de Creusot Loire Industries, le Groupe permanent considère que l'exploitant doit mener des investigations complémentaires afin de s'assurer de l'absence d'autres coulées susceptibles de présenter des particularités en matière de résistance à la déchirure ductile, au minimum pour les coulées multiples suivantes : n° 22244, 21684, 22409, et 33832.

Il formule à cet égard la recommandation n° 3 en annexe.

Par ailleurs, le Groupe permanent estime que l'exploitant doit tirer les enseignements de cette situation en introduisant dans le dispositif de suivi du vieillissement une part de sondage.

Faisabilité du remplacement des coudes

Le Groupe permanent considère que les dossiers de faisabilité de remplacement des coudes présentés par l'exploitant sont acceptables.

Le Groupe permanent note que l'exploitant estime qu'il n'est industriellement pas envisageable de remplacer des coudes E compte tenu de la forte dosimétrie prévisionnelle (hors aléas) et des risques potentiels liés à une telle intervention.

Stratégie de suivi des coudes en service

Le Groupe permanent estime que la stratégie de suivi est fondée sur des critères clairs de sélection des coudes.

Le Groupe permanent considère que le suivi des propriétés mécaniques proposé par l'exploitant est acceptable, moyennant la demande formulée ci-dessus concernant l'introduction dans le dispositif de suivi du vieillissement d'une part de sondage.

Le Groupe permanent note que l'exploitant s'est engagé à étendre le périmètre de validation des critères de définition des coudes nommés « coudes semblables » pour assurer un suivi indirect de certains coudes.

Enfin, le Groupe permanent estime que le suivi des défauts enfouis actuellement réalisé par l'exploitant fournit des éléments d'appréciation techniquement utiles mais n'apporte pas de garantie sur l'absence de défauts et leur évolution dans l'ensemble du volume des 441 coudes moulés des réacteurs du palier de 900 MWe.

Il considère que les travaux engagés au titre de la recommandation n° 1 doivent apporter des éléments à cet égard.

Recommandations du GPESPN

Recommandation n° 1

Les justifications d'aptitude au service des coudes moulés avec un défaut postulé de 10 mm de hauteur et de 40 mm de longueur étant acceptables, le Groupe permanent recommande que le recours à un nouveau défaut postulé de dimensions inférieures s'accompagne d'une garantie, par un moyen robuste, de l'absence de défauts de dimensions supérieures à ce nouveau postulat, notamment en s'appuyant sur des procédés d'essais non destructifs qualifiés, démarche dans laquelle l'exploitant s'est engagé.

Recommandation n° 2

Pour les coudes dont la justification n'est pas acquise compte tenu des postulats de défauts dont les dimensions sont égales à 3 mm x 20 mm, le Groupe permanent recommande que l'exploitant détermine la durée d'aptitude au service au-delà de la quatrième visite décennale avec une méthodologie acceptée.

Recommandation n° 3

Parmi les coulées multiples de Creusot Loire Industries, le Groupe permanent recommande que l'exploitant mène des investigations complémentaires afin de s'assurer de l'absence d'autres coulées susceptibles de présenter des particularités en matière de résistance à la déchirure ductile, au minimum pour les coulées multiples suivantes : n° 22244, 21684, 22409, et 33832.

