

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

**Avis relatif à la tenue en service
des coudes moulés austéno-ferritiques des REP**

I

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), par sa lettre CODEP-DEP-2016-019175 du 12 Mai 2016, le Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires s'est réuni le 8 juin 2016 pour examiner la démonstration apportée par EDF en vue de justifier la tenue en service des coudes moulés chauds et froids du circuit primaire principal des réacteurs de 900 et de 1300 MWe jusqu'en VD4.

Le Groupe permanent a examiné la démonstration et les actions menées par EDF dans le cadre défini par la réglementation qui visent à justifier le maintien en service des coudes moulés chauds et froids.

II

Le Groupe permanent a pris connaissance de l'analyse, par l'IRSN, des dispositions prises par EDF afin de justifier l'aptitude au service des coudes moulés soumis à un vieillissement thermique du circuit primaire principal des réacteurs du parc électronucléaire français.

Le Groupe permanent a entendu les conclusions du rapporteur sur les données et méthodes utilisées par EDF pour la démonstration et notamment :

- les formules de prévision du vieillissement thermique, et la justification de leur pertinence ;
- le contrôle en service des coudes ;
- les analyses mécaniques réalisées par EDF en vue de démontrer la tenue des coudes, pour toutes les catégories de situations, en présence de défauts avérés ou dont la présence ne peut être exclue ;
- la stratégie de remplacement des coudes.

III

Au début des années 1990, les programmes de recherche lancés par EDF ont permis d'aboutir à l'établissement de formules de prévision de la fragilisation des coudes qui ont été examinées lors des séances de la SPN du 18 juin 1996 et du 02 décembre 1997. Depuis, EDF a complété sa base de données avec les résultats obtenus par des expertises de coudes déposés, par des prélèvements effectués sur coudes en service et des résultats issus de programmes de recherche. EDF a également modifié la démarche de prévision de la ténacité des coudes vieillis notamment afin de prévoir désormais une ténacité au fractile de 16%. Le dossier actualisé transmis par EDF en 2009 prend en compte ces différentes évolutions des formules. Il prend également en compte les exigences de l'article 13 de l'arrêté « exploitation » du 10 novembre 1999.

Ce dossier a été instruit par l'IRSN et en fin d'instruction, EDF a mentionné l'existence de travaux de R&D ayant conduit à une révision complète des formules utilisées.

Prévision du comportement du matériau vieilli

Le Groupe permanent ne remet pas en cause l'utilisation de formules de prévision de la ténacité au fractile de 16 % pour l'analyse du comportement mécanique des coudes moulés du CPP. Il considère néanmoins que les formules de prévision doivent faire l'objet d'une étape de validation, afin de vérifier que la prévision est enveloppe des valeurs mesurées sur des produits prélevés sur des coudes déposés ou en service, au fractile de 16 % de cette population de données près. Pour cette validation, la population des résultats de ténacité à considérer doit correspondre à l'ensemble des mesures individuelles issues de chaque éprouvette. **Le Groupe permanent formule ainsi la recommandation n° 1.**

Le Groupe permanent note également que les nouvelles formules de prévision devront faire l'objet d'une instruction à brève échéance afin de vérifier qu'elles répondent bien à sa recommandation n°1.

Plus généralement, compte tenu de l'évolution significative des propriétés des matériaux ressortant des formules de prévision, le Groupe permanent rappelle l'importance du suivi des propriétés mécaniques des matériaux tel que requis à l'article 12 de l'arrêté « exploitation » du 10 novembre 1999.

Détection, caractérisation et contrôle en service des défauts de fabrication

Les coudes moulés en acier austéno-ferritiques du CPP présentent des amas de retassures séparés par des ponts de matières, défauts inhérents au procédé de fabrication. Les contrôles de fabrication ont permis d'exclure la présence de défauts inacceptables au sens du référentiel de fabrication.

Le Groupe permanent note qu'EDF s'est engagé à réaliser d'ici à 2022 le contrôle en service par ressouage de tous les coudes sensibles restant, et à contrôler par radiographie les coudes sensibles présentant les plus grands défauts.

Le Groupe permanent considère cet engagement acceptable.

Analyse du risque de rupture ductile des coudes

Le risque de rupture ductile des coudes vieilliss a été réévalué par EDF pour l'ensemble des catégories de situations à retenir. Cette réévaluation a concerné :

- les coudes chauds sensibles au vieillissement, soit les coudes présentant un taux de chrome équivalent supérieur ou égal à 23,5 %, du palier 900 MWe ;
- les coudes froids sensibles au vieillissement avec un taux de chrome équivalent supérieur ou égal à 24 %, des paliers 900 MWe et 1300 MWe.

Le Groupe permanent a relevé certains sous-conservatismes dans les études réalisées par EDF comme l'absence de prise en compte des moments introduits lors des remplacements des générateurs de vapeur en 3^e catégorie de situation, ainsi que des conservatismes tels que par la prise en compte d'une géométrie de coude plus pénalisante ou l'absence de valorisation d'une meilleure limite d'élasticité que celle retenue dans les calculs.

Pour les coudes A, B, D et E qui seront laissés en place sur le palier 900 MWe, le Groupe permanent considère que la tenue du coude le plus sensible de chaque famille doit être analysée pour l'ensemble des catégories de situations. Pour cette vérification, pourront être retenus : les nouvelles formules proposées par EDF en 2016, si elles satisfont la recommandation n°1, les moments mécaniques induits par les RGV et des valeurs de la limite d'élasticité du matériau appropriées.

Stratégie de remplacement des coudes chauds et froids

Pour les réacteurs du palier 1300 MWe, le Groupe permanent note l'engagement d'EDF de remplacer l'ensemble des coudes sensibles avant la VD4, à l'exception d'un coude sensible, le seul situé en entrée de cuve, pour lequel EDF fournira un complément de justification.

Le vieillissement thermique des coudes moulés du CPP constituant une dégradation non prévue à la conception, le Groupe permanent recommande que l'ensemble des coudes chauds sensibles du palier 900 MWe, lesquels présentent les ténacités et les résiliences prévues les plus faibles suite à leur vieillissement thermique et dont les caractéristiques mécaniques ne sont pas entièrement connues, soient remplacés au plus tard à la VD4. **Le Groupe permanent formule ainsi la recommandation n° 2.** Le Groupe permanent note le choix d'un matériau peu sensible au vieillissement thermique pour les coudes de remplacement.

Pour les coudes froids sensibles du palier 900 MWe, le Groupe permanent considère que la stratégie de remplacement doit être revue en fonction des résultats des dossiers de justification actualisés. À cet égard, il est nécessaire qu'EDF présente un dossier de faisabilité du remplacement de coude hors RGV conjointement au dossier de justification de la tenue en service des coudes sensibles du palier 900 MWe. Le Groupe permanent considère que les différents éléments nécessaires à la prise de décision des remplacements doivent être disponibles à court terme. **Le Groupe permanent formule ainsi la recommandation n° 3.**

Recommandations

Recommandation n°1

Dans l'objectif de valider les formules de prévision de la fragilisation donnant une ténacité couvrant 84 % des données disponibles (fractile 16 %), le Groupe permanent recommande de retenir une population constituée de l'ensemble des données individuelles de ténacité mesurée et non de valeurs moyennes calculées sur chaque pièce expertisée, et ce d'une part en utilisant les valeurs obtenues pour la prévision de $J_{0,2}$, d'autre part en utilisant les valeurs obtenues pour la prévision de J_1 et J_3 .

Recommandation n°2

Le Groupe permanent recommande qu'EDF remplace tous les coudes chauds sensibles du palier 900 MWe selon un échéancier à fournir par EDF avant fin 2017 et en tout état de cause au plus tard à la VD4.

Recommandation n°3

Le Groupe permanent recommande qu'EDF transmette les dossiers de justification de la tenue mécanique de chaque famille de coudes froids sensibles au plus tard en 2018, accompagnés d'un échéancier des remplacements nécessaires, d'un dossier de faisabilité technique de ces opérations et d'un dossier réactualisé de suivi du vieillissement et de suivi des défauts.