

**GROUPE PERMANENT 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  
et  
des piquages RIS des réacteurs 1 et 2 de Paluel.**

## I

Conformément à la saisine du 9 mai 2023 de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) référencée CODEP-DEP-2023-028083, le groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GP ESPN) s'est réuni le 1<sup>er</sup> juin 2023 pour examiner les justifications apportées par EDF à la tenue en service des coudes moulés en acier inoxydable austéno-ferritique du circuit primaire principal des réacteurs de 900 MWe et des piquages RIS des réacteurs n° 1 et 2 de Paluel.

## II

Le Groupe permanent a pris connaissance des expertises de l'IRSN et 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 les hypothèses et méthodes utilisées pour l'analyse mécanique de la tenue en service des coudes moulés des réacteurs de 900 MWe, en particulier les coudes 48E, 49E et 36E qui ont fait l'objet d'approches spécifiques ;
- les analyses apportées par EDF au sujet de la coulée CLI n°21816 qui présente des données de ténacité atypiques, et les mesures proposées par EDF pour consolider la compréhension de l'origine de ces valeurs de ténacité atypique, et des conséquences de ce phénomène sur le parc en service ;
- les éléments apportés par EDF pour justifier la poursuite d'exploitation des piquages RIS moulés 75P, 76P, 79P et 80P des réacteurs 1 et 2 de Paluel dans l'attente de leur remplacement programmé en VD4.

## III

Les produits moulés en acier austéno-ferritique de nuance CF8-M montés sur le circuit primaire principal des réacteurs sont sensibles au phénomène de vieillissement thermique, ce qui dégrade leurs propriétés de résistance à la rupture ductile. Ils sont par ailleurs susceptibles de présenter des défauts de fonderie, inhérents à leur mode de fabrication. La dégradation des propriétés mécaniques, associée à la présence de tels défauts, est de nature à générer un risque de déchirure ductile sous l'effet des contraintes engendrées par certains transitoires pouvant survenir en exploitation.

À la suite de la réunion du groupe permanent du 23 mai 2019, l'exploitant a actualisé ses analyses mécaniques pour démontrer l'aptitude au service au-delà de la quatrième visite décennale (VD4) des coudes et piquages moulés des réacteurs du parc. Cette démonstration s'appuie sur une estimation des caractéristiques du matériau sous l'effet du vieillissement thermique (reconnue par l'ASN à l'issue de la réunion du groupe permanent de 2019) et sur l'étude de la nocivité d'un défaut postulé de 10x40 mm.

S'agissant de la validité des formules de prévision du vieillissement, le Groupe permanent rappelle l'importance de deux positions de son avis de 2019 : d'une part, la nécessité de « vérifier [en tenant

compte de nouvelles données] le taux de couverture de 84% » et, d'autre part, celle de mettre en place un dispositif de suivi du vieillissement par sondage.

## **I. Coudes moulés des réacteurs de 900 MWe**

Le Groupe permanent note qu'en appliquant le référentiel VD4 du dossier des situations, l'exploitant est parvenu à justifier l'aptitude au service de la plupart des coudes moulés du palier 900 MW jusqu'à 20 ans après la VD4. Cependant, sept coudes ne sont justifiés actuellement que pour une période de 10 ans après la VD4 (les coudes 54A, 61E et les coudes suivants issus de la coulée n°21816 : 35A, 35B, 36A, 36B et 36D), et deux coudes ne sont pas justifiés actuellement au-delà de la VD4 (les coudes 49E et 36E). Le coude 48E, qui était dans la même situation que les coudes 49E et 36E, a fait l'objet de nouveaux calculs d'EDF dans le but de le justifier à horizon VD4 + 10 ans. Le Groupe permanent souligne l'importance de fixer la valeur de ténacité pour les coudes de la coulée n°2186, dont le coude 36<sup>E</sup>, en cohérence avec les travaux relatifs à cette coulée n°21816 (cf II ci-dessous).

### Poursuite d'exploitation des trois coudes E au-delà de la VD4.

Les dossiers initialement remis par l'exploitant mettent en évidence que trois coudes E n'atteignaient pas, au-delà de l'échéance de la VD4, les critères assurant leur justification vis-à-vis du risque de rupture brutale.

Parmi ces trois coudes, pour le coude 48E, une modélisation plus précise des chargements associés au transitoire de petite brèche primaire et une estimation spécifique au réacteur 2 de Saint-Laurent B de la durée de fonctionnement ont été menées. Le Groupe permanent considère que la méthodologie mise en œuvre est acceptable et permet de soutenir une justification jusqu'à VD4 + 10 ans.

Concernant les coudes 49E et 36E, le Groupe permanent note qu'EDF a apporté des éléments d'appréciation relatif au maintien en service jusqu'à la VD4 en considérant les hypothèses du référentiel VD3 et une prévision de ténacité adaptée. Il note aussi qu'EDF a engagé des études de justification selon des modalités identiques à celles mises en œuvre pour le coude 48 E.

En préalable à la considération d'un remplacement d'un coude E, le GP estime que d'autres éléments de la démarche de justification lui paraissent présenter des conservatismes qui doivent être investigués. Ces investigations pourraient, en particulier, porter sur la connaissance par des procédés d'END de l'état du matériau, et tenir compte de la moindre nocivité de défauts de fonderie par rapport à celle des défauts plans.

## **II. Coulée atypique n°21816**

Le Groupe permanent souligne que les produits moulés issus de cette coulée ne peuvent bénéficier en l'état de la formule de prévision de la ténacité reconnue en 2019.

Il considère que l'explication d'EDF tenant pour facteur déterminant la présence de plomb dans la coulée n°21816 comme origine des valeurs de ténacité atypique est acceptable. Toutefois, le groupe permanent estime que le mécanisme selon lequel le plomb affecte la ténacité du matériau devrait être précisé. À cet égard, l'exploitant s'est engagé à poursuivre ses recherches afin de mieux l'appréhender. Ces recherches doivent notamment préciser l'influence de la teneur en plomb sur les caractéristiques mécaniques quand celle-ci est inférieure à 80 ppm.

Sur cette base, il note que la formule de prévision de la ténacité en fonction de la température a été adaptée et utilisée, en particulier pour la justification du coude 36E à VD4 + 10 ans. Ce travail d'adaptation doit être poursuivi avec les résultats des investigations en cours.

Le Groupe permanent rappelle sa recommandation n°3 de 2019 de s'assurer de l'absence d'autres coulées susceptibles de présenter des particularités en matière de résistance à la déchirure ductile. Compte tenu des résultats de l'analyse de la coulée n°21816, les investigations incluent désormais la recherche d'une teneur anormale en plomb. Le groupe permanent souligne l'importance de la poursuite de ces investigations et note qu'elles devraient aboutir avant la fin de l'année 2026.

## **III. Tenue en service des piquages RIS branche froide des réacteurs 1 et 2 de Paluel**

Les piquages des trois premiers réacteurs de Paluel (12 piquages) sont en acier moulé de nuance CF8-M. Compte tenu de leur composition, des piquages RIS branche froide inclinés des réacteurs 1 et 2 sont particulièrement sensibles au vieillissement thermique.

La démonstration de l'aptitude au service par des méthodes de calcul codifiées des piquages 75P et 76P du réacteur 1 et 79P et 80P du réacteur 2 de Paluel n'est pas acquise pour la situation la plus pénalisante de 2<sup>ème</sup> catégorie. À cet égard, l'exploitant s'est engagé à remplacer ces piquages lors de la quatrième visite décennale de ces réacteurs.

Pour justifier du maintien en service jusqu'au remplacement, l'exploitant fait état du conservatisme important des calculs de rupture brutale réalisés. Pour ce faire, il s'appuie notamment sur les résultats d'un essai sous pression importante (310 bars) d'une maquette (à l'échelle 1) vieillie et entaillée au niveau du bec du piquage, sur l'épaisseur de matière à l'endroit du piquage où le défaut postulé est le plus pénalisant (environ 300 mm), et sur une analyse de la distribution des contraintes dans cette zone.

Avis relatif à la tenue en service des coudes moulés en acier inoxydable austéno-ferritique du circuit primaire principal des réacteurs de 900 MWe et des piquages des réacteurs 1 et 2 du CNPE de Paluel.

Le groupe permanent considère que le risque d'une déchirure instable lors d'un choc froid de deuxième catégorie peut être écarté.

Le Groupe permanent note enfin que l'exploitant s'est engagé à arrêter l'exploitation des deux réacteurs concernés pour réaliser des contrôles télévisuels internes des piquages, dès lors qu'un transitoire de choc froid sur injection de sécurité, d'une amplitude susceptible de conduire à un amorçage, serait intervenu. Il souligne l'utilité de la mise en place des mesures d'exploitation proposées visant à réduire le risque d'occurrence de ce transitoire et à garantir sa détection rapide. Le groupe permanent souligne enfin l'engagement de l'exploitant, qu'un procédé de contrôle soit disponible et mis en œuvre dès le prochain arrêt des réacteurs concernés, en 2024, afin de procéder à un examen de la partie sensible de la paroi interne des piquages.

Ainsi le groupe permanent considère acceptable le maintien en l'état de ces quatre piquages jusqu'à leur remplacement lors de la 4<sup>ème</sup> visite décennale des réacteurs n°1 et 2 de Paluel.

**Membres du GPESPN ayant participé à la rédaction de l'avis**

M.	SCHULER	Président
M.	SORRO	Vice Président
M.	BALAHY	
M.	BILLON	
M.	BODINEAU	
M.	BUISINE	
M.	CASSAGNES	
M.	CHALLOT	
M.	CHAMPIGNY	
M.	COUPLET	
Mme	DROBYSZ	
M.	GIRAUD	
M.	GONDARD	
M.	HOUZÉ	
M.	HYVERT	
M.	JENDRICH	
M.	LOISEAU	
M.	LONGIN	
M.	MARIGNAC	
M.	NEDELEC	
M.	PAYEN	
M.	PERRAT	
M.	PERRIN	
M.	WEYN	