

**Référence courrier :**  
CODEP-DEP-2023-039232

**Monsieur le Directeur**  
**Division Production Nucléaire**  
**Site Cap Ampère**  
**1, Place Pleyel**  
**93282 SAINT-DENIS Cedex**

Dijon, le 13 juillet 2023

**Objet : Justification du maintien en service des coudes et piquages moulés du circuit primaire principal des réacteurs du parc.**

**Références :** Annexe 3

Monsieur le Directeur,

À la suite de la réunion du groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GP ESPN) du 23 mai 2019 consacrée à la tenue en service et au vieillissement des coudes moulés du circuit primaire principal des réacteurs de 900 MWe, par lettre [1], l'ASN a considéré comme acceptable le recours aux nouvelles formules de prévision du vieillissement thermique des produits moulés que vous avez proposées. L'ASN vous a demandé, dans les calculs de justification de la résistance à la rupture brutale, de recourir à un défaut de référence de 10 mm de hauteur et de 40 mm de longueur au minimum.

Vous avez consécutivement transmis la mise à jour de vos dossiers de justification des coudes moulés des réacteurs de 900 MWe et 1300 MWe, ainsi que ceux des piquages moulés RIS inclinés à 45° en acier austéno-ferritique des réacteurs de 900 et 1300 MWe.

Sur la base du référentiel VD4, vous justifiez au travers de ces dossiers la poursuite d'exploitation d'une grande partie de ces coudes jusqu'à l'échéance VD4 + 20 ans. Ces éléments mettent néanmoins en évidence des difficultés de justification pour quelques-uns d'entre eux, qu'il s'agisse de coudes remplaçables, ou de coudes considérés à ce stade comme difficilement remplaçables (coudes E). Pour les premiers, un programme de remplacement est prévu et pour les derniers (coudes 48E, 49E et 36E), vous avez proposé de recourir à de nouvelles hypothèses de modélisation en vue d'établir une justification mécanique.

En ce qui concerne les piquages moulés RIS inclinés à 45°, les nouveaux dossiers font apparaître des difficultés de justification pour quatre piquages des réacteurs n<sup>os</sup> 1 et 2 de la centrale nucléaire de Paluel. Vous avez programmé leur remplacement en 2026, lors de leur 4<sup>ème</sup> visite décennale.

Le GP ESPN du 23 mai 2019 avait également abordé le sujet de la coulée CLI n° 21816, dont sont issus plusieurs coudes moulés en service présents sur des réacteurs de 900 MWe. Ils présentent des valeurs de ténacité anormalement basses, qui ne sont pas couvertes par les nouvelles formules de prévision du vieillissement thermique. Des travaux de recherche vous ont conduit à émettre une hypothèse concernant l'origine des caractéristiques mécaniques atypiques de cette coulée, qui résulteraient d'une concentration anormale en plomb.

Par ailleurs, vous travaillez à structurer votre stratégie concernant les coudes E qui présentent des difficultés de justification, considérant les contraintes d'intervention dans le puits de cuve pour leur remplacement. À cette fin, vous avez initié la mise au point d'un procédé de régénération thermique des propriétés mécaniques et d'un nouveau procédé d'examen non destructif dit « END 100 % peau interne d'un coude E ». Cet END a pour objectif d'être en capacité, en cas de besoin, de détecter des défauts de plus petites dimensions que le défaut de référence susmentionné.

Sur la base des éléments de dossiers que vous m'avez transmis sur ces sujets, et des avis de l'IRSN en références [2], [3], [4] et [5], l'ASN a sollicité, par la saisine en référence [6], l'avis du GP ESPN sur :

- les justifications mécaniques que vous avez apportées pour le coude 48E et permettant de justifier son exploitation jusqu'à l'échéance VD4 + 10 ans et leur applicabilité pour les coudes 36E et 49E ;
- les résultats des premières investigations d'EDF concernant la coulée CLI n° 21816 et la suite des actions engagées ;
- la poursuite d'exploitation des certains piquages moulés RIS inclinés à 45° des réacteurs n°s 1 et 2 de la centrale nucléaire de Paluel jusqu'à leur 4<sup>ème</sup> visite décennale programmée en 2026 ;
- la stratégie d'EDF pour les produits moulés non justifiés aujourd'hui au-delà de l'échéance VD4 + 10 ans.

Préalablement à la séance du GP ESPN du 1<sup>er</sup> juin 2023, vous avez pris trois engagements, par courrier en référence [7], qui sont rappelés en annexe 1 du présent courrier.

Le GP ESPN s'est réuni le 1<sup>er</sup> juin 2023 et émis l'avis en référence [8]. Vous trouverez en annexe 1 les conclusions de l'ASN au regard de cet avis et les demandes détaillées qui en résultent. Vous trouverez par ailleurs en annexe 2 d'autres demandes qui s'inscrivent dans le cadre du suivi des demandes initiées à la suite du GP ESPN du 23 mai 2019.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma considération distinguée.

**Le directeur général adjoint**

*Signé*

**Julien COLLET**

## **Annexe n° 1 à la lettre CODEP-DEP-2023-039232**

### **Conclusions et demandes issues de la séance du groupe permanent du 1<sup>er</sup> juin 2023**

#### **1. Dossier de rupture brutale (DRB) des coudes moulés du palier 900 MWe**

Les dossiers d'analyses mécaniques permettant de justifier le maintien en service des coudes et piquages moulés du CPP des REP s'appuient sur une méthodologie et des hypothèses qui ont été analysées à plusieurs reprises dans le cadre d'expertises de l'IRSN. Ces modalités n'appellent donc pas de remarque.

Toutefois, vous avez parfois été amené à faire évoluer ces dossiers, comme ce fut le cas, par exemple, pour la prise compte temporelle des contraintes de l'Ecart Physique de Dôme (EPD).

**Demande 1 : M'informer explicitement de toute évolution de méthodologie ou des hypothèses mobilisées dans le cadre des dossiers de justification de résistance à la rupture brutale des coudes moulés.**

Par ailleurs, pour les coudes moulés de la famille C, et les coudes en CF8-M des réacteurs du Bugey, vous avez justifié à ce stade la résistance mécanique en vous appuyant sur des calculs partiels et sur les résultats de calculs réalisés pour d'autres familles de coudes. L'ASN considère que ces arguments sont recevables et ne remettent pas en cause la poursuite d'exploitation de ces coudes jusqu'à l'échéance VD5. Néanmoins, ces dossiers devront être complétés par des calculs complets à l'occasion du prochain réexamen.

**Demande 2 : Dans le cadre de la prise en compte du nouveau référentiel VD5 pour la justification du maintien en service au-delà de la VD5, produire un dossier « rupture brutale » (DRB) :**

- **couvrant toutes les catégories de situations pour la famille des coudes moulés C du palier 900 MWe ;**
- **pour les coudes moulés CF8-M des réacteurs du Bugey.**

Les dossiers mis à jour, s'appuyant sur les dernières formules de prévision (version 2016) et le défaut de référence de taille 10 x 40 mm, vous permettent de justifier l'aptitude au service de la plupart des coudes moulés du palier 900 MWe jusqu'à 20 ans après la VD4. Cependant certains coudes ne sont actuellement justifiés que pour une période de 10 ans après la VD4.

Au travers de votre fiche recommandation n° 7 transmise par lettre en référence [7], vous vous êtes engagé à prévoir le remplacement de tous les coudes en limite de justification au-delà de la VD5 sur la base des résultats des calculs mécaniques établis avec le référentiel VD4. Vous réexaminerez la

situation de ces coudes avec le référentiel VD5 en amont de la visite décennale. Les coudes pour lesquels un remplacement en VD5 est préparé sont les coudes de la coulée n° 21816 (hors coude 36E) et les coudes 50A, 50B et 54A du réacteur n° 2 de la centrale de Saint-Laurent.

**Demande 3 : Vous m'informerez suffisamment en amont de la VD5 des réacteurs concernés de la stratégie finalement retenue pour ces coudes.**

## **2. Coudes E du palier 900 MWe et du palier 1300 MWe**

En ce qui concerne le palier 900 MWe, la justification au-delà de leur VD4 des 3 coudes 48E (Saint-Laurent B2), 36E (Tricastin 4) et 49E (Dampierre 4) n'étant pas acquise par l'utilisation des hypothèses génériques de calcul, vous avez procédé à une optimisation dans la prise en compte des contraintes mécaniques résultant du phénomène d'Ecart Physique du Dôme de la cuve (EDP). Ces hypothèses ont été mises en œuvre pour le coude 48E dans le respect des conditions fixées par l'article 13 de l'arrêté du 10 novembre 1999 et par l'ASN à la suite du GP de 2019. Cette nouvelle approche a fait l'objet d'une expertise de l'IRSN et d'une présentation pour avis en GP ESPN du 1<sup>er</sup> juin 2023, qui a considéré ces calculs comme acceptables. Vous avez prévu de reproduire cette optimisation pour les coudes 36E et 49E.

**L'ASN n'a pas d'objection à la poursuite de l'exploitation du coude 48E jusqu'à l'échéance VD4 + 10 ans.**

**Demande 4 : Transmettre, avant le 30 septembre 2023, les éléments de justification de tenue mécanique au-delà de la VD4 pour les coudes 36E et 49E.**

Vous poursuivez, en parallèle, vos travaux de développement et de recherche sur les possibilités de réparation ou de dépose des coudes E.

**Demande 5 : Me tenir régulièrement informé de l'avancée de vos instigations relatives aux possibilités de dépose ou de réparation des coudes E.**

En ce qui concerne le palier 1300 MWe, les DRB transmis concluent que les coudes E en CF8-M sont justifiés à échéance VD3 + 30 ans, sauf le coude 79E (Paluel 2) pour lequel la justification porte à échéance VD3 + 10 ans.

**Demande 6 : Préciser d'ici le 31 décembre 2023 la stratégie que vous reprenez pour justifier le maintien en service du coude 79E au-delà de la 4<sup>ème</sup> visite décennale.**

### **3. Coulée CLI n° 21816**

Vos travaux et expertises relatifs à la coulée CLI n° 21816 vous conduisent à identifier le plomb comme étant à l'origine de ses caractéristiques mécaniques atypiques. Le groupe permanent a considéré dans son avis en référence [8] que cette hypothèse était plausible, mais que vos travaux devaient être poursuivis pour mieux comprendre les mécanismes associés.

Vous vous êtes engagé dans la fiche recommandation n° 2 transmise par lettre en référence [7] à poursuivre ces investigations concernant la compréhension des mécanismes d'action du plomb sur les propriétés mécaniques des aciers austéno-ferritiques moulés, tout en consolidant vos connaissances à travers l'expertise de prélèvements de matière sur des coudes en service. Ces démarches doivent notamment porter sur :

- l'effet du plomb sur le vieillissement thermique,
- son influence en fonction de la température,
- son influence en fonction de sa concentration, avec ou sans présence de soufre.

**J'attire particulièrement votre attention sur la nécessité d'identifier les éventuels risques associés aux concentrations en plomb intermédiaires (inférieures à celles de la coulée n° 21816 mais pour lesquelles des effets ne peuvent aujourd'hui être écartés). J'attire par ailleurs votre attention sur l'intérêt de tirer tout le retour d'expérience de l'effet du plomb sur les caractéristiques mécaniques des matériaux.**

**Demande 7 : Me transmettre d'ici le 31 décembre 2023 un planning des grandes étapes de vos démarches.**

Par ailleurs le GP ESPN préconise de poursuivre la vérification de l'absence d'autres coulées atypiques.

**Demande 8 : Poursuivre les investigations nécessaires pour vérifier l'absence d'autres coulées polluées au plomb susceptibles de présenter des caractéristiques mécaniques atypiques.**

**Demande 9 : Me tenir informé chaque année de l'avancée de vos travaux, expertises et de leurs éventuelles réorientations conformément à votre fiche recommandation n° 2 transmise par lettre en référence [7].**

Les DRB spécifiques des coudes de la coulée CLI n° 21816 précisent que les spécificités du coude étudié ne remettent pas en cause le caractère enveloppe du transitoire pénalisant. Toutefois, votre dossier ne précise pas les modalités selon lesquelles le caractère enveloppe a été étudié.

**Demande 10 : Me confirmer d'ici le 31 septembre 2023 que, pour chacune des familles de coudes de la coulée n° 21816, la sélection des transitoires pénalisants a bien été établie en considérant les spécificités des coudes de la coulée CLI n° 21816 et notamment la perte de résistance à la déchirure ductile à chaud, particulièrement en cas de transitoire combiné thermique/pression.**

#### **4. Procédés non destructifs**

Vous poursuivez le développement de « l'END 100 % peau interne d'un coude E ».

Je vous rappelle à cet égard les remarques issues du rapport de l'IRSN en référence [5].

L'instruction des éléments en lien avec le développement de ce procédé est actuellement suspendue dans l'attente de la transmission de votre part d'un dossier complet portant sur la définition du cahier des charges du procédé, la justification de ce cahier des charges et la démonstration de performance en détection et en caractérisation, en tenant compte de l'ensemble des éléments et des remarques qui vous ont été faites à ce sujet.

**Demande 11 : Préciser avant le 31 décembre 2023 vos nouveaux objectifs de mise en œuvre, délais et planning de développement et de qualification de cet END ainsi que le calendrier de remise des livrables associés.**

**Demande 12 : En ce qui concerne les engagements pris en matière de développement d'autres procédés END au titre de la demande n° 2-B de la lettre en référence [1], me tenir informé de l'avancée des démarches de qualification. Me transmettre un planning actualisé avant le 31 décembre 2023.**

#### **5. Piquages moulés RIS inclinés à 45° en branche froide des réacteurs n°s 1 et 2 de la centrale de Paluel**

Les dossiers de justification mécanique remis, qui s'appuient sur des méthodes de calcul codifiées, ne permettent pas de démontrer la résistance mécanique des piquages 75P et 76P du réacteur n° 1 de la centrale de Paluel et 79P et 80P de son réacteur n° 2, pour le transitoire d'injection de sécurité (transitoire 51) classé en deuxième catégorie. Vous vous êtes ainsi engagé par courrier en référence [9] à procéder à leur remplacement lors des VD4 de ces réacteurs prévues en 2026.

Vous avez apporté plusieurs arguments techniques par note en référence [10] pour justifier que le maintien en service de ces piquages jusqu'à leur VD4 ne présentait pas de risque pour la sûreté, parmi lesquels :

- la réalisation d'un essai de mise en pression d'une maquette à l'échelle 1, vieillie et entaillée au niveau du bec du piquage, mettant en évidence la stabilité du défaut sous l'effet d'efforts de pression très importants ;
- les mesures compensatoires proposées pour limiter le risque d'occurrence de l'enclenchement de l'injection de sécurité ;
- le contrôle de cette zone par examen télévisuel en 2024 ;
- la proposition de procéder immédiatement à des gestes de contrôle de ces piquages en cas de survenue du transitoire 51.

Le GP ESPN, dans son avis en référence [8], a considéré ces arguments comme recevables et a ainsi considéré comme acceptable le maintien en service de ces piquages jusqu'à la VD4.

Je prends donc acte de votre engagement à remplacer ces piquages lors des VD4 de ces réacteurs, sous condition de mise en œuvre effective des mesures qui l'accompagnent.

**Demande 13 : Veiller à la stabilité du calendrier actuellement envisagé pour la réalisation d'une part de l'examen télévisuel des zones d'intérêt et d'autre part pour le remplacement des piquages. Justifier toute évolution de calendrier.**

**J'attire votre attention sur votre engagement à procéder à une requalification du circuit primaire principal sur ces réacteurs en cas d'occurrence du transitoire 51. A ce stade, je considère donc que toute situation d'exploitation conduisant à une injection de sécurité débitante doit conduire à la réalisation de cette requalification, à moins que vous n'ayez fourni en amont des calculs permettant de démontrer l'absence d'impact mécanique d'une injection débitante dans certaines conditions.**

Je vous rappelle également que les dossiers de justifications des piquages moulés RIS inclinés à 45° en branche froide des paliers 900 MWe et 1300 MWe (CF8 et CF8-M) font actuellement l'objet d'une expertise par l'IRSN, dont les conclusions devraient être disponibles fin 2023 ou début 2024.

**Demande 14 : Indiquer le programme d'expertise (caractéristiques mécaniques et défauts notamment) que vous prévoyez de réaliser sur les piquages moulés RIS inclinés déposés ou prévus à la dépose (palier 900 MWe et palier 1300 MWe), assorti d'un calendrier, avant le 31 décembre 2023.**

**Annexe n° 2 à la lettre CODEP-DEP-2023-039232**

**Autres demandes relatives au dossier des produits moulés**

**1. Prévision du comportement du matériau vieilli**

À la suite du GP ESPN de 2019, dans la lettre en référence [1], je vous demandais d'élargir régulièrement la base de validation des formules de prévision du vieillissement, qui ne reposait initialement que sur des données issues de 16 coudes.

**Je vous rappelle que vous devez notamment :**

- **m'informer sous 3 mois de la vérification de la cohérence des résultats d'expertises avec les estimations par les formules de prévision ;**
- **m'informer tous les 2 ans de l'évolution du taux de couverture ;**
- **vérifier tous les 5 ans que le modèle de prévision n'est pas remis en cause par les nouvelles acquisitions de données.**

**Demande 15 : Dans ces transmissions, mettre en évidence les nouvelles données prises en compte par rapport aux envois précédents.**

Dans le cadre de la demande n° 1-B de la lettre en référence [1], vous m'avez transmis le recensement de la matière à disposition pour réaliser des expertises. Je considère que les coudes déposés, quand bien même ils sont restés accolés à des générateurs de vapeur déposés qui ont le statut administratif de sources radioactives, doivent être considérés comme de la matière disponible au besoin pour réaliser des essais.

**Demande 16 : En lien avec la demande 9 de la lettre en référence [1], motiver le choix de la matière expertisée parmi celle disponible et m'informer de votre stratégie (notamment le calendrier et le programme des expertises ainsi que la nature des expertises envisagées) avant le 31 décembre 2023.**

**2. Suivi des coudes semblables**

En cas d'impossibilité de caractériser directement un composant, vous recourez à une méthode d'identification dite des « coudes semblables ». Afin de garantir la pertinence de cette méthode en réponse à la demande n° 9 de la lettre en référence [1], vous avez engagé une extension du périmètre de validation de la formule utilisée pour définir des coudes semblables (fiche R17 du courrier en référence [11]). Par lettre en référence [12], vous indiquez avoir identifié à ce titre trois couples de coudes. Les



résultats de la première vérification, qui a porté sur les coudes 37C (coulée n° 65436) et 38C (coulée n° 65539), ont conforté cette méthode. Les deux autres vérifications que vous avez retenues porteront :

- d'une part, sur le coude 38D (coulée n° 65435) et le lingotin D425 (coulée n° 21684) dont le programme expérimental est en cours. **Vous vous êtes engagé à me tenir informé du programme en cours par une note intermédiaire d'ici fin 2024 ;**
- et d'autre part, sur les coudes 37D et 91C (coulée n° 32515) prévus à la dépose en 2028. La vérification sera lancée dès disponibilité de la matière en laboratoire.

### **3. Connaissance/suivi des défauts de grande longueur présents dans les coudes**

Dans le cadre de la demande n° 3 de la lettre en référence [1], vous avez engagé les relectures des radiogrammes de fin de fabrication au titre du suivi en service des composants moulés du palier 900 MWe sur la base des critères de la stratégie en référence [13]. Ces relectures vous conduisent à des ajouts de défauts dans la liste des défauts de grande longueur mais également à en dédouaner certains.

Vous considérez que cette relecture, qui porte sur un nombre très important de radiogrammes, nécessite des compétences très particulières. Dans ces conditions, vous avez indiqué à mes services que la cadence actuelle est de l'ordre d'une quinzaine de coudes par an. **Néanmoins, je considère, compte tenu des résultats disponibles, que cette démarche doit être achevée, pour chaque réacteur concerné du palier 900 MWe et du palier 1300 MWe, avant leur cinquième visite décennale.**

Vous vous êtes par ailleurs engagé à transmettre par courrier tous les deux ans la mise à jour de la liste des défauts de grande longueur.

**Dans ce cadre il est nécessaire que vous transmettiez une liste spécifique compilant la connaissance sur l'ensemble des coudes et faisant l'inventaire de l'ensemble des défauts rencontrés (coudes en service, coudes déposés et coudes réparés en service), la liste annexée à la stratégie en référence [13] ne le permettant pas.**

Vous accompagnerez ces envois de vos conclusions.

### **Annexe n°3 à la lettre CODEP-DEP-2023-039232**

#### **Références**

- [1] Lettre ASN du 19 juillet 2019 – CODEP-DEP-2019-025552- Vieillessement et tenue en service des coudes moulés du circuit primaire principal des réacteurs de 900 MWe
- [2] Rapport IRSN n°2022-00148 - EDF – REP – Palier 900 MWe Coudes moulés en CF8-M – Analyse de la tenue à la rupture brutale des coudes moulés chauds
- [3] Rapport IRSN n°2023-00219 - EDF – REP – PALIER 900 MWe Coudes moulés en CF8-M – Analyse de la tenue à la rupture brutale du coude 48E du réacteur n°2 de la centrale nucléaire de Saint-Laurent B
- [4] Rapport IRSN n°2022-00704 – Coudes en alliage austéno-ferritique issus de la coulée 21816 – Stratégie de maintien en service
- [5] Rapport IRSN n°2022-00569 – Volet END 100% de la surface interne – coude 48E du réacteur n°2 de St-Laurent B
- [6] CODEP-DEP-2023-028083 Saisine de l’ASN au groupe permanent d’experts ESPN au sujet de la tenue en service des coudes moulés du circuit primaire principal des réacteurs de 900 MWe et des piquages du réacteur de Paluel
- [7] Courrier EDF - D455023003616 – GP ESPN 2023 Produits moulés palier 900 et palier 1300 – Positions-Actions EDF présentées le 24/04/2023 en préparatoire GP ESPN 2023
- [8] Avis du GP ESPN du 05 juin 2023 - CODEP-MEA-2023-033109 - Avis et recommandations du Groupe Permanent « Equipements sous pression nucléaires » du 01/06/2023 - 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.
- [9] Courrier EDF - D455023001905 - du 07 avril 2023 - Piquages RIS moulés inclinés à 45° - compléments de réponse au CODEP-DEP-2022-063140
- [10] Note EDF - D305923003849 – Justification du maintien en service des piquages RIS moulés 10” de Paluel 1 et 2 jusqu’à leur remplacement en quatrième visite décennale
- [11] D455019005791 du 6 juin 2019 — Courrier des engagements pris par EDF préalablement au GP ESPN du 23 mai 2019
- [12] D455023003617 du 26 juin 2023 – Courrier Produits moulés – Suites au GP ESPN coudes moulés palier 900 du 23 mai 2019 – courrier CODEP-DEP-2019-025552 demande 9.
- [13] D455018009444 [3] - STRATEGIE DE SUIVI DES COUDES EN ACIER INOXYDABLE AUSTENOFERRITIQUE MOULES DU CPP - PALIER 900 MWE