

Dijon, le 28 avril 2021

Référence courrier :
CODEP-DEP-2020-064101

**Monsieur le Directeur
de la Division Production Nucléaire
Site Cap Ampère
1, place Pleyel
92282 SAINT DENIS CEDEX**

OBJET :

Mise à jour du dossier « Zones en Inconel du circuit primaire principal » et cohérence de la stratégie de maintenance associée

RÉFÉRENCES :

- [1] Arrêté ministériel modifié du 10 novembre 1999, relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression
- [2] Courrier ASN CODEP-DCN-2016-007286 du 20 avril 2016 – Orientations génériques du réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe d'EDF (VD4-900)
- [3] Courrier EDF D455018008988 du 27 novembre 2018 – Synthèse du dossier Zones en Inconel du CPP
- [4] Courrier ASN CODEP-DEP-2020-051265 du 27 octobre 2020 – Mise à jour du dossier « Zones en Inconel du circuit primaire principal »
- [5] Avis IRSN n° 2020-00176 du 6 novembre 2020 – EDF – REP – GP ESPN – Dossier « Zones en Inconel™ »
- [6] Courrier ASN CODEP-MEA-2021-015819 du 29 mars 2021 – Avis et recommandation du GP ESPN du 26 novembre 2020
- [7] Courrier EDF D455020006805 du 3 novembre 2020 – Dossier Zones en Inconel du CPP – Positions et actions EDF dans le cadre de l'instruction du GP ESPN du 26/11/2020

Monsieur le Directeur,

Les alliages à base de nickel, de dénomination commerciale Inconel, sont utilisés notamment dans le circuit primaire principal (CPP) des réacteurs à eau sous pression du parc en exploitation, sous forme de pièces forgées, laminées ou de soudures et revêtements. Certains de ces alliages se sont révélés sensibles à la corrosion sous contrainte (CSC) en milieu primaire, conduisant à de nombreuses opérations de réparation, de remplacement ainsi que d'examen en service.

L'enjeu de sûreté associé à ce phénomène de CSC est la perte d'intégrité de la seconde barrière de confinement, avec pour conséquences des risques de fuite en service, de dégradations des composants concernés, et potentiellement de rupture sous fortes sollicitations.

L'importance du sujet vous a conduit à créer un dossier, dit « Zones en Inconel », de suivi en service des zones en Inconel du circuit primaire principal (CPP) dès le milieu des années 90. Ce dossier a déjà fait l'objet de trois révisions, la première datant de 1995 et les suivantes de 1999 et 2009.

En 2017, à la suite d'une demande de l'ASN, vous avez engagé la réactualisation du dossier « Zones en Inconel » avant les quatrièmes visites décennales (VD4) des réacteurs de 900 MWe.

Cette demande a été formulée dans le cadre de l'article 5 de l'arrêté du 10 novembre 1999 en référence [1] à l'issue du Groupe permanent d'experts (GP) ESPN du 10 juin 2015 portant sur les orientations génériques du réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe d'EDF [2]. Vous avez ainsi transmis le dossier « Zones en Inconel du circuit primaire principal » mis à jour [3].

A la suite de l'instruction menée par l'ASN et l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), les conclusions de l'expertise de ce dernier figurant dans son avis en référence [5], l'ASN a sollicité, par saisine en référence [4], l'avis du GP ESPN. Cette sollicitation porte sur la cohérence de la politique d'exploitation, de suivi en service et de maintenance d'EDF pour les zones en Inconel du CPP au regard des enjeux de sûreté associés aux pertes d'intégrité des zones concernées et l'état ainsi actualisé du dossier « Zones en Inconel du circuit primaire principal ».

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

- les enjeux de sûreté, en particulier la conséquence d'une fuite de fluide primaire pour les aciers ferritiques ;
- le retour d'expérience (REX) aux niveaux international et national pris en compte ;
- l'actualisation des connaissances sur les matériaux, notamment les cinétiques de propagation des fissures de corrosion sous contrainte (CSC) ;
- le bilan des dossiers de fabrication des zones en Inconel du CPP ;
- les méthodes de mitigation ainsi que les dossiers de réparation ;
- l'analyse des performances des procédés d'essais non destructifs (END) développés et mis en œuvre par l'exploitant dans le cadre du suivi en service des zones en Inconel du CPP ainsi que les performances des méthodes de surveillance mises en œuvre par l'exploitant, notamment le système de détection de fuite en puits de cuve « Flüs » ;
- la stratégie de maintenance définie par l'exploitant pour le suivi en service des zones en Inconel du CPP.

Le GP ESPN s'est réuni le 26 novembre 2020 et a fait part à l'ASN de son avis et de ses recommandations par document en référence [6].

Vous trouverez en annexe à ce courrier les demandes de l'ASN au regard de l'instruction menée par l'ASN et l'IRSN et de l'avis du GP ESPN précité. Cette même annexe rappelle enfin les engagements pris par EDF, par courrier en référence [7], préalablement à la séance du GP ESPN.

Les évolutions de ce dossier feront l'objet d'un suivi par l'ASN dans le cadre du processus d'instruction annuel du programme pluriannuel de maintenance des zones en Inconel du CPP, ainsi que dans le cadre de la mise à jour décennale du dossier « Zone en Inconel » attendue dans le cadre de l'article 5 de l'arrêté du 10 novembre 1999 en référence [1].

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

Le directeur général adjoint

Signé

Julien COLLET

Annexe à la lettre CODEP-DEP-2020-064101

Analyse de sûreté

Certaines zones en Inconel du circuit primaire principal (CPP) se sont révélées sensibles à la corrosion sous contrainte (CSC) en milieu primaire, conduisant à de nombreuses opérations de réparation, de remplacement ainsi que d'examens en service. L'enjeu de sûreté associé à ce phénomène de CSC est la perte d'intégrité de la seconde barrière de confinement, avec pour conséquences des risques de fuite en service, de dégradations des composants concernés et potentiellement de rupture sous fortes sollicitations.

Sur la base des enjeux de sûreté analysés pour chaque zone en Inconel, l'objectif des méthodes d'essais non destructifs (END), en termes de défauts recherchés et de périodicité, doit être de permettre une détection précoce de l'endommagement par CSC, afin de réduire les risques identifiés propres à chaque zone.

Concernant les pénétrations de fond de cuve (PFC), en cas de fissuration interne par CSC, d'orientation longitudinale et de profondeur traversante, le risque est une fuite d'eau primaire dans le puits de cuve. A cet égard, cette configuration de fuite en service doit être éliminée afin d'exclure le risque de corrosion de l'acier ferritique du fond de cuve, ceci afin de préserver l'intégrité de la cuve.

Retour d'expérience international et national

S'agissant du retour d'expérience (REX) international, l'ASN considère que la compréhension fine des conditions menant à une dégradation rapide par corrosion d'aciers ferritiques par l'acide borique est imparfaite, des cas de REX international montrant que de petites infiltrations ou fuites ont pu causer une corrosion significative de l'acier ferritique. **A cet égard, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à réaliser la mise à jour du retour d'expérience des cas de corrosion sous revêtement ou de faible fuite observés à l'international relatifs à la corrosion des aciers ferritiques, applicables ou transposables au dossier « Zones en Inconel ».**

Un important travail d'expertise sur pièces réelles et maquettes a été mené. Toutefois, le nombre de soudures d'adaptateurs expertisées représente un échantillonnage trop faible pour permettre de généraliser les résultats à l'ensemble des soudures en J des adaptateurs de couvercle de cuve ou des PFC. **Vous vous êtes engagé en conséquence, dans votre courrier en référence [7], à mettre à jour la note de REX international, en intégrant l'analyse des fissurations dans les soudures en J des adaptateurs des traversées de couvercles de cuve.**

Enfin, vous vous êtes également engagés dans votre courrier en référence [7] à réaliser un document de synthèse complet et autoportant du REX international concernant les zones en Inconel ainsi qu'à détailler le REX de la liaison bimétallique (LBM) du générateur de vapeur (GV) du réacteur n° 1 de North Anna (Etats-Unis) dans la mise à jour de la synthèse du REX international, avec une analyse du risque de fissuration par CSC des LBM de cuve des réacteurs de 1450 MWe. **Pour ces trois engagements sur le REX international, l'échéance de retour est fixée au mois de novembre 2022.**

En matière de prise en compte du REX national et en l'état actuel des connaissances, je considère que votre analyse est acceptable dans son ensemble. Par ailleurs, concernant spécifiquement l'analyse du REX de fissuration par CSC du drain de purge central du GV1 du réacteur n° 2 de Paluel, je souligne l'importance de l'expertise que vous prévoyez de réaliser, dans le cadre de votre projet de R&D « SHERLOCK ». Cette expertise destructive en laboratoire sera réalisée sur un prélèvement englobant le bossage, le beurrage et la soudure en alliage 182 du GV1 déposé, afin de valider le scénario de dégradation par CSC et également de caractériser la soudure concernée. Les premiers résultats sont attendus sur 2021.

Cinétique de fissuration

La périodicité des END dépend de l'estimation de la cinétique de fissuration par CSC, issue d'essais de laboratoire, complétée par l'analyse du REX d'exploitation, de manière à garantir l'intégrité du composant entre deux contrôles. Pour établir des lois de cinétique de propagation enveloppes de la CSC, vous distinguez différents matériaux et types de fabrication.

Pour les évaluations concernant les PFC, vous avez retenu une loi de cinétique de fissuration issue de résultats obtenus pour un matériau qui est jugé plus résistant à la CSC que ceux présents sur certains composants. L'ASN estime que vous devez retenir une loi de cinétique de propagation issue de matériaux représentatifs les plus sensibles à la CSC. **A cet égard, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à utiliser par défaut la loi issue de la coulée RA737, plus pénalisante, comme loi enveloppe pour les PFC. Vous vous êtes également engagés à poursuivre vos travaux de R&D afin de mieux évaluer la cinétique de fissuration en fonction des paramètres matériaux et des mécanismes impliqués et ainsi définir des lois enveloppe par coulée. L'échéance associée à ces engagements est fixée au mois de novembre 2023.**

Plus particulièrement, le cas d'une fissure amorcée dans la soudure en J d'une PFC et qui se propagerait dans la soudure jusqu'au point triple entre la racine de soudure et la PFC, sans aller dans le métal de base, n'est pas abordé dans votre analyse de sûreté. **En réponse à ce constat, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à réaliser une étude sur les chemins de propagation de fissures amorcées en surface de soudure et analyser le risque de fuite, ainsi qu'à réaliser un état de l'art sur les techniques d'END potentiellement applicables aux soudures des PFC pour la détection et la caractérisation des défauts de CSC, pour novembre 2021**

Demande n° 1 : Je vous demande de mettre en œuvre des contrôles sur une proportion significative des soudures en J des PFC à partir des quatrièmes requalifications périodiques des CPP des réacteurs. Vous transmettez, en complément de l'état de l'art, une analyse visant à déterminer la (ou les) méthode(s) la (les) plus adaptée(s) au contrôle des soudures en J et en préciserez les performances et les zones couvertes.

Enfin, votre approche, basée sur les lois de cinétique de fissuration pour déterminer une fréquence d'inspection qui garantisse l'absence de risque de propagation d'un défaut qui deviendrait traversant entre deux inspections, tient compte de la CSC, mais pas explicitement des mécanismes possibles de fissuration par l'hydrogène à froid (LTCP). Or, ceux-ci sont susceptibles de conduire à une propagation non négligeable des défauts lors des phases de mise à l'arrêt et de démarrage des réacteurs, à basse température (< 150 °C). **A cet égard, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à réaliser une synthèse de l'état des connaissances actuelles sur le mécanisme LTCP des Inconel, en intégrant l'effet de l'environnement sur la ténacité et analyser la pertinence du cumul des mécanismes d'endommagement par CSC et LTCP dans les conditions d'exploitation du parc, notamment les phases de mise à l'arrêt. Vous vous êtes également engagés à déterminer la nécessité d'intégrer des précautions quant au risque de LTCP dans les spécifications chimiques pour le parc en exploitation, en fonction des conclusions de la synthèse précitée. Pour ces deux engagements, les échéances sont respectivement fixées à novembre 2022 et novembre 2023.**

Modélisation du risque d'amorçage de la CSC

Vous avez mené des travaux pour affiner votre capacité de prédiction de la CSC des alliages à base de nickel, sur la base d'un modèle dit « modèle des indices ». Vous considérez que ce modèle a été utile pour établir les priorités des contrôles, mais n'est plus nécessaire pour cette application, car l'ensemble des zones a désormais été contrôlé.

Ce modèle n'a pas permis de conforter votre programme de contrôles par sondage, ni pour les plaques de partition des GV en raison de la fissuration non prévue par ce modèle de la zone de jonction entre l'attente et la plaque de partition du GV de la boucle 2 du réacteur n° 4 de Chinon B, ni pour les PFC. En effet, le modèle considère comme précurseur les PFC non détensionnées du réacteur n° 3 du Bugey alors que de la CSC a été détectée pour la PFC n° 4 du réacteur n° 1 de Gravelines et la PFC n° 58 du réacteur n° 3 de Cattenom. Je considère que ces échecs du modèle des indices sont à relier au manque initial de connaissance fine des fabrications (déformations dues au soudage, état de surface et contraintes résiduelles qui en résultent).

Dans l'objectif de progresser dans l'appréciation du risque de CSC, vous avez entrepris d'apporter des améliorations à ce modèle. Je considère que la transition entre le modèle historique des indices et le modèle amélioré par deux nouveaux indices (concentrations en zinc et hydrogène dissous) nécessite d'être expliquée de manière approfondie. **A cet égard, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à réaliser une étude de sensibilité du paramètre « indice hydrogène » basée sur des essais sur coulées en alliage 600 pour mesurer l'effet de l'augmentation de la teneur en hydrogène à 35-45 cc H₂/kg H₂O. Vous vous êtes engagé à intégrer, dans le code CORIOLIS des modèles, les indices améliorés, pour tenir compte des modifications concernant l'hydrogène dissous et l'injection de zinc dans le fluide primaire, avec des échéances fixées respectivement en juin 2024 et juin 2023.**

S'agissant de la simulation numérique du soudage (SNS), malgré des avancées significatives visant à déterminer les contraintes résiduelles dans les joints soudés, je considère qu'elle n'a pas atteint un caractère prédictif suffisant pour une utilisation industrielle. En particulier, elle nécessite encore des ajustements à partir de maquettes et nécessiterait d'intégrer des données de fabrication qui ne sont pas accessibles, notamment vis-à-vis des états de surface. Les résultats de la SNS doivent donc être interprétés avec prudence en l'état actuel du développement de la méthode.

Par ailleurs, vous exploitez les modèles de CSC dans le code CORIOLIS à partir d'essais de CSC sur des éprouvettes de laboratoire. Ce code est ensuite utilisé pour simuler la CSC d'un composant, notamment pour réaliser des études paramétriques visant à évaluer, par exemple, le gain apporté par le déploiement de moyens de limitation de la CSC (changement de la chimie de l'eau, remplacement de matériaux, modification de conception...). Je considère que cette modélisation doit rester un outil d'expertise qui ne peut, en l'état actuel, être considéré comme un modèle prédictif.

Bilan des dossiers de fabrication

Vous avez réalisé un travail conséquent sur les dossiers de fabrication des zones en Inconel du CPP afin de pouvoir établir un bilan des procédés de fabrication et en particulier des anomalies rencontrées lors de celle-ci. Ce bilan des dossiers de fabrication des zones en Inconel du CPP permet d'apporter des éléments utiles concernant les potentiels facteurs aggravants de l'amorçage et de la propagation de la CSC.

Méthodes de mitigation et dossiers de réparation

Concernant les méthodes de mitigation par modification de la composition chimique du fluide primaire, à savoir l'injection de zinc et l'augmentation de la teneur en hydrogène dissous, les éléments remis permettent de considérer que celles-ci sont utiles et acceptables.

Vous prévoyez de mettre en œuvre un traitement par *cavitation peening*¹ sur les 14 PFC non détensionnées du réacteur n° 3 de Bugey. Les méthodes de mise en compression de la surface des zones en Inconel peuvent améliorer la durée de vie des composants. Toutefois, je note que de petits défauts préexistants, non détectables par les END, peuvent se propager même dans une zone localement en compression. De plus, les méthodes de mise en compression ne sont efficaces que si aucune déformation ultérieure n'est appliquée à la surface. **En ce sens, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à intégrer dans votre dossier d'intervention, pour novembre 2022, les examens à mettre en œuvre sur les 14 PFC du réacteur n° 3 de Bugey traitées par *cavitation peening*, en cas de déformation de la surface due à l'effet d'un corps migrant ou de toute opération.**

Concernant les dossiers de réparation, vous avez développé des solutions de réparation pour la plupart des zones en Inconel présentant des cas de fissuration avérées par CSC et vous avez réalisé des études de faisabilité pour des réparations pour certaines zones pour lesquelles aucun cas de fissuration par CSC n'a été détecté à ce stade. Cependant, je constate que seules les cloisons des GV des réacteurs de 900 MWe disposent d'une solution de réparation générique finalisée et disponible, alors que des cas de fissuration par CSC ont été constatés sur des cloisons de GV des réacteurs de 1300 et 1450 MWe. **A cet égard, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à réaliser une étude de faisabilité pour l'extension du dossier 900 MWe aux réacteurs de 1300 et 1450 MWe avec une échéance fixée en novembre 2022.**

Examens non destructifs pour les zones du CPP en alliages de nickel

Le suivi en service des PFC ne repose, en contrôle de base, que sur un examen ultrasonore de type TOFD d'orientation longitudinale (TOFD-L) qualifié pour le contrôle volumique du métal de base des PFC. Ce constat me conduit à formuler la demande suivante :

Demande n° 2a : Pour renforcer le niveau de confiance quant à la détection des défauts susceptibles de se développer en peau interne des PFC, quelles que soient leur orientation, je vous demande de documenter les performances non qualifiées du procédé de contrôle ultrasonore volumique TOFD-L et le traitement des événements détectés dans la zone proche de la surface interne. Ces éléments seront remis d'ici fin mai 2021.

Demande n° 2b : Je vous demande d'étudier la possibilité d'étendre le domaine de qualification du procédé TOFD-L aux fissures d'orientation circonférentielles. Ces éléments seront remis d'ici fin 2021.

¹ Mise en compression des surfaces par utilisation d'un jet d'eau sous ultra haute pression de 4000 bar, générant des bulles de vapeur sous eau qui induisent une onde de choc en surface en implasant

De plus, je constate que le périmètre de la qualification du contrôle volumique de base des PFC n'intègre pas les configurations de la PFC n° 50 du réacteur n° 3 de Tricastin, ni de la PFC n° 53 du réacteur n° 3 de Cattenom, du fait d'un diamètre interne plus important pour ces PFC. **En ce sens, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à étudier la faisabilité du développement de sondes adaptées aux diamètres internes variables de ces PFC pour la mise en œuvre d'un procédé de type ultrasons TOFD-L en mode expertise pour novembre 2022.**

Je constate également que les PFC en alliage 600 des réacteurs de 1450 MWe présentent un rétreint en-dessous du point bas de la soudure, ce qui conduit à restreindre la zone contrôlée. **A cet égard, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à réaliser un état des lieux du taux de couverture des examens des PFC en alliage 600 des réacteurs n° 1 et 2 de Chooz B, à évaluer le risque d'amorçage de CSC au niveau des zones non couvertes du rétreint, ainsi qu'à réaliser, le cas échéant, une analyse de faisabilité d'examens complémentaires, avec une échéance fixée en novembre 2024.**

Concernant les procédés d'END que vous avez développés et que vous mettez en œuvre pour le suivi en service des autres zones en Inconel, je considère que leurs performances sont en adéquation avec les défauts recherchés. Cependant, s'agissant du suivi en service des supports M de cuve, la zone de couverture moyenne du procédé de contrôle ultrasonore est de 92 %, mais en raison d'un phénomène de masquage des zones à inspecter dû à la présence de défauts de fabrication, cette valeur est ramenée à 33 % pour certaines soudures de supports M. **En ce sens, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à réaliser un état des lieux, à évaluer le risque de CSC au niveau des zones non couvertes et à lancer, le cas échéant, une analyse de faisabilité pour la mise en œuvre d'un examen télévisuel (ETV) complémentaire sur les soudures des supports M, avec une échéance fixée en novembre 2022.**

Stratégie de maintenance

De manière générale, je considère que la stratégie de maintenance que vous avez élaborée concernant les zones en Inconel du CPP est acceptable en l'état actuel des connaissances et cohérente avec le REX du parc en exploitation.

S'agissant des PFC, les examens par ultrasons du métal de base sont mis en œuvre au plus tard tous les 10 ans et cette périodicité est réduite à 5 ans pour les 14 PFC non détensionnées du réacteur n° 3 de Bugey. Par ailleurs, je considère que l'analyse du REX des cas de fissuration des PFC n° 4 du réacteur n° 1 de Gravelines et n° 58 du réacteur n° 3 de Cattenom doit conduire à s'assurer du caractère conservatif de la cinétique de propagation postulée et de son adéquation avec la périodicité de contrôle par END des PFC au regard de la prévention du risque de fuite en service. **En ce sens, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à réaliser un réexamen des études de justification en tenant compte de l'ensemble des phénomènes de CSC, fatigue et rupture brutale, ainsi que du REX de la PFC n° 4 du réacteur n° 1 de Gravelines, pour justifier la périodicité d'examen des PFC définie dans votre programme pluriannuel de maintenance des zones en Inconel du CPP. L'échéance pour la transmission de cette note est fixée en avril 2021 et les résultats complets de l'étude de propagation par fatigue seront intégrés dans une révision de cette note pour fin 2021.**

Un nombre important de PFC va bénéficier d'un nouvel examen dans les prochaines années. En considérant les incertitudes associées aux critères de notation et de caractérisation des résultats des END, aux cinétiques de fissuration ainsi qu'aux analyses de nocivité.

Dans le cadre de la mise à jour annuelle de la stratégie de maintenance vous porterez une attention particulière aux résultats de ces examens et sur la nécessité d'une réévaluation de leur périodicité si des résultats le justifiaient. Par ailleurs, je souligne également l'importance de maintenir une complémentarité entre les contrôles volumiques et les ETV en puits de cuve.

Concernant la PFC n° 58 du réacteur n° 3 de Cattenom, à la suite de sa réparation, cette PFC ne fait pas l'objet d'un suivi en service spécifique adapté à sa configuration inédite. **A cet égard, vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à apporter les justifications face au risque de fissuration après réparation et à analyser l'adéquation des END et de leur périodicité de mise en œuvre pour novembre 2021.**

Alliage 690 et métaux d'apports associés

Les alliages à base de nickel contenant 30 % de chrome (Inconel 690, 152 et 52) ont remplacé progressivement les alliages à basse teneur en nickel sur le CPP depuis la fin des années 1980. Leur excellent REX en service (aucune fissuration reportée au niveau mondial depuis 1989) est confirmé par une grande difficulté à les faire fissurer en laboratoire.

Vous avez mené une revue exhaustive des essais réalisés en laboratoire. Il en ressort que le métal de base, comme les métaux déposés, correctement fabriqués ne devraient présenter qu'un faible risque de fissuration. Je considère que cette analyse est acceptable en l'état actuel des connaissances, mais estime qu'une évaluation plus précise des niveaux d'écrouissage dans les soudures et dans leur zone affectée thermiquement (ZAT) est nécessaire pour qu'une conclusion définitive soit apportée. A cet égard, je note que vous disposez principalement d'informations, issues de programmes sur maquettes. **Vous vous êtes engagé dans votre courrier en référence [7] à compléter ces informations en réalisant une analyse bibliographique des données disponibles sur les niveaux d'écrouissage dans les ZAT et soudures comportant les alliages 690, 152 et 52, avec une échéance fixée en novembre 2022.**

Toujours dans ce cadre, vous vous êtes engagé à réaliser, pour novembre 2023, l'extraction et l'expertise de plusieurs bouchons de tube de GV en Inconel 690, issus du GV2 du réacteur n° 4 de Cruas, dans le cadre de votre projet d'étude « SHERLOCK », afin de vérifier l'absence de dégradation par CSC des éléments en Inconel 690 les plus écrouis du CPP.