



Défauts de corrosion sous contrainte

HCTISN du 08/03/2022



SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET HISTORIQUE
2. BILAN DES CONTRÔLES ET EXPERTISES DES DÉFAUTS CONSTATÉS – PREMIERS ENSEIGNEMENTS
3. ANALYSE DE SÛRETÉ
4. PROGRAMME INDUSTRIEL ET NOUVELLE DOCTRINE DE MAINTENANCE
5. SYNTHÈSE

CONTEXTE ET HISTORIQUE (1)

- ✓ Détections d'indications lors de l'application du PBMP (programme de maintenance) Tuyauteries Auxiliaires par contrôles UT (ultrasons) sur CIV1 en VD2 sur RIS BF (10/21)
 - **Caractérisation des indications en laboratoire (LIDEC) sur les soudures de 4 coudes déposés (12/21)**
 - Défauts caractéristiques de corrosion sous contrainte
 - Justification de la tenue mécanique de la tuyauterie
 - **Anticipation des contrôles sur CIV2 => suspicion de défauts similaires**
 - **Relecture des résultats de contrôles de CHZB1 et CHZB2 => similitudes avec les résultats de CIV**
 - **Comité Sûreté de Division le 14/12/21 :**
 - Non redémarrage de CIV2 pour poursuivre les contrôles
 - Mise à l'arrêt de CHZB1 et B2 dans les meilleurs délais pour refaire les contrôles
- ✓ Détections d'indications lors de l'application du PBMP Tuyauteries Auxiliaires par contrôles UT sur PEN1 en VD3 sur RIS BF (10/21)
 - **Caractérisation des indications au LIDEC sur les soudures d'un coude déposé (27/12/21)**
 - Défauts caractéristiques de corrosion sous contrainte
 - Justification de la tenue mécanique de la tuyauterie
 - **Caractérisation des indications au LIDEC sur les soudures d'un deuxième coude déposé (02/2022)**
 - Défauts caractéristiques de corrosion sous contrainte

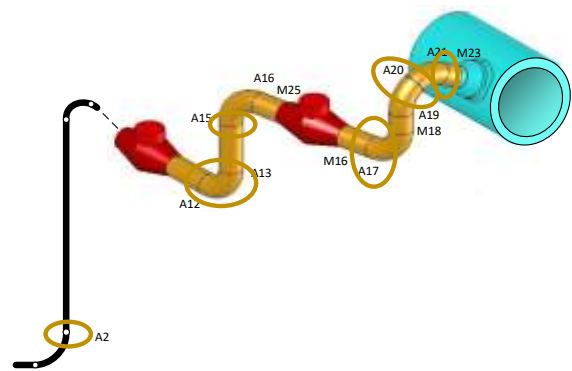
CONTEXTE ET HISTORIQUE (2)

- ✓ Stratégie de traitement mise en place par EDF transmise à l'ASN le 14/01/22 basée sur plusieurs axes :
 - Poursuite des contrôles sur sites, avec ajout d'un réacteur 900
 - Ré-analyse des contrôles réalisés sur les VD précédentes pour l'ensemble des réacteurs (31/01/22 au plus tard), 6 réacteurs priorités en recontrôles
 - Mise en place progressive d'une nouvelle stratégie de maintenance (S2 2022)
 - Procédé de contrôle (END) amélioré capable de mesurer la hauteur d'un défaut
 - Cinétique de propagation du défaut
 - Hauteur de défaut critique maximum admissible
- ✓ Une revue de programme, présentée à l'ASN le 11/02/22, exposant les mesures prises suite à l'analyse des contrôles antérieurs et au retour d'expérience N4 et PEN1

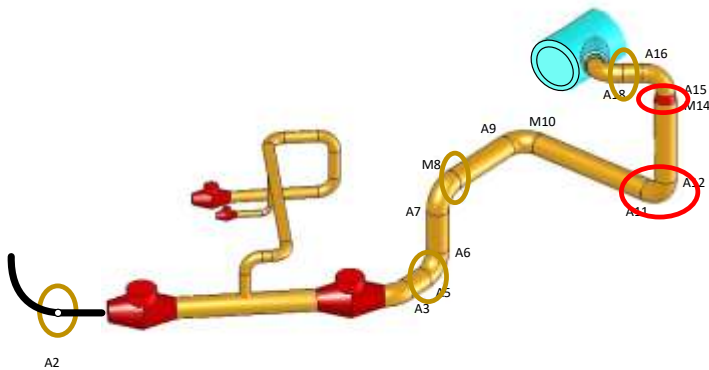
CONTEXTE ET HISTORIQUE (3)

- ✓ Plus de 90 soudures examinées sur les 4 réacteurs du N4 et plus de 30 sur PEN1
- ✓ L'expertise des résultats des contrôles du passé (FSI) est systématiquement reprise pour identifier les réacteurs nécessitant un recontrôle des soudures
- ✓ Vaste programme d'expertise en laboratoire de métallurgie : 14 soudures expertisées
- ✓ Evaluation par différentes méthodes codifiées de la taille de défaut maximum admissible
- ✓ Simulation numérique du soudage et simulation de l'amorçage / propagation de défauts de CSC. Confrontation avec les expertises des matériels déposés.
- ✓ Analyse d'exploitation des 4 réacteurs N4 et de PEN1
- ✓ Analyse des données de fabrication
- ✓ Interrogation du rex international

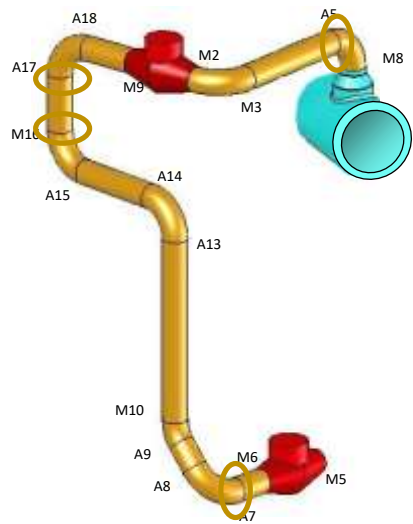
CONTRÔLES SUR SITE – EXEMPLE DES CIRCUITS EXAMINÉS SUR CIV1



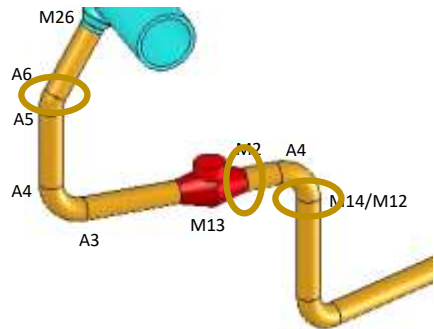
CIV1 – RIS Branche Chaude



CIV1 – RIS Branche Froide



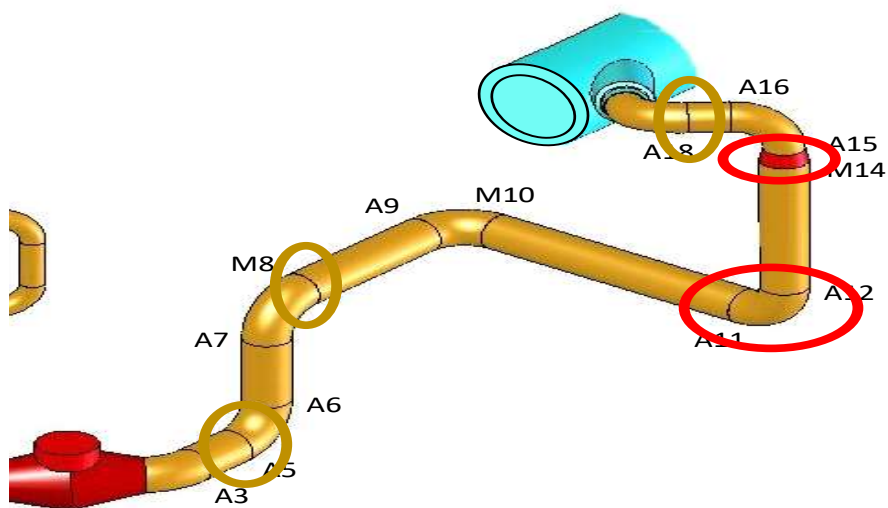
CIV1 - RRA branche froide



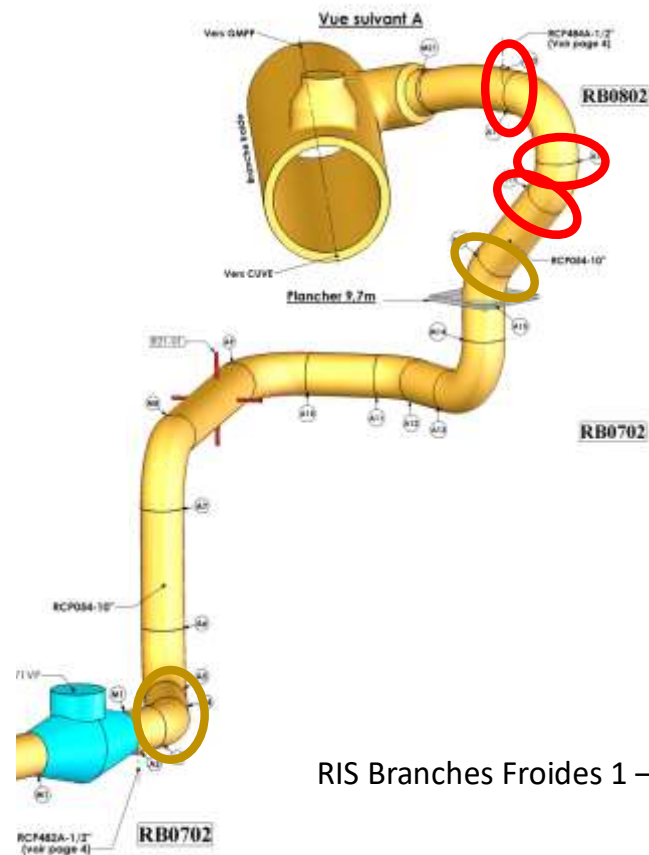
CIV1 - RRA Branche Chaude

BILAN DES EXPERTISES – LABORATOIRE

- 9 soudures de CIV1 expertisées (A11, A12 et M14)
- 5 soudures de PEN1 expertisées (A17, A18 et A19)
- 3 soudures historiques sur le palier 900



CIV1 – RIS Branche Froide



RIS Branches Froides 1 – 2 – 3 – 4

BILAN DES CONTRÔLES ET EXPERTISES DES DÉFAUTS CONSTATÉS – PREMIERS ENSEIGNEMENTS

- Les défauts mis en évidence correspondent à un faciès en lien avec un mécanisme de Corrosion Sous Contraintes (CSC)
- La CSC résulte de l'action conjuguée d'une contrainte et d'un milieu agressif pour le matériau. L'origine du développement de la CSC sur les circuits RIS n'est pas encore complètement établie. Les expertises sont toujours en cours. L'origine des contraintes mécaniques peut être :
 - Résiduelle issue des procédés de fabrication (soudage, écrouissage)
 - Appliquée issue des chargements propres aux lignes des circuits RIS (montage, supportage)
 - Appliquée issue de cyclages thermomécaniques (installation thermique due au vortex dans le bras mort que constitue la ligne, dilatation, variations de pression)

ANALYSE DE SÛRETÉ - CONCLUSIONS

- ✓ Intégrité du circuit primaire et sûreté des installations justifiée pour tous les défauts CSC/RIS rencontrés
- ✓ Disponibilité des systèmes RIS (injection de sécurité), RRA (refroidissement à l'arrêt) maintenue
- ✓ Analyse des contrôles END sur RRA et RIS Branches Chaudes conduit à un impact jugé moindre sur ces lignes
- ✓ Programme d'expertises complémentaires lancé sur le 1300 et le N4 pour parfaire la caractérisation des défauts, engagé sur le 900 (FES2, CHI3)

SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES

- La problématique rencontrée a conduit à un renforcement immédiat du programme de maintenance END en ajustant la nature des contrôles (procédé et extension) et en réduisant leur périodicité chaque fois que nécessaire
- L'ensemble des réacteurs du parc nucléaire (paliers 900 MW, 1300 MW et N4) est embarqué dans l'analyse du phénomène inédit de présence de CSC sur les circuits auxiliaires du CPP.
- L'expertise des résultats des contrôles du passé (FSI) est systématiquement reprise pour identifier les réacteurs nécessitant un recontrôle des soudures.
- La démarche de contrôle est menée par extension progressive en fonction des résultats trouvés et de l'avancement des causes profondes.
- Une nouvelle doctrine de contrôle sera développée pour la fin du premier semestre 2022 basée sur :
 - ☐ Un nouveau procédé donnant toutes les informations sur les défauts recherchés.
 - ☐ Un nouveau périmètre de contrôles traduisant la zone de surveillance de la CSC.
 - ☐ Une méthode d'interprétation des résultats permettant d'évaluer la sensibilité d'un défaut, par le suivi en service et jusqu'à sa réparation programmée.



Merci