

Le phénomène de corrosion sous contrainte sur les circuits auxiliaires de réacteurs du parc nucléaire

1

Chronologie de la découverte du phénomène de CSC sur les circuits auxiliaires du CPP



2

Etat des lieux des installations et enseignements



3

Enjeux de sûreté



4

Perspectives

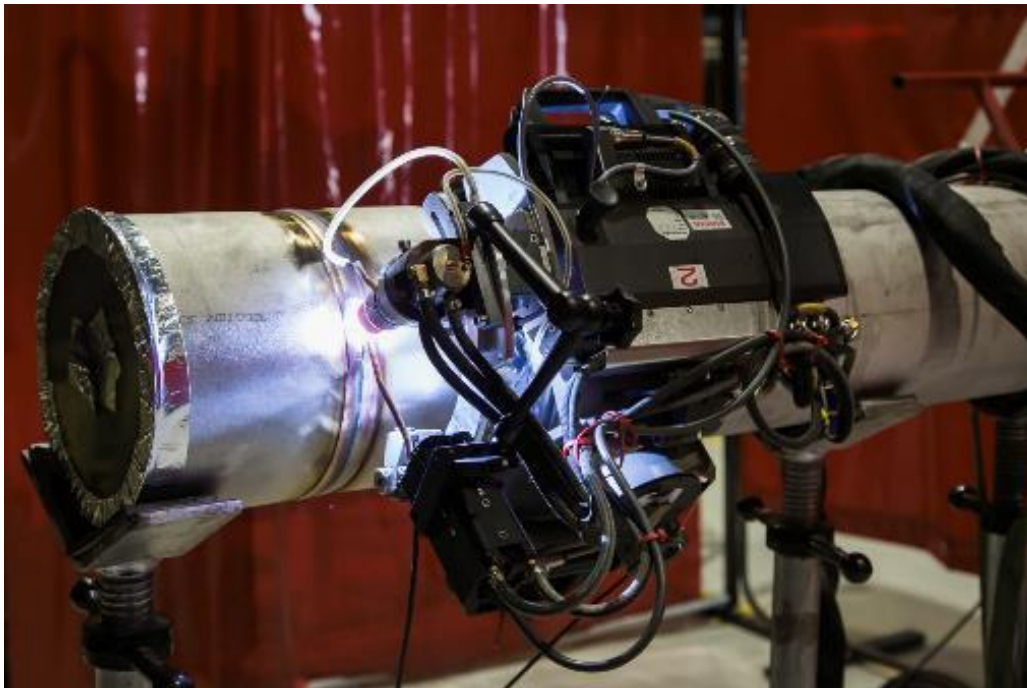


Réparations

- **Un programme de remplacement largement engagé :**

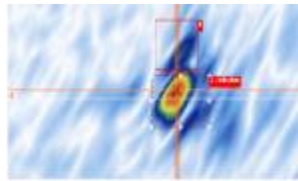
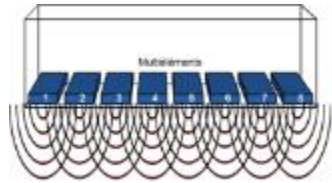
- Opérations de remplacement soldées à TRI3, CHB3, BUG4, CAT4, CIV1
- Opérations de remplacement en cours à CIV2, CHZB1, CHZB2, PEN1, FLA2, CAT3

- **Utilisation de procédés de soudage qualifiés et maîtrisés par les industriels,** avec optimisation de certains paramètres pour réduire la sensibilité des soudures à la corrosion sous contrainte



Développement du procédé UT amélioré

Principe : des ondes sphériques se propagent dans le matériau à plusieurs distances de la soudure (offsets) et sont analysées afin de mesurer la plus grande longueur et hauteur de défaut.



Ce procédé est développé par EDF.

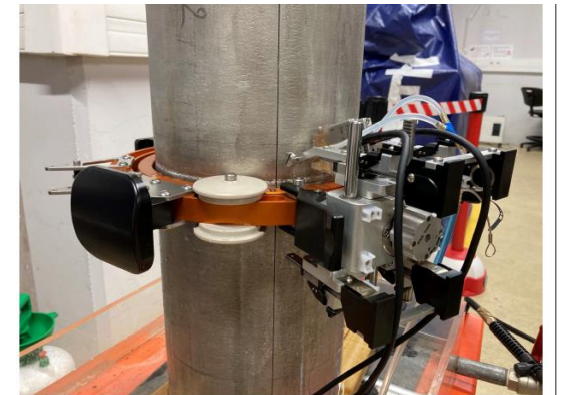
Les principaux éléments constitutifs d'une chaîne « UT améliorés » sont :

- 1/ Un poste UT dit « avancés » qui permet l'enregistrement, le traitement et la relecture de signaux UT grâce un logiciel spécifique
- 2/ d'un moyen mécanisé actionné manuellement par le contrôleur (appelé « cerce ») ou automatisé via un robot (appelé « porteur ») qui assure le déplacement de la solution UT sur la zone à contrôler
- 3/ un traducteur (ou capteur) UT qui assure l'examen de la zone à contrôler équipé d'un sabot qui permet son adaptation au bon diamètre. Pour cette application, 2 fréquences sont utilisées : 2Mhz et 4 MHz

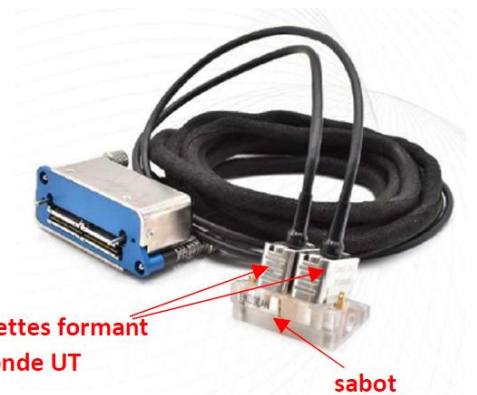
Démarche de performances basée sur la corrélation entre défauts réels expertisés en laboratoire et mesure de hauteur réalisées en UT (plus de 50 fissures ainsi comparées).
Les performances actuelles sont : un biais de mesure de 0,1 mm de sous-dimensionnement et une incertitude à 2σ de 1 mm sur le mesure de hauteur.



Poste UT avancés



Porteur



2 barrettes formant une sonde UT

sabot

Sonde ultrasonore équipée de son sabot

Industrialisation du procédé UT amélioré

Organisation développement / acquisitions / analyses :

Le procédé est actuellement déployé en mode « expertise » sur la fin 2022 par 4 sociétés différentes avec surveillance EDF.

Le premier objectif est d'augmenter le nombre d'intervenants formés et qualifiés sur ce procédé (formation théorique, une pratique et un examen qualifiant) :

perspectives fin d'année : plus de 60 intervenants prestataires auront finalisé ce parcours sur les 80 engagés

Le périmètre de responsabilité de l'intervenant site se limite à une validation qualité des acquisitions des fichiers (périmètre des formations). L'analyse est portée par EDF qui émet les rapports d'examen et d'expertise associés.

Le second objectif est aussi d'assurer le compagnonnage du tissu industriel en vue de le rendre autonome sur la partie analyse.

EDF intègre le REX opérationnel des interventions pour faire évoluer le procédé en vue d'une industrialisation 01/2023.

La démarche de qualification est enclenchée.

Matériel disponible :

A date, EDF dispose de 20 chaînes : 16 dédiées aux interventions sur site, 2 dédiées au développement/amélioration du procédé suite au REX terrain, 2 pour la formation et l'évaluation des intervenants.

Stratégie de traitement : END avec UT amélioré

Le nouveau procédé d'examen non destructif, l'UT amélioré, a été mis en œuvre en mode « expertise » depuis juillet 2022.

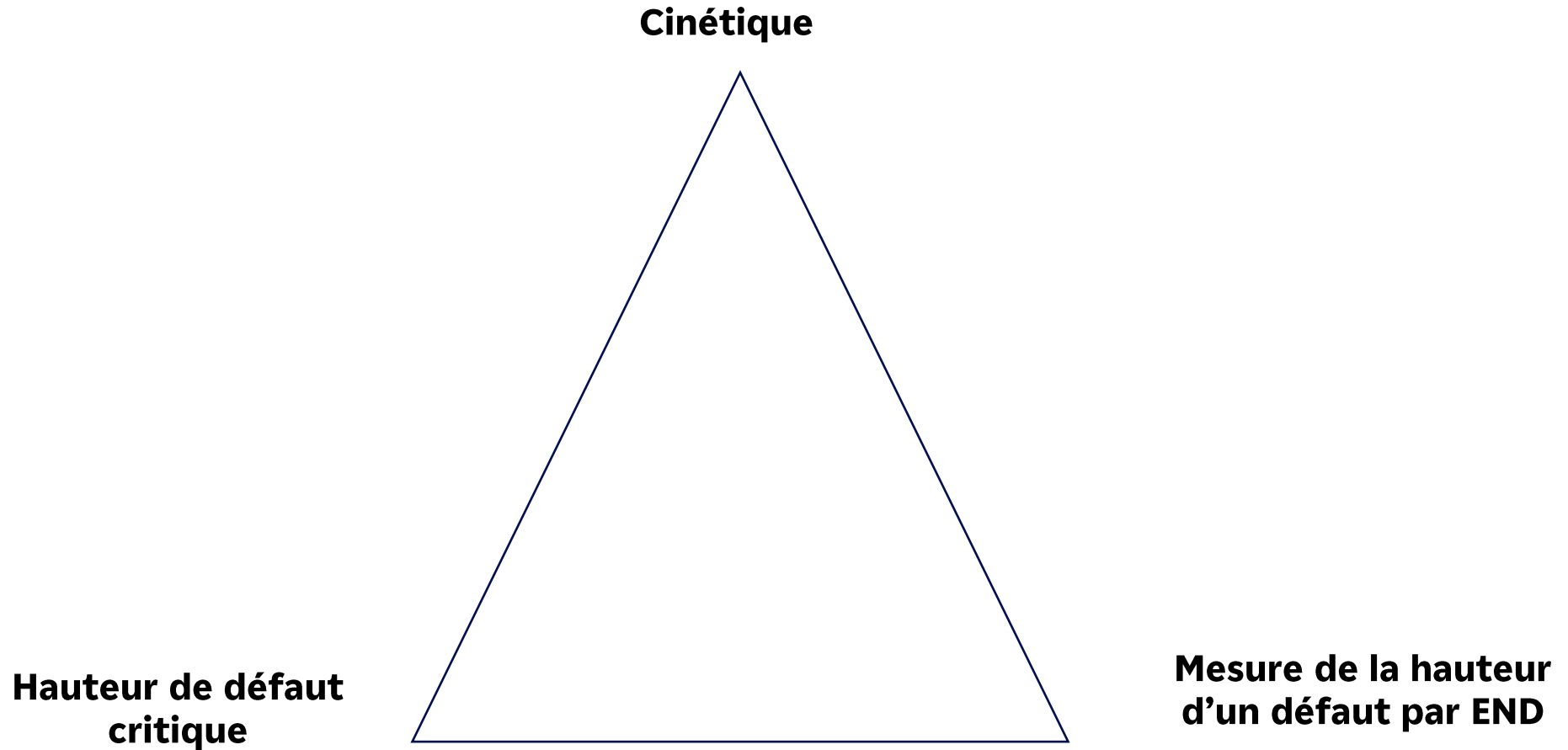
EDF a initié son programme de contrôles non destructifs avec l'UT amélioré pour borner les zones affectées par la corrosion sous contrainte et caractériser les soudures porteuses de FSI.

Examens avec l'UT amélioré - état au 07/10/22

	RIS BF	RIS BC	RRA BC
CIV1	5 (*)		2
CIV2	5		
CHZB1	1		
CHZB2			
PEN1	3	4	
CAT1	5		
CAT3	5		
FLA2	9		
BUG3	1		
CHB3			2
TRI3			1
DAM2			2
GRA3			2
TOTAL	34	4	9

Total d'examens réalisés avec UT amélioré > 45

Future stratégie de maintenance



Examens non destructifs avec l'UT amélioré à compter de janvier 2023, dans le cadre de la future stratégie de maintenance

- **Contrôles sur les lignes sensibles, dans la zone d'intérêt, avec l'UT amélioré. Instruction des autres zones que les circuits RIS et RRA.**
- **Intégration des soudures réparées dans la liste des soudures à contrôler**
- **Point 0 à partir du 01/01/2023**
 - 900 : première mise en œuvre sur VP/VD
 - P4 : première mise en œuvre sur VP/VD
 - P'4 : première mise en œuvre sur ASR/VP/VD

Nota : N4 : définition de la périodicité de contrôle des soudures réparées dans la future stratégie de maintenance

Conclusion

Conclusion

Le plan d'actions se déroule comme attendu : développement de l'UT amélioré, détermination des hauteurs de défaut critique, cinétique de corrosion sous contrainte.

Des instructions techniques nourries et en échange permanent avec l'ASN et l'IRSN.

Les expertises et analyses réalisées permettent, dans l'état actuel de nos connaissances, de classer les lignes selon leur sensibilité au risque d'apparition de défauts de corrosion sous contrainte :

- Lignes fortement sensibles : N4 RIS BF
- Lignes sensibles : N4 RRA aspiration, P'4 RIS BF
- Lignes peu sensibles : P4 RIS BF, CPY RRA aspiration
- Lignes non sensibles : CPY RIS BF, BUG RIS BF et RRA aspiration, P4 RRA (BC et BF), P'4 RRA (BC et BF)

Confirmation du bon état de sûreté des tranches :

- Résultats des calculs mécaniques qui couvrent les cas expertisés
- Mesures compensatoires tranche en fonctionnement mises en place
- Critères de sûreté APRP GB respectés pour la rupture doublement débattue de deux lignes RIS BF 1300 selon une approche réaliste

Une stratégie de traitement jugée « appropriée » par l'ASN (position de juillet 2022)

Des opérations de remplacement des lignes, qui sont pour certaines terminées et réussies (5 réacteurs).

Mise en œuvre de la nouvelle stratégie de maintenance (zones à contrôler, UT amélioré) qui doit être présentée à l'ASN en novembre 2022, en vue d'une mise en œuvre à partir du 01/01/23.