



Réunion de la CLI du 3 octobre 2022

Phénomène de corrosion  
sous contrainte :  
point de situation

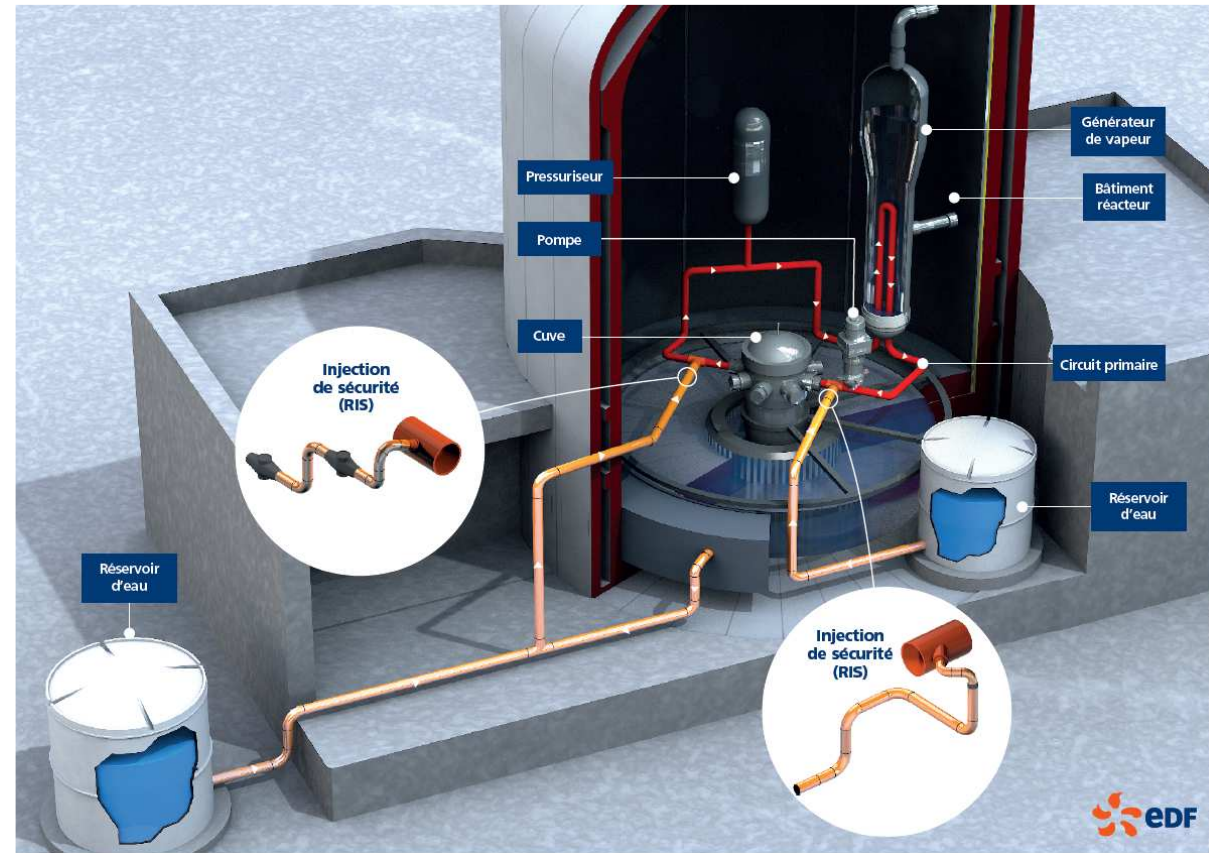
# Le phénomène « corrosion sous contrainte »

La corrosion sous contrainte se caractérise par de micro fissures sur quelques millimètres, non visibles à l'œil nu.

C'est un phénomène de dégradation connu dans l'industrie, qui fait intervenir simultanément :

- le matériau,
- la contrainte : les sollicitations mécaniques auxquelles le matériau est soumis,
- et la nature du fluide qui y circule.

Ce phénomène a été détecté sur des portions de tuyauterie de circuits auxiliaires au circuit primaire principal (circuits RIS et RRA) de certains réacteurs du parc nucléaire français.



# Des contrôles menés sur le parc nucléaire d'EDF

**Rappel des faits :** fin 2021, des indications ont été observées lors de contrôles par ultrasons sur le circuit de sauvegarde « RIS » du réacteur n°1 de Civaux, à l'occasion de sa visite décennale.

**Stratégie :** EDF a établi sa stratégie de contrôles de manière méthodique en se basant sur l'analyse des fiches de résultat des examens par ultrasons réalisés dans le cadre des visites décennales pour l'ensemble des réacteurs.

→ **Définition d'une liste « priorisée » et d'un calendrier pluriannuel des contrôles pour l'ensemble du parc.**

→ **L'ensemble des réacteurs seront contrôlés d'ici 2025.**

**Situation actuelle :** EDF poursuit le traitement sur le parc sur les arrêts de réacteurs actuellement en cours : à date, 10 réacteurs à l'arrêt pour maintenance font l'objet de réparations, liées aux expertises réalisées, qui ont nécessité le prélèvement de tronçons de tuyauteries et 5 font l'objet de contrôles.



# Les expertises métallurgiques

Les expertises métallurgiques permettent de confirmer ou non le phénomène de CSC après la détection d'une indication lors des contrôles non destructifs.

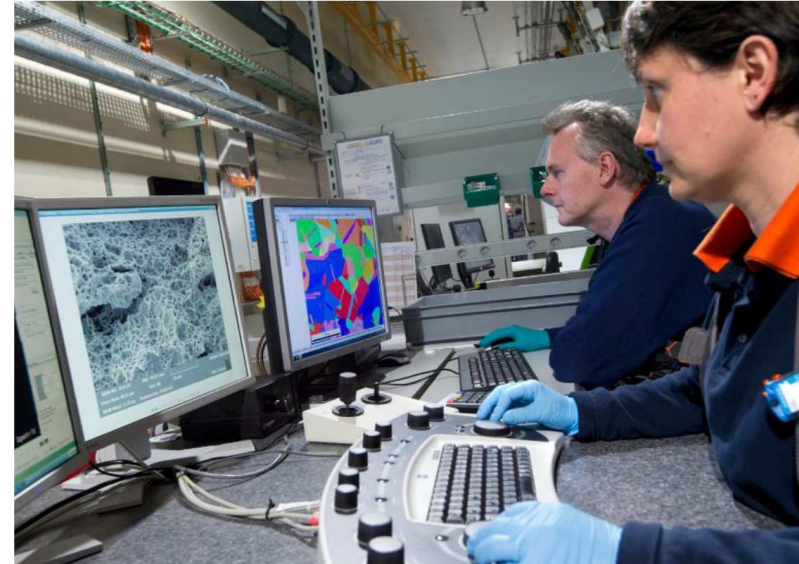
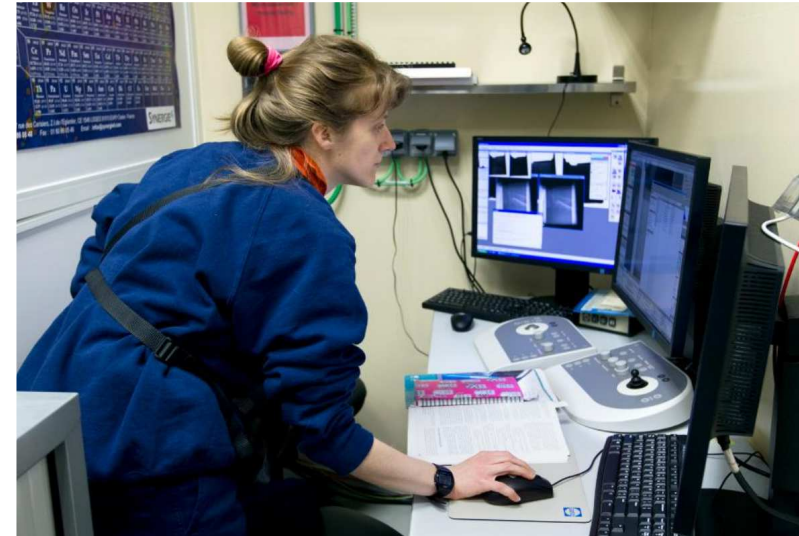
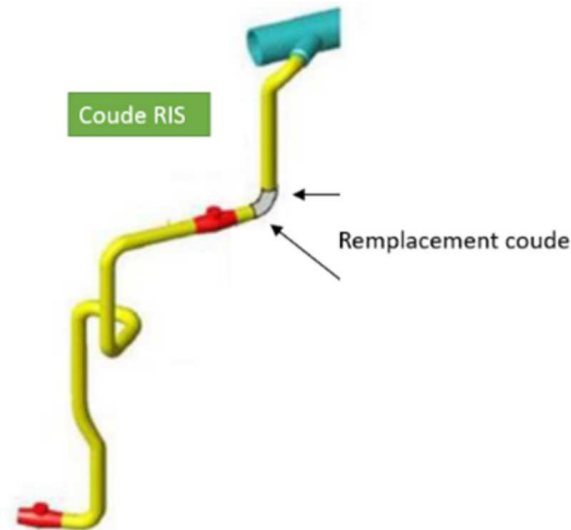
→ Prélèvement d'un échantillon de métal en découpant une portion de tuyauterie puis expertises métallurgiques en laboratoire.

→ Les analyses sont effectuées dans le laboratoire d'expertise des matériaux et de la chimie (LIDEC) basé à Chinon et unique en Europe.

**Au total, EDF a fait expertiser plus de 100 échantillons en laboratoire.**

Le LIDEC regroupe 120 ingénieurs et techniciens qui analysent au quotidien les matériaux composant les équipements nucléaires.

Leurs travaux permettent de comprendre le comportement des matériaux et leur évolution dans la durée.



# Les contrôles non destructifs par ultrasons

Des examens non destructifs sur les tuyauteries sont réalisés en utilisant les ultra-son.

→ Permet d'identifier la présence d'irrégularités dans le métal, révélées par un écho spécifique dans le signal mesuré. Cet écho peut être généré par un grain différent dans l'acier, une fine fissuration ou une légère déformation du métal. C'est en analysant la fréquence de l'onde ultrasonore, après traversée du matériau, que nous pouvons établir si le bruit est normal ou indicateur d'une potentielle anomalie.

**2 types de contrôles non destructifs sont mis en œuvre :**

- **Contrôles UT (ultrasons), dits historiques** : contrôles menés lors des visites décennales des réacteurs pour rechercher le phénomène de fatigue thermique. Pas adaptés à une analyse fine de la CSC
- **Contrôles UTA (ultrasons améliorés)** : dispositif disponible depuis juillet 2022 développé par EDF permettant de détecter plus finement le phénomène de CSC et d'estimer la profondeur d'un défaut.



# Sûreté : l'intégrité des circuits est confirmée



## La sûreté des installations garantie :

- Réalisation de calculs de tenue mécanique des tuyauteries en présence du phénomène de CSC → **confirmation de l'intégrité des circuits**, y compris en cas de perte hypothétique de 2 lignes du circuit « RIS ».
- Relation régulière avec l'**Autorité de sûreté nucléaire** qui a jugé la stratégie d'EDF appropriée.
- **L'ensemble des fonctions de sûreté n'a donc jamais été remis en cause.** Néanmoins, l'évènement est classé au niveau 1 de l'échelle INES pour 4 réacteurs (Civaux 1, Chooz 1, Penly 1 et Cattenom 3) compte tenu de la défaillance potentielle commune qu'aurait pu représenter la méconnaissance des conditions de développement de ce type de défaut.

# Une mobilisation de toute la filière

**10 mois d'expertises permettant de qualifier, comprendre et traiter un phénomène complexe :**

- Contraintes liées à la géométrie des circuits = un des facteurs prépondérants.
- **Développement très lent du phénomène** sur les réacteurs concernés.

**L'appel à des compétences pointues :**

- Appel à des aciéristes européens pour lancer la production des nouvelles pièces de rechange.
- Partage des compétences rares sur le parc nucléaire, notamment des soudeurs qui ont bénéficié de **formations et entraînements spécifiques pour garantir une haute qualité de réalisation.**

**Des engagements pris :**

- **L'ensemble des réacteurs seront contrôlés d'ici 2025.**
- Les soudures feront l'objet d'une surveillance dans le cadre de nos **programmes de maintenance préventive.**





# Point de situation à Cattenom



# Unité de production n°4

L'unité n°4 est en arrêt programmé pour sa maintenance annuelle depuis le 19/02/2022.

## Ce qui a été fait :

- Contrôles ultrasons puis découpe de 4 coudes du circuit « RIS » pour expertises métallurgiques en laboratoire.
- Réception des nouvelles pièces de rechange.
- Validation du dossier de soudure par l'ASN.
- Début des soudures par le groupement SIGEDI/ENDEL.

## Les résultats :

Les contrôles réalisés ne révèlent pas de corrosion sous contrainte.

## Prochaine étape :

Rechargement du combustible.



# Unité de production n°3

L'unité n°3 faisait partie de la liste des réacteurs priorités pour la réalisation des contrôles CSC. Elle a été mise à l'arrêt le 26/03/2022.

## Ce qui a été fait :

- Contrôles ultrasons puis découpe de 4 coudes du circuit « RIS » pour expertises métallurgiques en laboratoire.
- Réception des nouvelles pièces de rechange pour un soudage des nouveaux coudes par Westinghouse (à venir).

## Les résultats :

Les contrôles réalisés révèlent de la corrosion sous contrainte sur les soudures situées à l'extrémité des coudes (6 soudures en défaut de l'ordre de 1 à 2mm sur une tuyauterie de près de 30 mm).

## En cours :

A la suite des premières expertises reçues, extension des contrôles UTA (ultra-sons améliorés) et RVE (ressuage par voie endoscopique) à des soudures plus éloignées sur la tuyauterie, afin de mieux cerner le périmètre des pièces à remplacer.



# Unité de production n°1

L'unité n°1 est en arrêt programmé pour sa maintenance annuelle depuis le 11/06/2022.

## Ce qui a été fait :

Réalisation de contrôles par ultra-sons sur une des 4 boucles (boucle 2) du circuit RIS avec le nouveau dispositif UT amélioré.

## Les premiers résultats :

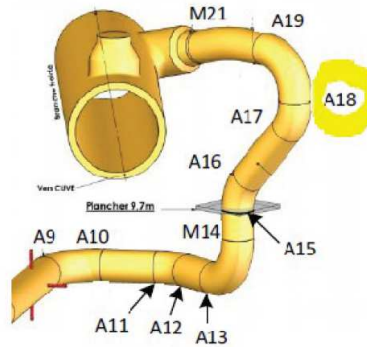
Les résultats des contrôles révèlent une légère trace sur une des 6 soudures contrôlées (soudure A18).

## En cours :

- Extension des contrôles par ultrasons sur les 3 autres boucles.
- Contrôle de 10 soudures dites « réparées » sur la boucle 2.

## Prochaine étape

Soit réparation soit justification par calcul du maintien en l'état sur une durée définie.



Présence d'un défaut de 2 à 3 mm  
(circonférence de la tuyauterie = 66 cm).

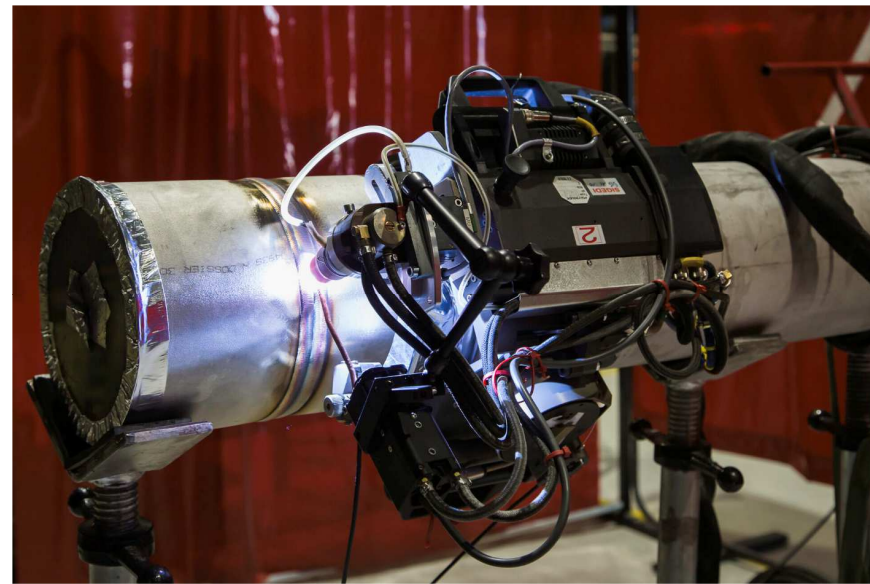


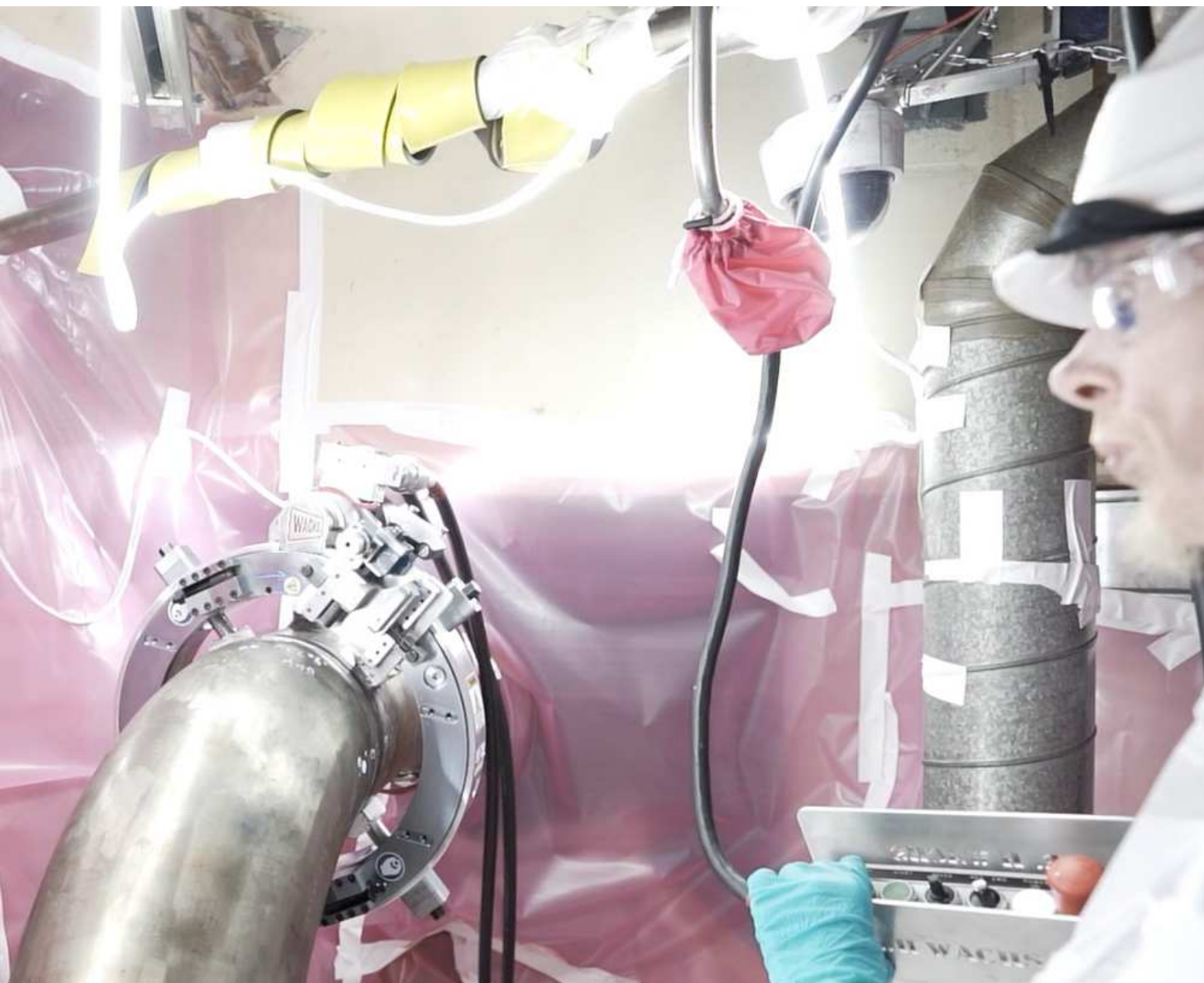
# Poursuite de notre programme

Le programme de contrôles, d'expertises et de réparation se poursuit toujours :

L'analyse des résultats des derniers examens réalisés, l'appel à des compétences pointues, ainsi qu'une connaissance plus fine du phénomène nous permet de repreciser notre programme industriel, ce qui nous a conduit à **adapter la durée des arrêts en cours** sur ces réacteurs qui ne seront pas de retour sur le réseau d'électricité avant la fin d'année 2022.

L'unité n°2 sera contrôlée lors de son arrêt pour maintenance programmée au printemps 2023.





Des questions ?