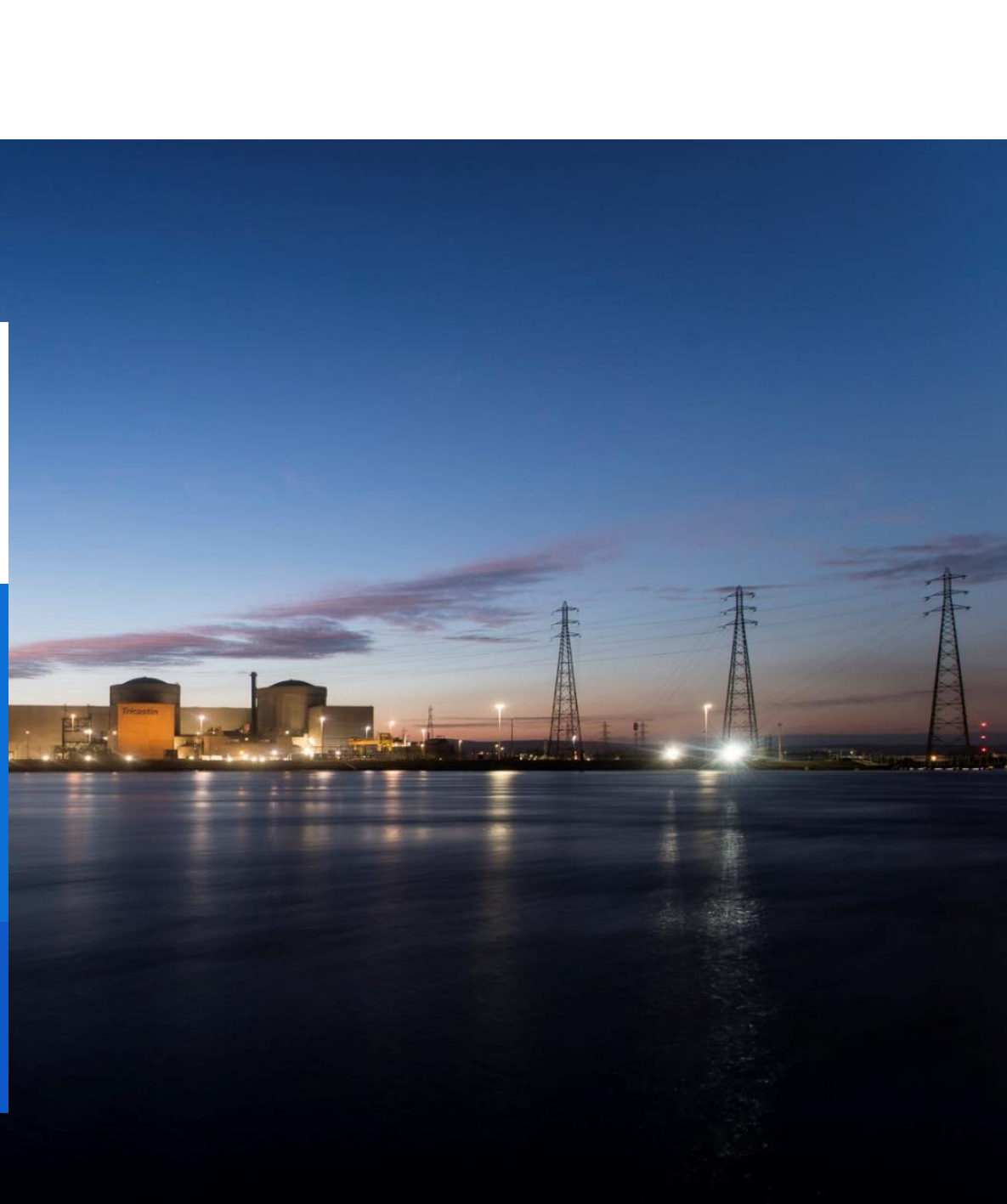




**CLIGEET**

**29 juin 2022**

Phénomène de corrosion sous  
contrainte



## & PROTÉGER LE PATRIMOINE DU GROUPE

### CHARTRE ETHIQUE GROUPE

Chaque salarié s'engage à traiter de façon responsable les informations qu'il détient dans le cadre de son travail et respecter les règles de sécurité et de confidentialité, en particulier concernant les données sensibles

### BONS REFLEXES

- Rester discret et vigilant dans les lieux publics
- Pour les documents sensibles, utiliser des moyens de protection adaptés (Security Box)



Cette réunion aborde des sujets internes



Cette réunion aborde des sujets restreints dont la divulgation peut être préjudiciable à EDF : chacun s'engage à n'en communiquer les supports et à n'en relater les échanges qu'avec discernement et en mentionnant explicitement « à ne pas rediffuser / à ne pas divulguer »



Cette réunion aborde des sujets de nature confidentielle, chacun s'engage à tenir secrètes les informations tant écrites qu'orales qui y sont exposées. Chaque dépositaire de cette présentation s'interdit de la communiquer à quelque tiers que ce soit sans l'accord du président de séance

## CSC: initiation?

↳ VD2 de Civaux fin 2021, contrôles périodiques de maintenance

## Quelles caractéristiques?

↳ fissuration qui se propage de l'intérieur de la tuyauterie vers l'extérieur

## Quel impact sûreté?

↳ les calculs réalisés à partir du défaut le plus marqué (Civaux 1) montrent que les circuits sont aptes à remplir leur fonction dans toutes les situations (absence de risque de rupture)

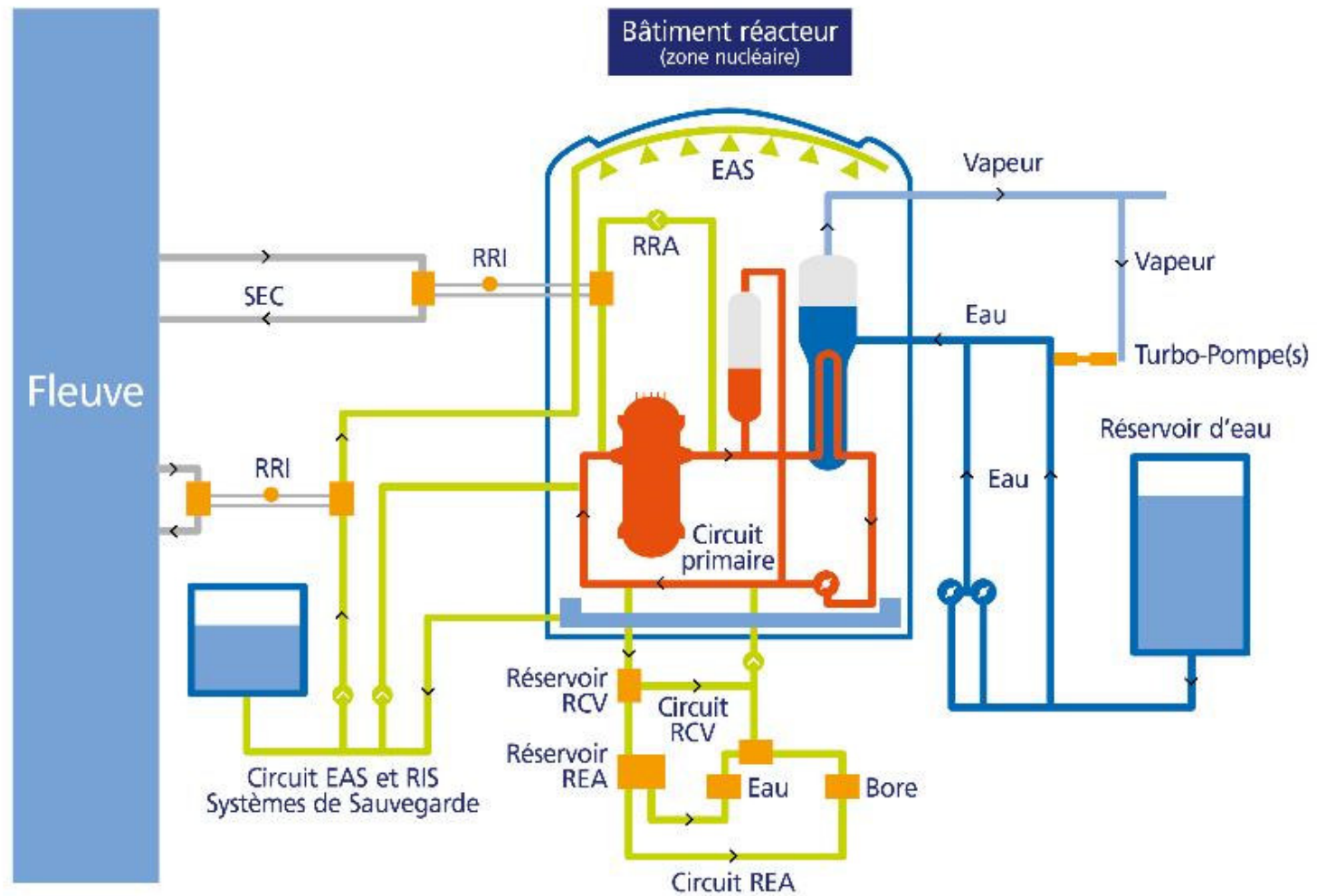
## Pourquoi c'est si long?

↳ nécessité de développer un procédé qualifié END

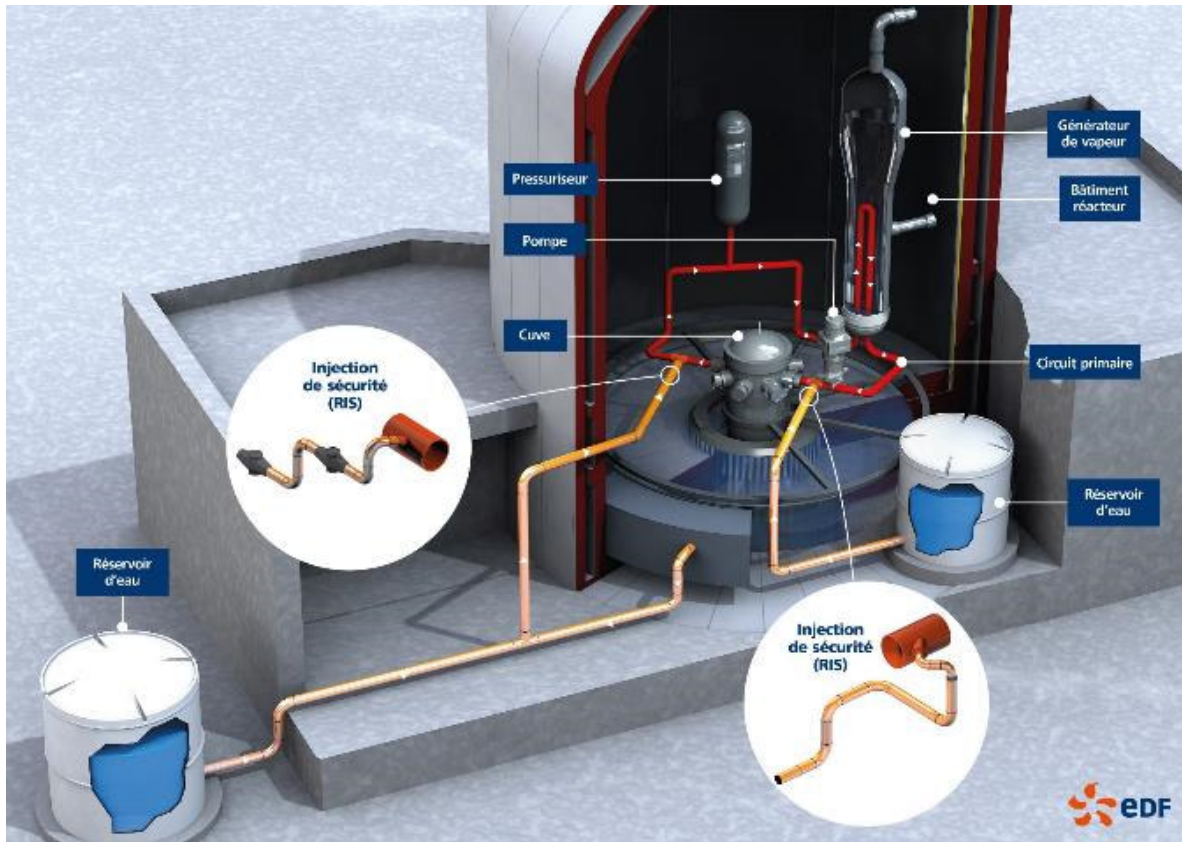
↳ Ressources END limitées pour caractériser la CSC

↳ découpes nécessaires pour valider le nouveau procédé

## Circuits auxiliaires au circuit primaire principal



# Circuits auxiliaires au circuit primaire principal



**4 boucles** distinctes, connectées au circuit primaire

**Tuyauterie en inox**

Largeur : 25 à 30 cm

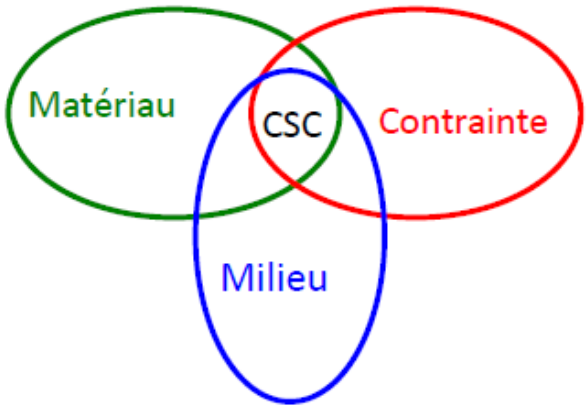
Épaisseur : 2,85 cm



# La Corrosion Sous Contrainte (CSC), c'est quoi ? :

La CSC est un mode de corrosion qui **se caractérise par de la fissuration** d'un matériau au contact d'un environnement chimique sous l'action conjugué **d'un effort mécanique** et **d'un milieu agressif**. Phénomène connu à EdF.

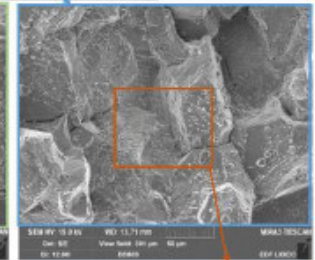
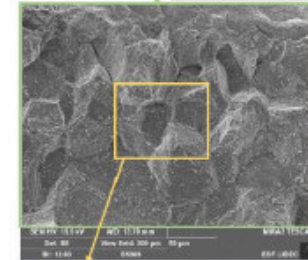
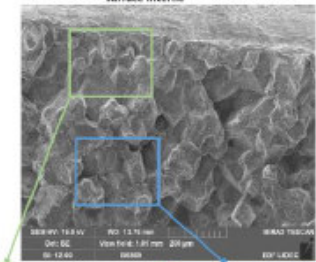
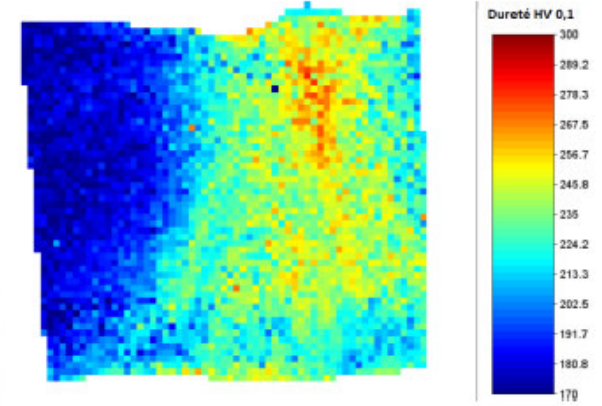
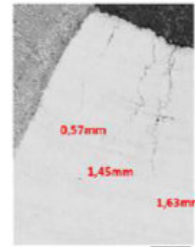
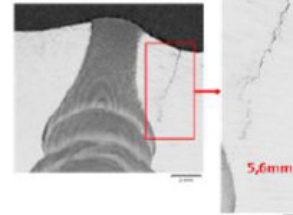
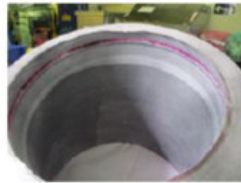
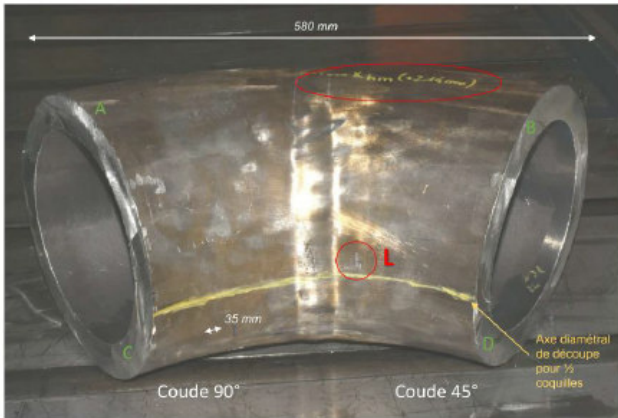
La CSC dépend de 3 facteurs :

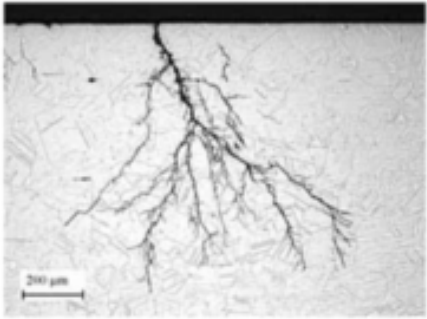
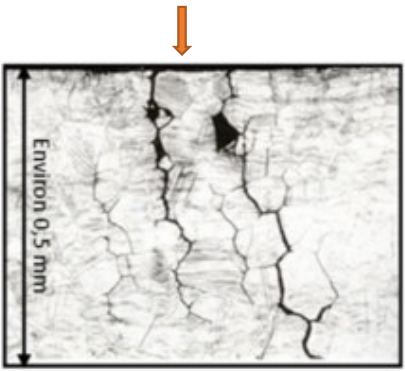
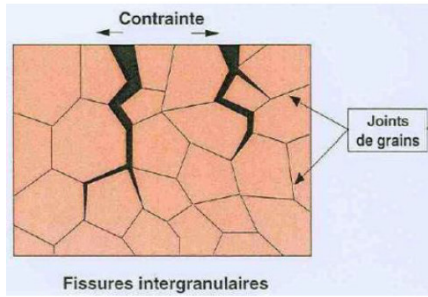


<u>Matériau</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sensibilité de l'alliage à la CSC ⇒ Inox réputé non sensible sauf en présence d'écrouissage</li></ul>
<u>Milieu</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conditionnement chimique du circuit primaire (pH, présence d'oxygène ou de polluants)</li><li>• Température ⇒ Chimie propice à la CSC, contrôlée en permanence</li></ul>
<u>Contrainte</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Efforts à proximité des zones endommagées (chargements mécanique et thermiques) ⇒ Les tuyauteries sont conçues pour être souples (supportage à ressort) et peu contraintes (dimensionnement)</li></ul>

# Expertises en laboratoire et simulations numériques

## Paliers N4 et 1300 MW

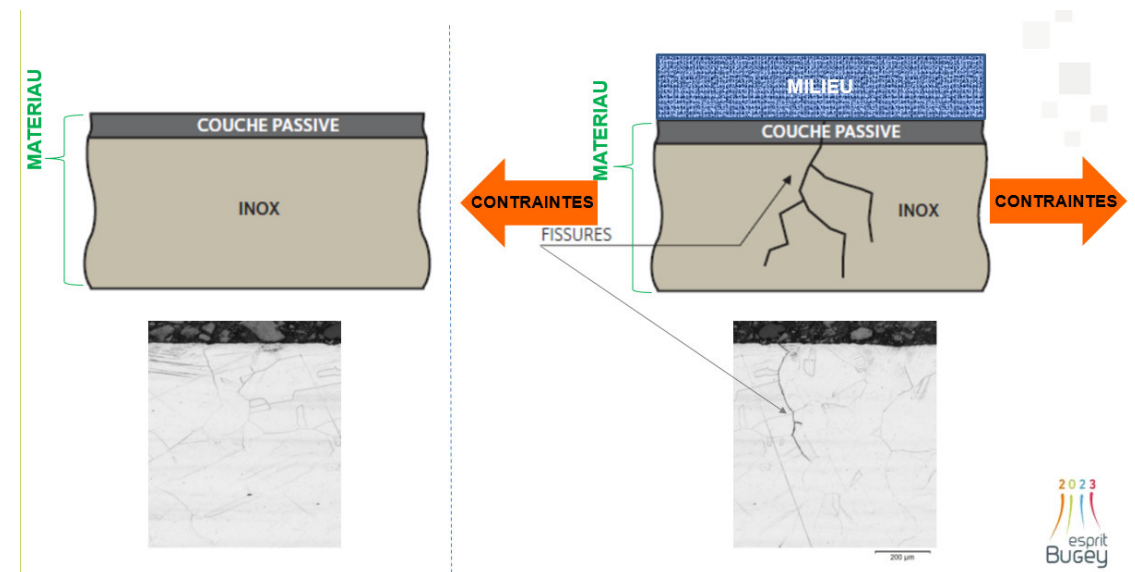




- Les microfissures se propagent à travers le matériau,
- En signature: **fissures intergranulaires** (≠ fatigue thermique : transgranulaire)



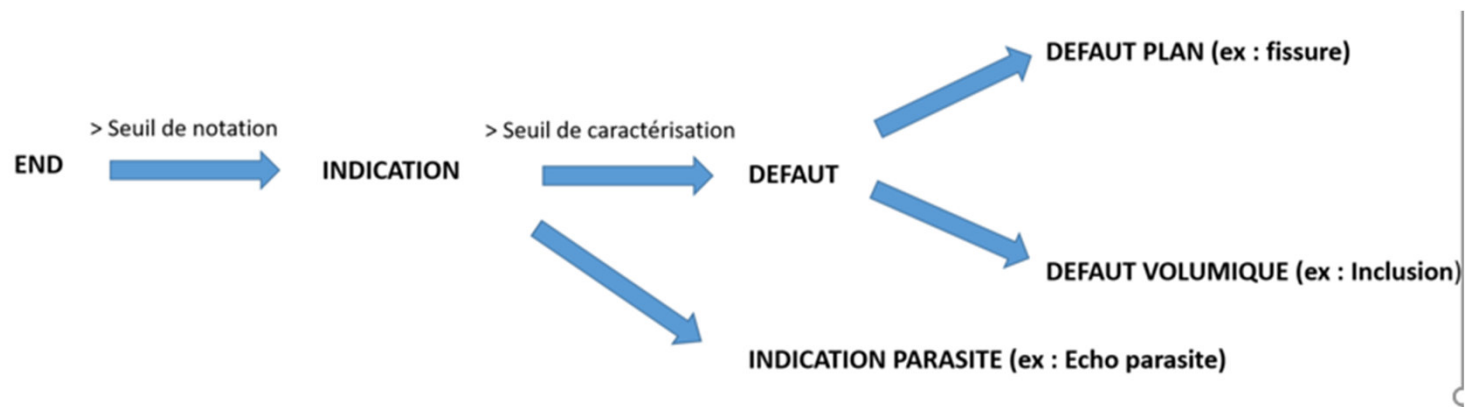
- Leur propagation est perpendiculaire aux efforts subis,
- Dans notre cas, **le défaut se propage de l'intérieur vers l'extérieur** de la tuyauterie.





## Quelques notions d'END « Examen Non Destructif »

→ Des procédures qualifiées/adaptées pour rechercher/détecter, puis caractériser un défaut/une maladie de manière prédictive suite à analyse.



# Programme de contrôles

EDF a réalisé et présenté à l'Autorité de sûreté nucléaire une première analyse de sûreté complétée de calculs, portant sur sa capacité à arrêter ses réacteurs en toute sûreté, y compris en cas de perte de 2 des 4 lignes des circuits d'injection de sécurité.

A ce stade pour 2022, EDF considère qu'il n'est pas nécessaire d'anticiper de nouveaux arrêts de réacteurs pour réaliser ces contrôles

Depuis la détection de CSC sur le réacteur n°1 de Civaux en novembre 2021, EDF échange en continu avec l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Le Groupe a remis, le 13 mai dernier, une note relative à l'avancement général de l'instruction des défauts de CSC, son analyse de sûreté et l'évolution de la stratégie de traitement qui en résulte pour l'ensemble du parc nucléaire.

12 réacteurs du parc, actuellement à l'arrêt, sont concernés par les contrôles et expertises CSC :

- le résultat des expertises métallurgiques réalisées sur des échantillons de tuyauteries des circuits auxiliaires des réacteurs de Civaux 1, Chooz 1 et Penly 1 a confirmé la présence de CSC à proximité de soudures des circuits RIS (circuit d'injection de sécurité) et RRA (circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt).
- Les contrôles et expertises réalisés confirment l'absence de CSC sur le circuit RIS de Chinon B3. La présence de CSC a été localisée sur une soudure du circuit RRA de ce réacteur.
- Les contrôles et investigations se poursuivent sur les 8 autres réacteurs priorités (Bugey 3, Bugey 4, Cattenom 3, Civaux 2, Chooz 2, Flamanville 1, Flamanville 2, Golfech 1).

# Programme de contrôles

L'analyse basée sur des expertises de circuits et la réalisation de calculs, simulations numériques et de tests menés dans le laboratoire d'expertises métallurgiques d'EDF (LIDEC) ont mis en évidence plusieurs éléments :

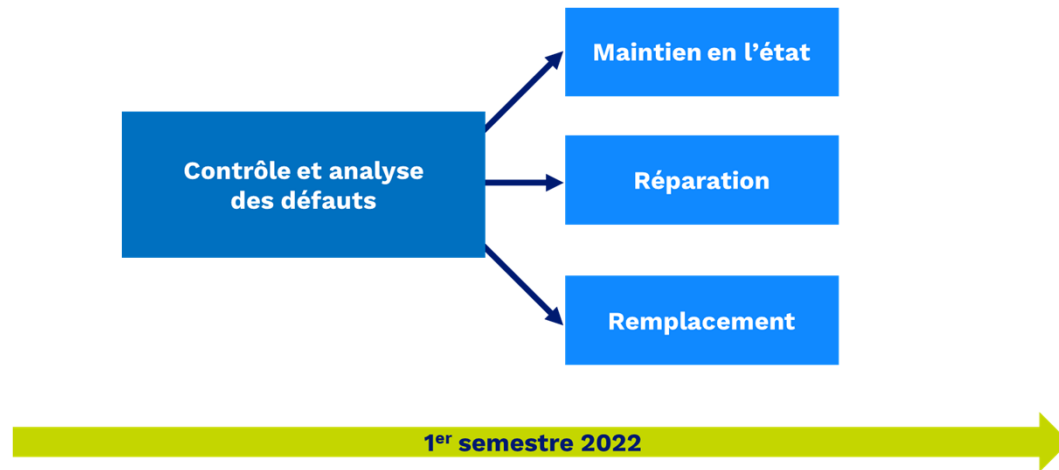
- la localisation du phénomène dans la zone affectée thermiquement par les soudures,
- l'influence a priori prépondérante de la géométrie des circuits,
- l'influence des procédés de soudage,
- l'existence d'une zone de compression dans le métal, qui limite l'évolution du phénomène de CSC à quelques millimètres.

La méthode de programmation des contrôles sur les autres réacteurs du parc, basée sur l'analyse des fiches de résultat des examens par ultrasons réalisés dans le cadre des visites décennales, a permis à EDF de définir un calendrier pluriannuel. Il a été proposé à l'Autorité de sûreté nucléaire le 13 mai 2022.

Pour 2022, des contrôles seront réalisés, dans le cadre de leur programme de maintenance des visites décennales, sur les réacteurs suivants du palier 900 MW : Tricastin 3, Gravelines 3, Dampierre 2, Blayais 1 et Saint Laurent B2.

Concernant le palier 1300 MW, des expertises métallurgiques approfondies vont être réalisées sur les réacteurs de Cattenom 3 et 4, Flamanville 1 et 2 et Golfech 1. Celles engagées sur Penly 1 se poursuivront, afin de disposer de données suffisantes pour caractériser précisément le phénomène sur ce palier.

# Traitement du phénomène



- Une **approche progressive** qui amène EDF à adapter sa stratégie en fonction des analyses et des contrôles effectués. Ces derniers débouchent autant que nécessaire sur des **contrôles complémentaires et des réparations des circuits**.
- **L'Autorité de sûreté nucléaire** est régulièrement tenue informée de la situation.
- Des **solutions de remplacement ou de réparation** des portions de tuyauteries affectées par le phénomène sont en cours d'instruction. Elles seront mises en œuvre au cas par cas, en fonction des conclusions des contrôles, afin de garantir la sûreté des installations.

## Mobilisation de la filière industrielle

- Dès janvier 2022, lancement des approvisionnements (tubes et coudes) réalisé de manière réactive avec deux aciéristes européens
- Optimisation des cadences de production, avec une diminution par 2 du délai d'approvisionnement habituel
- L'ensemble des fournisseurs qualifiés pour réaliser ces activités prépare dès maintenant les interventions.
- Des dizaines de soudeurs ont bénéficié de formations et entraînements spécifiques afin de garantir une haute qualité de réalisation.

