

Commission locale d'information

4 avril 2022

Phénomène de corrosion  
sous contrainte

**Point de situation**

CNPE de Tricastin

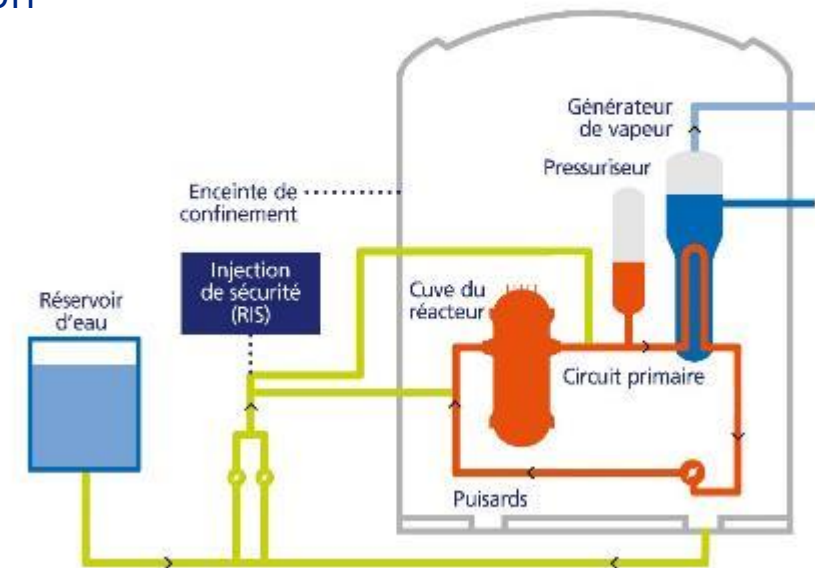
# Rappel du contexte

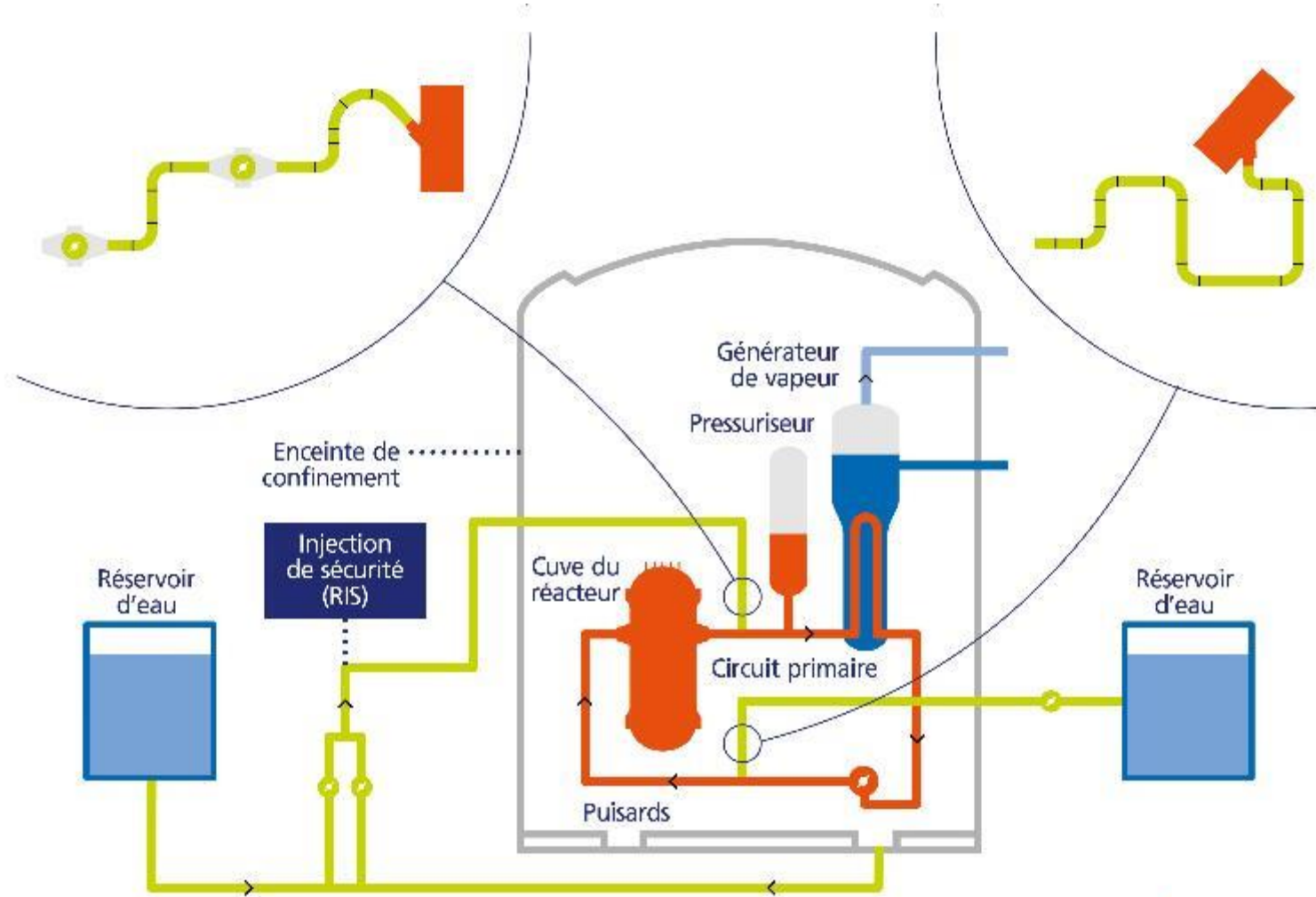
## Détection du phénomène lors de contrôles préventifs réalisés lors de la 2<sup>e</sup> visite décennale du réacteur 1 de Civaux

Des contrôles sont réalisés sur des tuyauteries associées au circuit primaire. Ils s'inscrivent dans le cadre d'une surveillance importante, au titre de la maintenance préventive.

⇒ zone identifiées à la conception comme susceptibles d'être affectées par des sollicitations thermiques dues à l'exploitation normale des installations

Inclus des contrôles non-destructifs (ultrasons, radiographies) sur le circuit RIS





**RIS** : réacteur injection sûreté

**Circuit de sauvegarde** : contribue au refroidissement du réacteur en cas d'accident avec perte d'eau. Pas d'enjeu sûreté avec réacteur à l'arrêt.

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

**Tuyauterie en inox**

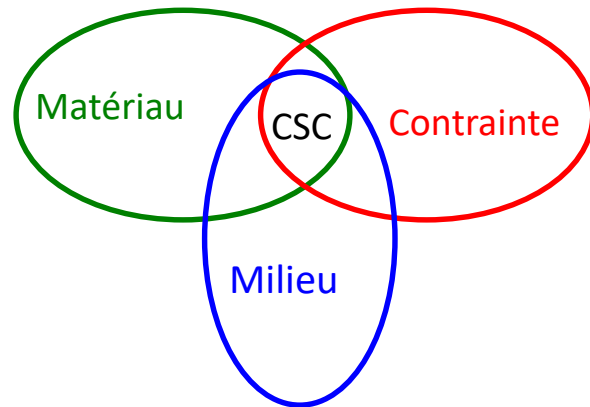
Largeur : 25 à 30 cm

Épaisseur : 2,85 cm

# Origine du phénomène

La corrosion sous contrainte se manifeste sous la même forme que la fatigue thermique : défaut en racine de soudure.

Éléments précurseurs de la corrosion sous contrainte : 3 éléments doivent être présents.



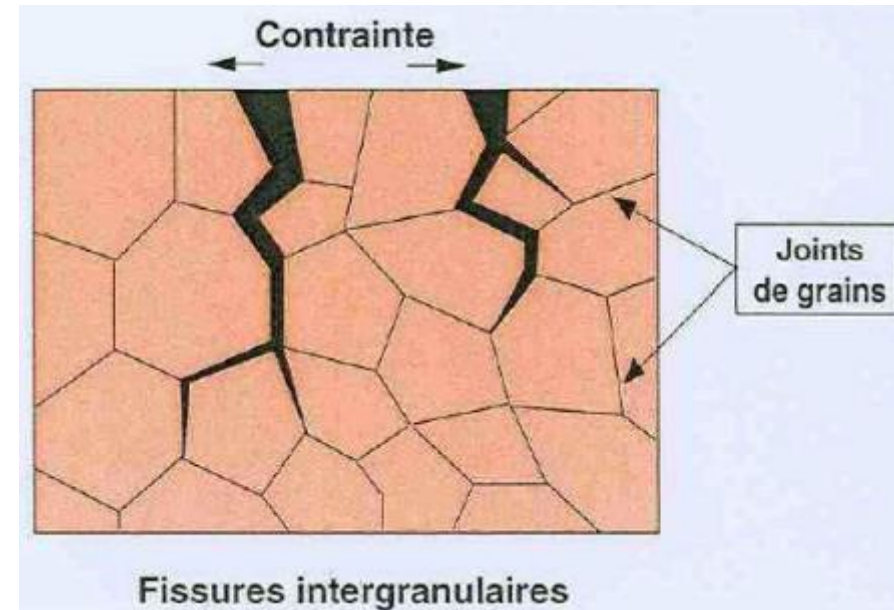
<u>Matériau</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sensibilité de l'alliage à la CSC<ul style="list-style-type: none"><li>⇒ Inox réputé non sensible sauf en présence d'écrouissage</li></ul></li></ul>
<u>Milieu</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conditionnement chimique du circuit primaire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

# Développement de la CSC (corrosion sous contrainte)

## 2/ Phase de propagation

- Les microfissures se propagent à travers le matériau
- Leur propagation est perpendiculaire aux efforts subis par la tuyauterie
- Le défaut se propage de l'intérieur vers l'extérieur de la tuyauterie

Echelle de la taille des grains :  
⇒ Entre 1 et 10 grains par mm





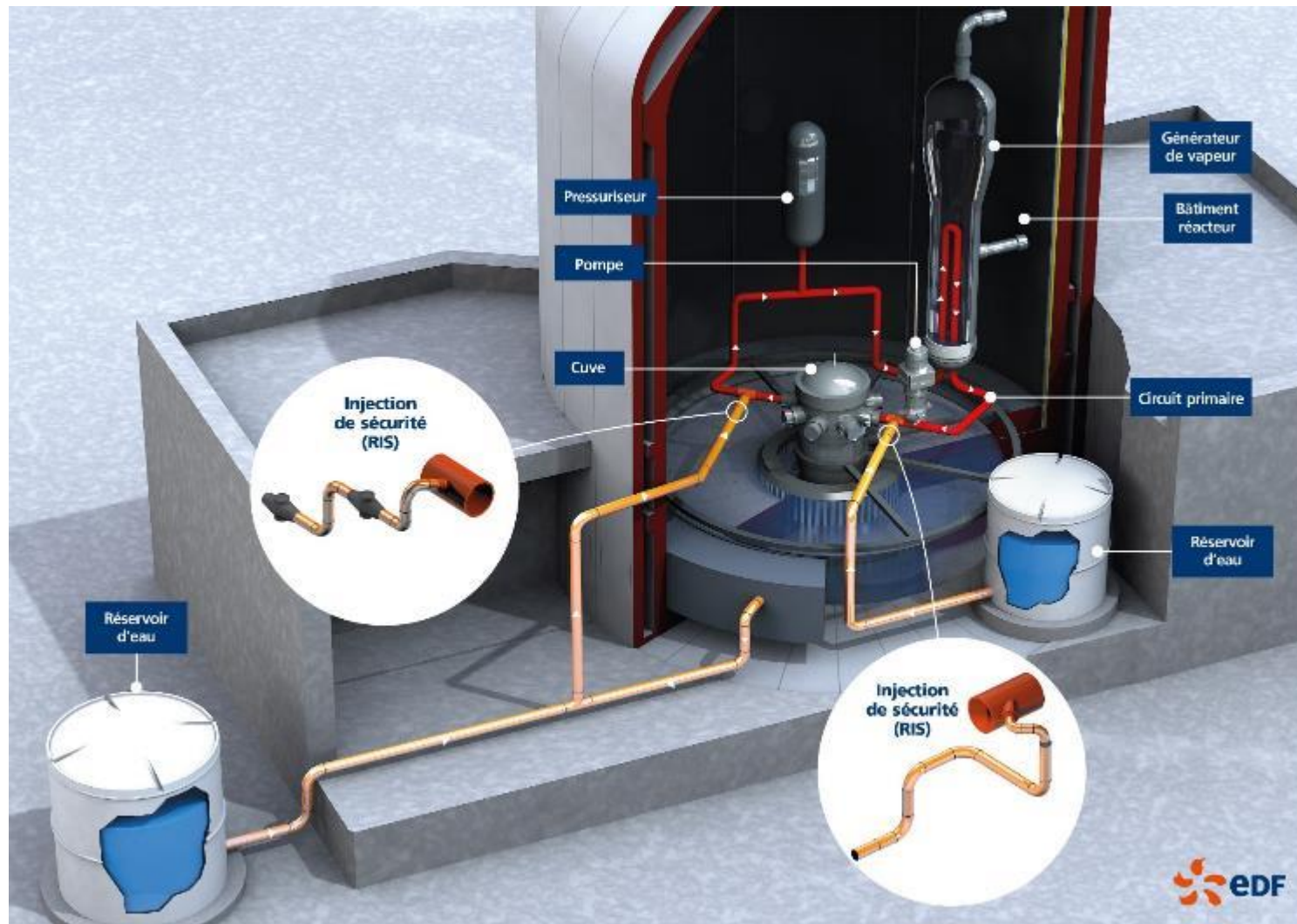
# Rappel des faits

- **Civaux 1 : découpe de tronçons** de tuyauteries du circuit RIS envoyés en laboratoire pour expertise  
Après analyse, le phénomène de **corrosion sous contrainte** est confirmé
- **Civaux 2** : mise à l'arrêt depuis le 19 novembre, **détection d'indications** par contrôles ultra-sons
- Décision en décembre 2021, **d'étendre le périmètre de contrôle** aux deux autres réacteurs du palier N4 (Chooz 1 et 2) pour **borner le périmètre** de ce défaut, en comprendre l'origine et en maîtriser les mécanismes d'apparition et de propagation.
- Détection du même phénomène sur le réacteur de **Penly 1** lors des contrôles préventifs réalisés sur la 3<sup>ème</sup> visite décennale. Confirmation de présence de corrosion sous contrainte après expertises réalisées en laboratoire.
- **Un programme de contrôles** sur l'ensemble du parc nucléaire, intégrant les retours d'expériences des expertises réalisées à Civaux, Chooz et Penly est lancé.
- Le 8 février 2022, EDF a indiqué que les calculs réalisés à partir du défaut le plus marqué constaté à date sur une portion de tuyauterie du circuit RIS de Civaux 1 permettent de confirmer sa **confiance sur l'intégrité des circuits. L'aptitude des circuits à remplir leur fonction est assurée.**

L'analyse de 72 fiches de résultats d'examens non destructifs réalisés lors des dernières visites décennales des réacteurs du parc nucléaire et les résultats des dernières expertises en laboratoire, ont conduit à établir la **liste priorisée des réacteurs sur lesquels des contrôles seront repris avec des moyens optimisés** et la prise en compte du retour d'expérience de Civaux et Penly :

- dans les 3 mois, lors de leurs arrêts programmés : Bugey 3, Flamanville 1 et Flamanville 2
- dans les 3 mois, lors d'un arrêt spécifique : Chinon 3, Cattenom 3 et Bugey 4

# Les contrôles réalisés



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

**Tuyauterie en inox**

Largeur : 25 à 30 cm

Epaisseur : 2,85 cm



# Point de situation

La première phase du programme de contrôle intégrant les enseignements issus des expertises réalisées sur Civaux 1 et 2 a été finalisée.

- Les premiers calculs montrent une **absence de risque de rupture** pour toutes les catégories de situations étudiées. Ces calculs permettent de confirmer que **l'aptitude des circuits à remplir leur fonction est assurée. Nous avançons avec méthode, en application du principe de primauté sûreté, de façon à comprendre les phénomènes.**
- L'ensemble des échantillons expertisés ont tous montré une fin de fissure située à la hauteur de la première passe de soudage (dite passe « racine »), soit **quelques millimètres au maximum.**
- Les premières expertises réalisées en laboratoire montrent une **propagation lente du phénomène et une profondeur limitée des fissures, qui varient de 0,75 mm à 5,6 mm au maximum** (à comparer à l'épaisseur des tuyauteries de près de 30 mm).
- Le défaut le plus marqué constaté à ce jour concerne une portion de tuyauterie du **circuit RIS de Civaux 1.**



# Traitement du phénomène



**1<sup>er</sup> semestre 2022**

**Un procédé de contrôle optimisé** afin de mieux détecter les défauts résultant d'une corrosion sous contrainte. Développement d'un moyen non destructif d'évaluation de la profondeur des fissures.

# Une approche progressive de la situation

- 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.
- Les potentiels facteurs de corrosion sous contrainte à l'étude :
  - une micro-dureté locale au niveau du métal
  - l'écrouissage des grains constituant le métal
  - le chargement de la zone
  - les techniques de soudage
  - ...



# Merci

