



# **Le phénomène de corrosion sous contrainte sur les circuits auxiliaires du CPP**

Séminaire ANCCLI – 10 novembre 2022

# 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**



# 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**

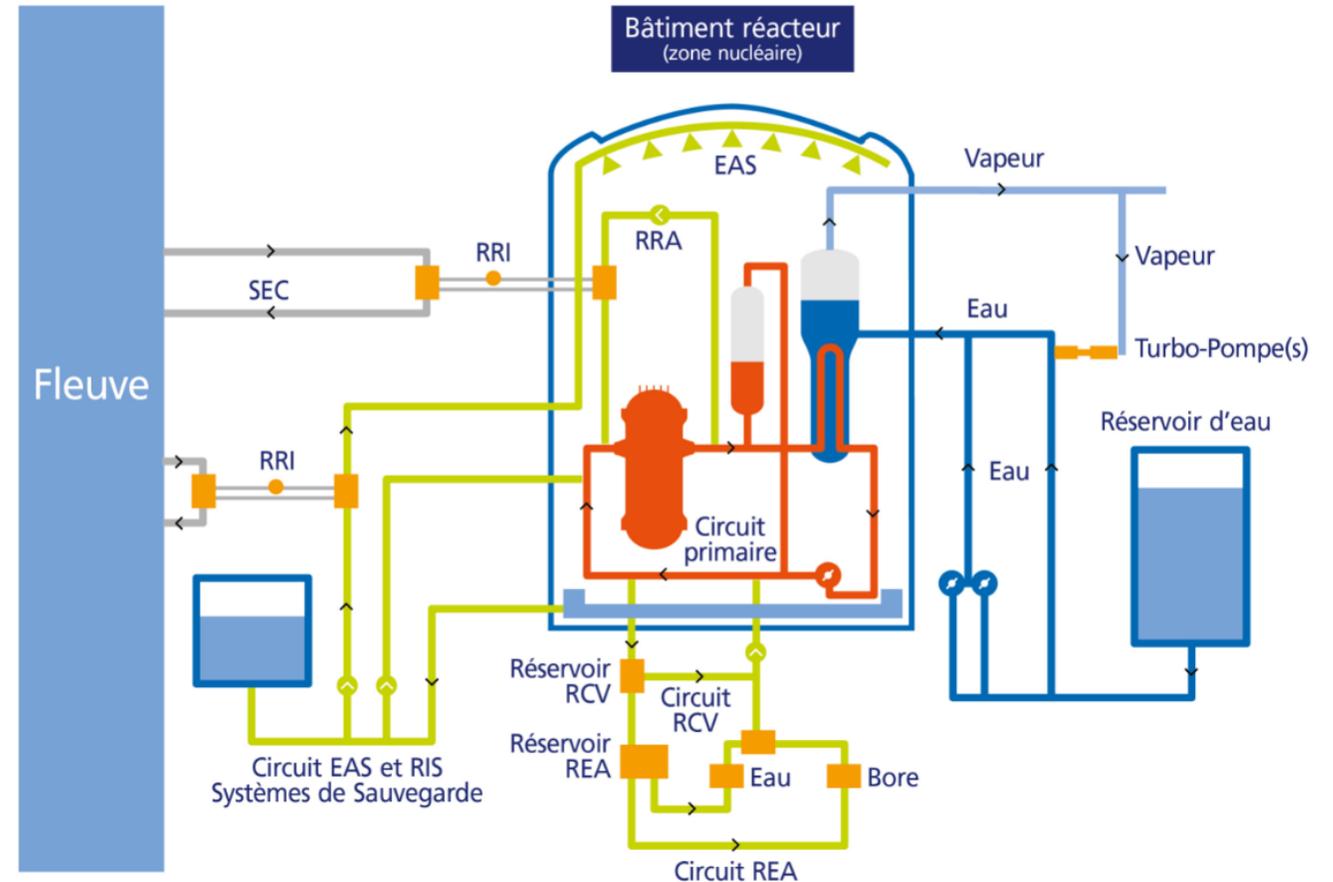


# Les principaux circuits d'un réacteur nucléaire

Le circuit primaire d'un réacteur nucléaire compte plusieurs circuits auxiliaires remplis d'eau, dont certains sont utilisés en fonctionnement normal et d'autres en situation accidentelle.

Le circuit RRA (refroidissement du réacteur à l'arrêt) est utilisé en fonctionnement normal pour refroidir le réacteur : il assure l'évacuation de la puissance résiduelle dégagée par le combustible lors de la mise à l'arrêt du réacteur.

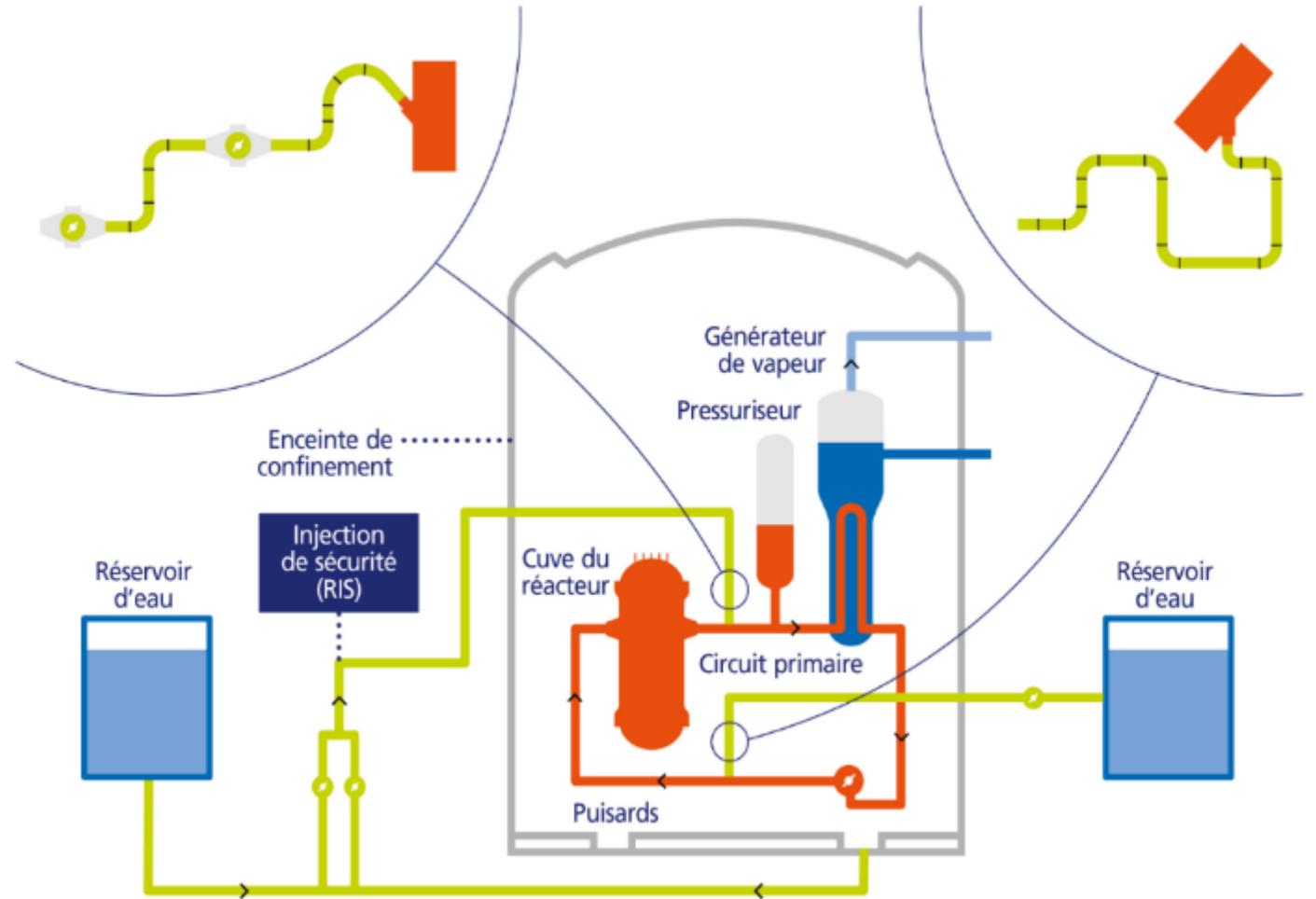
Le circuit RIS (injection de sûreté du réacteur) est utilisé en situation accidentelle : il est conçu pour assurer l'injection de bore et le refroidissement du cœur, notamment en cas de rupture du circuit primaire entraînant une perte d'eau importante.



## Les circuits RRA et RIS

Les lignes de tuyauteries des circuits RRA et RIS sont fabriquées en acier inoxydable. Elles sont constituées de tronçons droits et de coudes, ces pièces étant soudés.

La forme des lignes est différente sur les 3 paliers de puissance du parc nucléaire français.



# La découverte du phénomène de corrosion sous contrainte

**A chaque visite décennale, des contrôles non destructifs manuels (par ultrasons ou par radiographie) sont réalisés sur les tuyauteries des circuits importants pour la sûreté des installations. Les contrôles sont mis en place pour détecter de manière anticipée de potentiels défauts induits par des modes d'endommagement. Un des modes d'endommagement suivi est la fatigue thermique.**

Lors de la deuxième visite décennale du réacteur n°1 de Civaux, lors de la mise en œuvre des contrôles planifiés pour la recherche de fatigue thermique, un endommagement de l'acier inoxydable d'une portion de tuyauterie sur les lignes du circuit d'injection de sécurité (RIS). Les contrôles par ultrasons réalisés sur ce circuit ont mis en évidence des indications à proximité de deux soudures situées en amont et en aval d'un coude sur les quatre lignes que comporte le circuit d'injection de sécurité. Aucun défaut n'avait été identifié lors des contrôles réalisés lors de la première décennale en 2011.

EDF a procédé à la découpe des portions de tuyauteries concernées et les expertises, réalisées en laboratoire, ont permis de caractériser les indications détectées en ultrasons : un endommagement par corrosion sous contrainte a été mis en évidence.

Des contrôles non destructifs ont été initiés sur les mêmes matériels du réacteur n°2 de la centrale nucléaire de Civaux et ont fait apparaître des indications similaires.

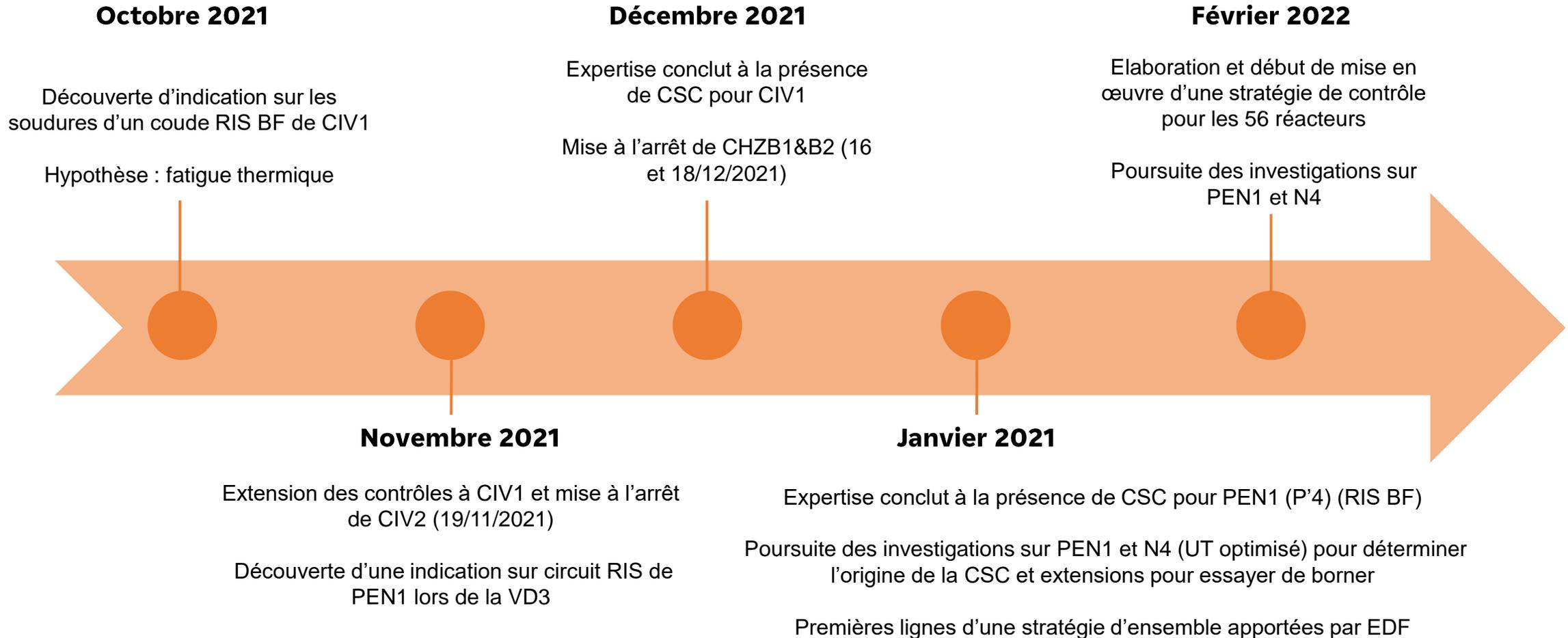
Les quatre réacteurs des centrales de Chooz (Ardennes) et de Civaux sont de même technologie et constituent le palier N4 du parc nucléaire français. En tant qu'industriel responsable et par mesure de précaution, EDF a donc pris la décision d'arrêter les deux réacteurs de la centrale de Chooz, afin de procéder à titre préventif à ces mêmes contrôles.

Les contrôles non destructifs réalisés lors des visites décennales des réacteurs de Penly, réacteur de 1300 MW de type P'4, ont fait apparaître des indications similaires. Suite à dépose des soudures incriminées et expertises destructives en laboratoire, des défauts de corrosion sous contrainte ont été caractérisés.

Une liste priorisée de réacteurs des 3 paliers de puissance a été définie, sur lesquels des contrôles et expertises ont été engagés.

- **Contrôles non-destructifs manuel par an : 400 000 h** [1500 h par ASR, 10.000 h par VP, 24 000 h par VD]
- **Contrôles non-destructifs automatiques** (cuve, générateurs de vapeur, ...) : **100 000 h**

# Rappel du contexte - historique



# Rappel du contexte - historique

## Mars 2022

Relecture contrôles antérieurs conduit à identifier des réacteurs « prioritaires »  
(anticipation d'arrêt de 3 réacteurs)

Choix de réacteurs de références par type (FES, CHB3, PEN1 et CIV1) et  
poursuite des contrôles

Présentation au GP

Abandon de l'END « optimisé » (faux positifs)

## Mai 2022

Poursuite des investigations sur les réacteurs de référence et les  
réacteurs présentant une suspicion de CSC

Poursuite expertises sur CHB3 indique présence limitée de CSC (RRA  
BC/ défaut fab)

Mise à jour de la stratégie d'EDF au regard des nouvelles  
connaissances : contrôles des « FSI P3 » et VD

## Avril 2022

Mesures compensatoires (DT 392 ind0)

Expertises menées sur FES2 (CP0) indique l'absence de CSC (RIS BF)

Expertises menées sur CHB3 (CPY) indique absence de CSC (RIS BF)

Confirmation de la CSC sur un nouveau circuit de CIV1 (N4) (RRA BC)

Expertises menées sur CHZB1 (N4) confirme la présence de CSC (RIS BF)

# Rappel du contexte - historique

**Été 2022**

**2023**

Contrôles des réacteurs prioritaires et déposes pour expertise – contrôles en VD 900 et 1300

Début du déploiement de l'END « amélioré » (PAUT TFM)

Absence de CSC sur FLA2 (P4) (RIS BF)

Début des réparations (repose de tronçons ou lignes entières)

Finalisation « études sûretés »

Déploiement de la stratégie d'EDF sur le parc

Contrôle sur GOL2 début 2023 (pas de contrôle historique)



**Automne 2022**

Mesures compensatoires (DT 392 ind2)

Finalisation des contrôles sur réacteurs prioritaires - Contrôles en VD

Stratégie de maintenance détaillée

Finalisation de l'ensemble des calculs mécaniques

Réparations

Finalisation des échanges sur la cinétique de propagation à retenir