

CORROSION SOUS CONTRAINTE AFFECTANT LES RÉACTEURS EDF

[ANALYSE DES CAUSES PROFONDES

ANCCLI du 10 novembre 2022

Analyse des causes profondes

Matériau

- Expertise IRSN en cours

Contraintes mécaniques

- Expertise IRSN en cours

Environnement

- Avis IRSN 2022-00189 du 14 septembre 2022 – Analyse des causes : volet chimie des fluides
- Expertise IRSN en cours :
 - Déshydrogénation lors des arrêts
 - Chimie des « bras morts » (hydrogène dissous, oxygène dissous)

Oxygène dissous dans le CIRCUIT primaire

Oxygène dissous (DO) dans le fluide primaire

[POINTS SAILLANTS DES DONNÉES

- DO (Oxygène dissous) est un paramètre d'ordre 1 pilotant le risque de CSC des aciers inoxydables, cf. REX des réacteurs à eau bouillante. Le fluide primaire des REP (réacteurs à eau pressurisée, cas des réacteurs en France) est désaéré en fonctionnement. Néanmoins, des entrées d'oxygène sont possibles. Les principales sources d'entrées d'oxygène dans le CPP :
 - Arrêt du réacteur et ouverture du CPP
 - Les eaux d'appoints, injectées normalement dans le circuit primaire en cours de fonctionnement
- EDF a mené une **analyse sur l'ensemble des réacteurs du parc** sur ce sujet
 - **Depuis 2014 pour le CPP** (pas de prescription auparavant).
 - 1 mesure/mois, en branche chaude
 - **Depuis le démarrage pour les bâches d'eau d'appoint** (deux systèmes spécifiques)
 - 3 mesures/semaine pour le premier.
 - Pas de mesure pour le second.

Oxygène dissous dans le CIRCUIT primaire

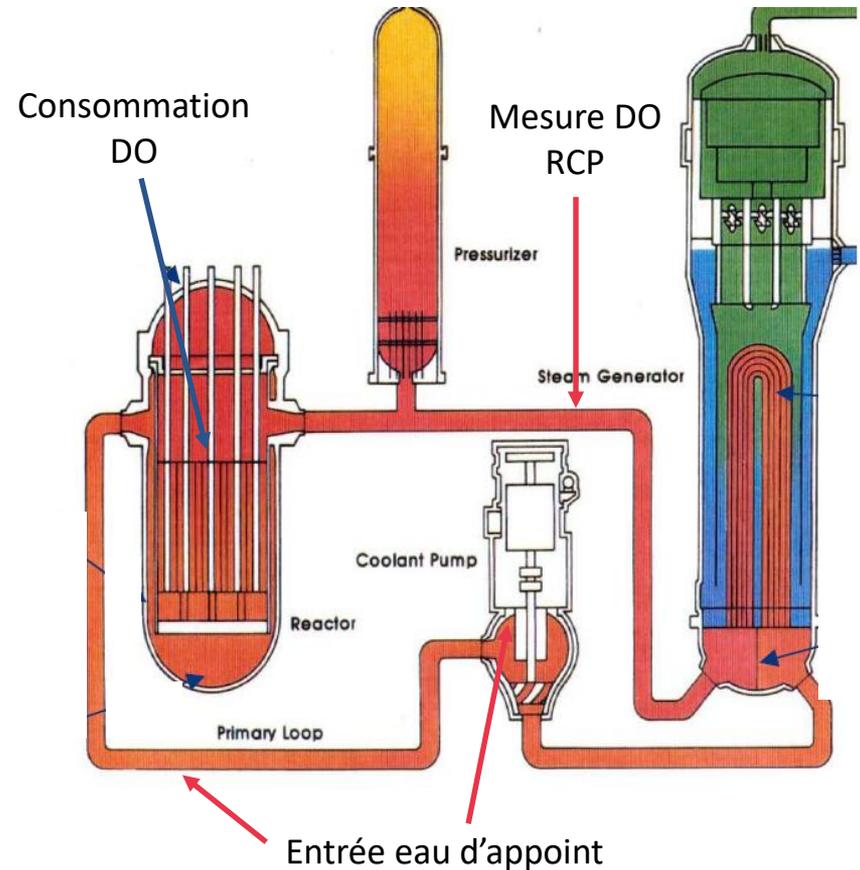
[OXYGÈNE ET HYDROGÈNE



Position EDF : Présence d'hydrogène dans le RCV et dans le RCP qui consomme l'oxygène introduit.

L'oxygène est majoritairement consommé dans le cœur sous l'effet du rayonnement neutronique et de la radiolyse induite

La teneur en oxygène dessous en Branche Chaude doit être très inférieure à celle en Branche froide



Mesure de DO en branche chaude : ne devrait jamais donner de valeurs notables

Données disponibles depuis 2014 (les réacteurs avaient déjà plus de 15 ans de fonctionnement)

IRSN

IRSN

Oxygène dissous dans les eaux d'appoint

Oxygène dissous dans les eaux d'appoint

Appoints sont réalisées en Branche froide

- Via les pompes primaires
- Via une ligne spécifique

Position EDF

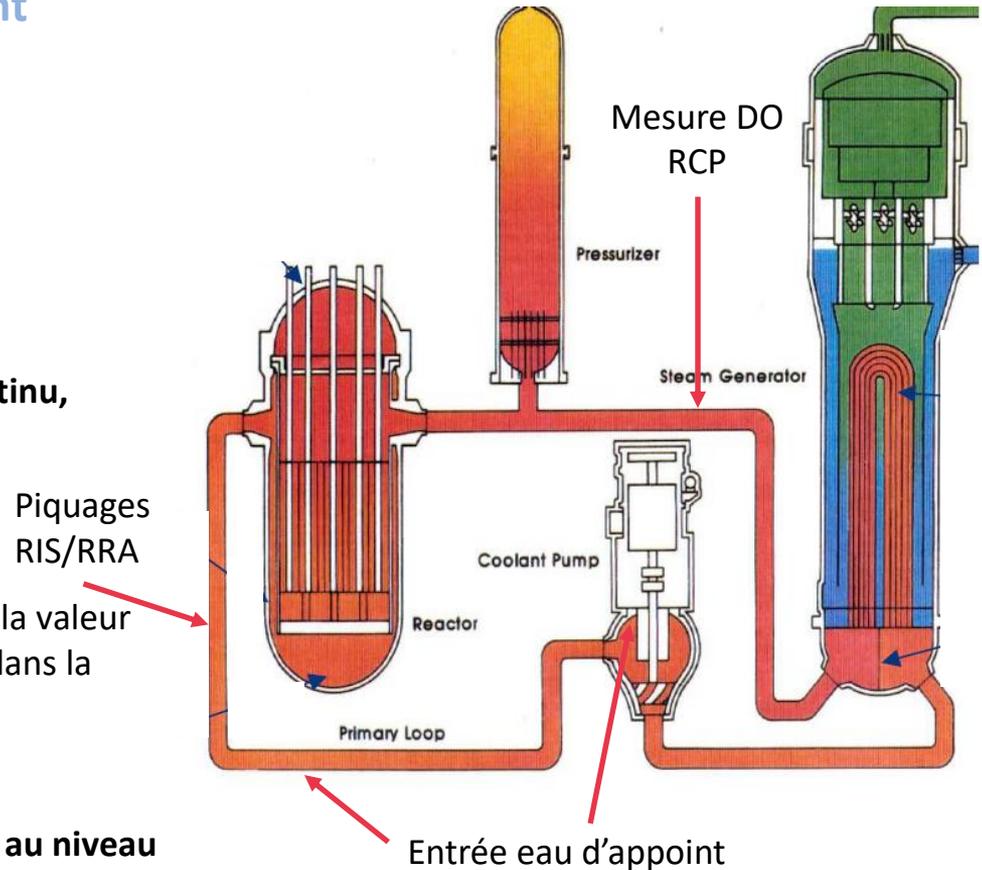


- Mélange instantané (prémélange, injections en continu, turbulences...)
- Valeurs de DO très faibles en théorie

Analyse IRSN



- On mesure souvent (23 réacteurs en 8 ans) plus que la valeur maximale théorique calculée en BC, après mélange dans la cuve et effet du rayonnement ;
- Temps de transit de l'ordre de 0,2 s
- Fluides de températures différentes
- **Mélange non garanti (arrivée de fluide non désaéré au niveau des piquages RIS)**



On ne peut exclure d'avoir des valeurs significatives de DO dans les zones concernées par la CSC

Oxygène dissous : effet sur la CSC

Oxygène dissous : effet sur la CSC

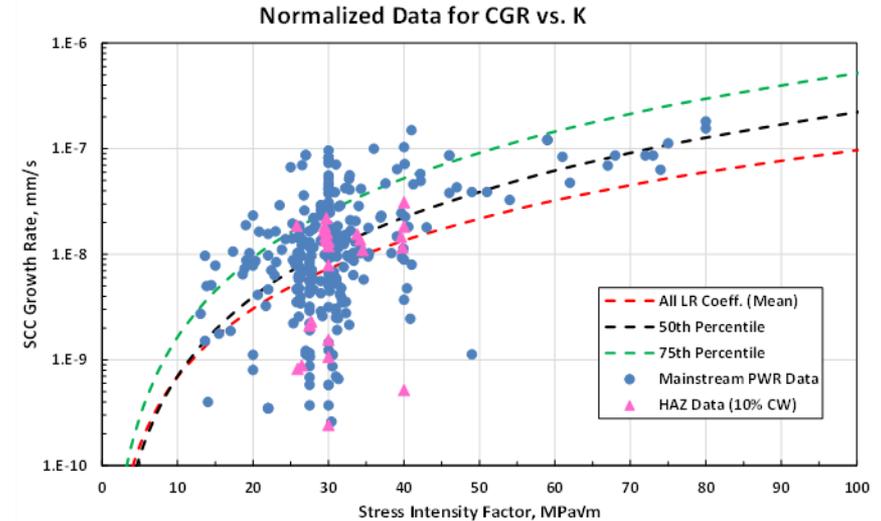
[EFFET SUR L'AMORÇAGE DE FISSURES : DO FAVORISE L'AMORÇAGE DE FISSURES DANS DES MATÉRIAUX QUI N'AURAIENT PAS FISSURÉ SANS DO

[EFFET SUR LA CINÉTIQUE DE PROPAGATION

■ En juillet 2022, l'industrie américaine a publié des courbes de vitesse de propagation de fissures de CSC

■ Basées sur plus de 900 données de laboratoire

- En bleu, en condition PWR parfaite (fluide parfaitement désaéré)



Oxygène dissous : effet sur la CSC

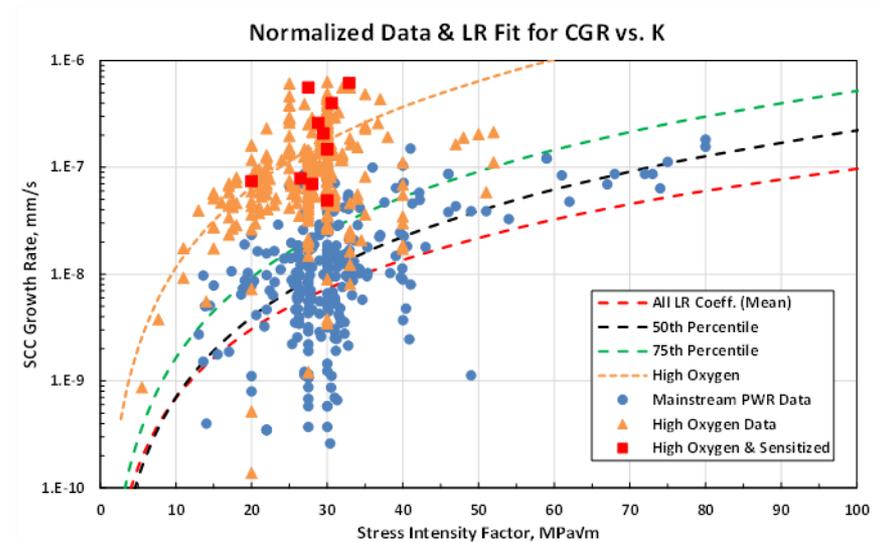
[EFFET SUR L'AMORÇAGE DE FISSURES : DO FAVORISE L'AMORÇAGE DE FISSURES DANS DES MATÉRIAUX QUI N'AURAIENT PAS FISSURÉ SANS DO

[EFFET SUR LA CINÉTIQUE DE PROPAGATION

■ En juillet 2022, l'industrie américaine a publié des courbes de vitesse de propagation de fissures de CSC

■ Basées sur plus de 900 données de laboratoire

- En bleu, en condition PWR parfaite (fluide parfaitement désaéré)
- En orange, fluide partiellement aéré



Conclusions

- EDF a mené une analyse sur la contribution potentielle de la chimie d'exploitation sur la CSC observée.
- L'IRSN a expertisé le dossier et en conclut :
 - Il n'y a probablement pas d'effet lié au conditionnement de base du fluide primaire sur la CSC
 - Il n'y a probablement pas d'effet lié aux polluants halogénures, sodium ou espèces soufrées
 - **Il y a un effet aggravant possible de l'oxygène dissous injecté par les eaux d'appoints.**
 - Les spécifications chimiques de l'oxygène dans le circuit primaire apparaissent perfectibles tant sur la fréquence de mesure que sur les conduites à tenir concernant la mesure en oxygène. Des exigences renforcées visant à minimiser la teneur en DO constituent une disposition compensatoire nécessaire pour limiter les risques d'amorçage et réduire la cinétique de propagation de la CSC.