

CORROSION SOUS CONTRAINTE



La corrosion sous contrainte (CSC) résulte de l'action conjuguée d'une contrainte mécanique en tension, et d'un milieu agressif vis-à-vis du matériau, chacun de ces facteurs pris séparément n'étant pas susceptible à lui seul d'endommager la structure.

Les domaines concernés : <ul style="list-style-type: none"> Industrie hydroélectrique Industrie chimique Industrie nucléaire Industrie automobile Industrie remontées mécaniques Industrie du pétrole et du gaz Industrie aérospatiale 	Le phénomène : <ul style="list-style-type: none"> Contrainte interne, laminage soudage cintrage Contrainte externe, traction pression chaleur Fissuration perpendiculaire à la contrainte Présence de produits corrosifs Corrosion dans les fissures Fissuration transgranulaire T ou intergranulaire I Dissolution par glissement 	Les moyens de contrôle : <p>Uniquement réalisable lorsque des dégâts sont déjà présents.</p> <ul style="list-style-type: none"> Microscope optique et électronique Sonde à ultrason, échographie Sonde par courant de Foucault Rayons X Analyse chimique
L'évolution : <ul style="list-style-type: none"> Incubation Initiation intra ou intergranulaire Fragilisation Propagation 	La nature du matériau influence la CSC : <ul style="list-style-type: none"> La composition du métal L'orientation des grains La composition et répartition des précipités Les dislocations et les traitements thermiques 	

Les milieux susceptibles de provoquer la CSC sont très variables et dépendent des matériaux utilisés :

Métaux et alliages	Milieu (HT : haute température)	Fissuration
Aciers au carbone	NaOH, KOH, solution OH- et H ₂ S, nitrates, H ₂ SO ₄ , HNO ₃	I
Aciers inox	Solution aqueuse halogénées, Eau de mer, MgCl ₂ NaOH, KOH, H ₂ O HT Acides H ₃ BO ₃ , H ₂ SxO ₆	T I (et T) I
Cu et alliage laiton α ou α-β Cu-Sn Cu-Ni Cu-Al	NH ₃ (vapeurs et solutions) H ₂ O liquide ou vapeur Amines	T à bas pH I à pH neutre
Nickel et alliages	NaOH (solutions ou soude fondue) H ₂ O liquide ou vapeur	I
Titane et alliages	CH ₃ OH, HCl, eau de mer, HNO ₃	I (et T)
Magnésium et alliages	Cl + H ₂ O, KHF ₂ , NaCl+K ₂ CrO ₄ ...	T ou I
Al et alliages Al-Cu Al-Mg Al-Zn	NaCl+H ₂ O : eau de mer, air humide, vapeur d'eau, Solution chlorurées oxydantes...	I I

Pour faire simple :

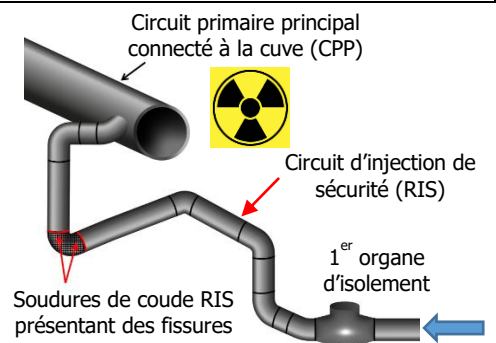
Exemple de fissuration par CSC causée par la tension exercée par un collier de renforcement soudé de façon inadéquate. Il s'agit souvent d'un problème de surchauffe lors de la réalisation de la soudure.

Cas particulier dans les réacteurs nucléaires :

La CSC provient de la composition chimique et radioactive du fluide primaire avec notamment l'acide borique. Le bore, agent neutrophage (capteur de neutrons), permet de contrôler la radioactivité. Cette ambiance corrosive affecte donc tout le circuit primaire, pourtant constitué d'acier inox. Pourquoi frappe-t-elle particulièrement les coudes du circuit RIS ?

Pas de réponse pour l'instant : l'enquête suit son cours.

Des fissures sont observées sur deux types de circuits, le circuit d'injection de sécurité (RIS) et le circuit de refroidissement à l'arrêt (RRA), tous deux en lien avec le circuit primaire. Fin octobre 2022, ce sont 24 sur 58 réacteurs qui sont à l'arrêt. Étonnamment, ces fissures ne sont pas liées au vieillissement du parc, dont une partie importante est en train de dépasser les 40 ans d'exploitation. Ce sont au contraire les centrales les plus récentes qui sont les plus touchées en raison de leur conception. Les difficultés de réparation sont très importantes vu que l'on se trouve en secteur radioactif. Il pourrait être nécessaire de remplacer la tuyauterie défectueuse, dans ce cas il faudra gérer des déchets radioactifs. Lu dans la presse : *Des entreprises travaillant à la remise en état des réacteurs affectés par des problèmes de corrosion d'EDF envisagent de relever les limites de radioactivité auxquelles certains de leurs techniciens sont susceptibles d'être exposés afin d'aider le groupe à tenir ses délais. !?!*



Les gaines en alliage de zirconium (Zircaloy) des crayons de combustible, au plus proche de la radioactivité, sont également soumis à une CSC. Il faut savoir qu'un réacteur EPR contient 241 assemblages de 265 crayons, soit 63'865 unités. Au cœur du réacteur, les conditions d'exploitation sont très sévères. L'association iode et radioactivité est particulièrement corrosif. La fissuration initialement intergranulaire se propage par quasi-clivage.



Température : 330 à 550 °C
 Pression : 150 bars
 Radioactivité
 U enrichi 3% : 60 Bq/mg
 MOX : 600'000 Bq/mg
 Iode ¹³¹I : 4,6 • 10¹² Bq/mg

L'iode est produit par la fission de l'uranium et du plutonium.