

# Le derouging: Kezako

Dr. Otmane Zerzouf

Int. Sales Manager Life Sciences

Borer Chemie AG

29.03.2014



# Agenda

---

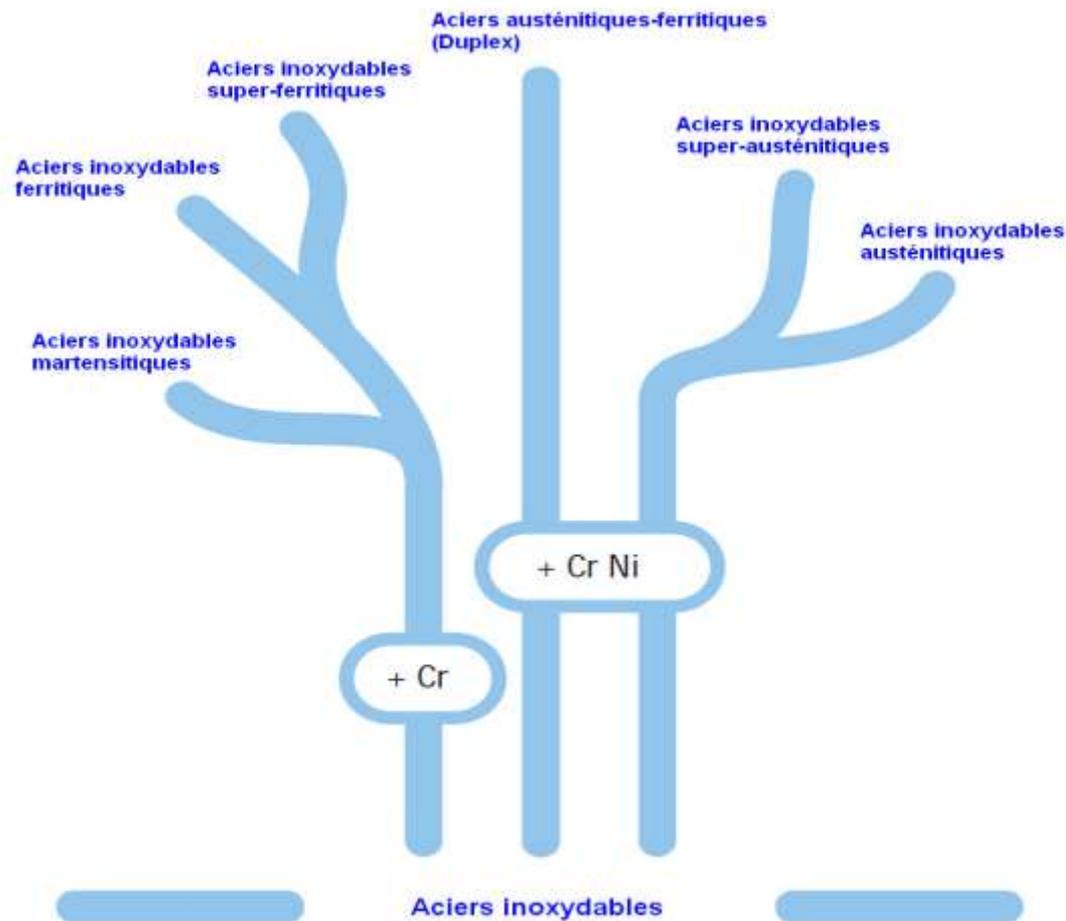
- ✓ Acier inox (inox)
  - ✓ Composition
  - ✓ Les classes de l'inox
  - ✓ Corrosion
  - ✓ Passivation
  
- ✓ Le phénomène de Rouge
  - ✓ Définition
  - ✓ Les classes de Rouging
  - ✓ Les facteurs de risque
  
- ✓ Retour d'expérience
  - ✓ Les autoclaves

# Composition de l'acier inox

---

- ✓ Alliage à base de fer, carbone et chrome
  - ✓ Carbone (C): < 2 %. La dureté de l'inox
  - ✓ Chrome (Cr): au moins 10.5 %. Augmente la résistance à la corrosion
  - ✓ Fer (Fe): de 50 à 85 %
- ✓ Les additifs
  - ✓ Manganèse (Mn): stabilisateur, augmente la dureté
  - ✓ Molybdène (Mo): résistance contre la corrosion par piquûre
  - ✓ Nickel (Ni): stabilisateur
  - ✓ Phosphore (P): résistance contre la corrosion et augmente la dureté
  - ✓ Silicium (Si): augmente la résistance à l'oxydation
  - ✓ Azote (N): contribue à la stabilité

# Les classes de l'inox



# Les classes de l'inox

---

- ✓ Aciers inoxydables **ferritiques**
  - ✓ De 11 à 17 % de chrome
  - ✓ Faible contenu de carbone
  - ✓ Thermiquement non Traitable
  - ✓ Magnétique, résistant à la corrosion atmosphérique, robustesse modérée
  - ✓ Application: soupapes magnétiques, lames de rasoir, intérieur de voitures

# Les classes de l'inox

---

- ✓ Aciers inoxydables martensitiques
  - ✓ De 12 à 18 % de chrome
  - ✓ Moyen contenu de carbone
  - ✓ Caractéristiques: résistance élevée à la corrosion, à T°C élevée et au fluage
  - ✓ Application: scalpels, couteaux, crochets et pinces pour les applications chirurgicales

## Les classes de l'inox

---

- ✓ Aciers inoxydables austénitiques
  - ✓ de 17 à 24 % de chrome
  - ✓ De 0.03 à 0.05 % de carbone
  - ✓ De 8 à 25 % de nickel
  - ✓ De 2 à 4 % de molybdène
  - ✓ Caractéristiques: ductilité élevée, résistance élevée à la corrosion, résistance aux acides oxydants et l'alcali, très bonnes propriétés de formage à froid
  - ✓ Application: vis, boulons et implants, application à basse T°C dans l'industrie chimique, pharmaceutique et agroalimentaire

## Les classes de l'inox

---

- ✓ Aciers inoxydables austénitiques-ferritiques (Duplex)
  - ✓ Généralement contenu plus élevé en chrome de 21 à 24 %
  - ✓ Contenu faible en carbone
  - ✓ Contenu plus faible en nickel (de 4 à 6%) que dans les aciers austénitiques
  - ✓ Molybdène de 2 à 3 %
  - ✓ Caractéristiques: résistance à la fatigue dans les médias corrosifs, bonne résistance contre la corrosion sous contrainte
  - ✓ Application: équipement pour l'industrie chimique, environnementale et off-shore, l'architecture

# La corrosion

---

La corrosion est une interaction chimique ou électrochimique d'un métal avec son environnement, qui provoque un changement non désirable dans les propriétés du métal

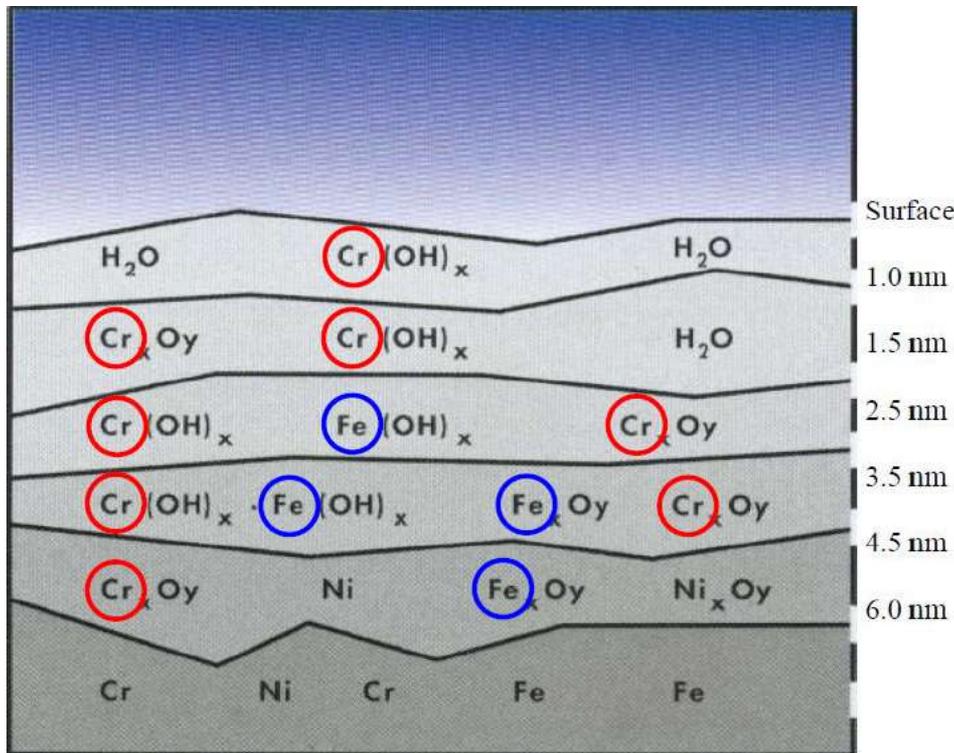
- ✓ Types de corrosion
  - ✓ La corrosion généralisée
  - ✓ La corrosion par piqûres
  - ✓ La corrosion sous contrainte
  - ✓ La corrosion intergranulaire
  - ✓ La corrosion caverneuse
  - ✓ La corrosion galvanique ou de contact

# La biocorrosion

- ✓ La biocorrosion: MIC **M**icrobially **I**nfluenced **C**orrosion
- ✓ Réfère à l'influence des microorganismes sur la cinétique du processus de la corrosion des métaux, qui est causée par les microorganismes (biofilm) adhérant sur la surface



# La passivation



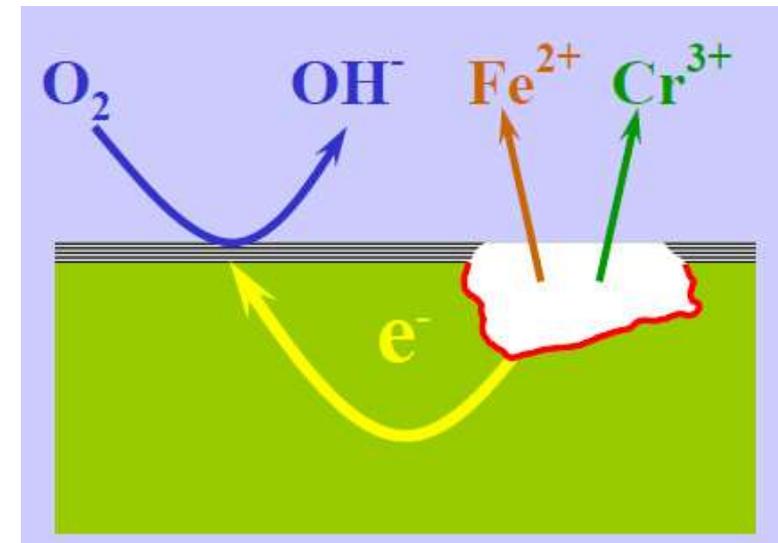
Structure de base de la matrice métallique à la surface

- ✓ L'inox est thermodynamiquement instable. Il tend vers l'état d'oxyde (plus stable)
- ✓ À la surface se forme un film passif enrichi en chrome (Cr-oxyde) → la couche passive
- ✓ Le rapport  $Cr_xO_y / Fe_xO_y > 1$
- ✓ C'est une couche régulière et homogène d'une épaisseur de 2 à 5 nm
- ✓ Cette couche est invisible, perméable aux  $e^-$  et imperméable aux ions
- ✓ la couche passive apparaît de façon
  - ✓ Naturelle à l'air après 24 h minimum. La surface doit être propre, sèche et exempte de traces d'huile, de graisse ou de contaminants
  - ✓ Soutenue par traitement oxydant à l'acide

# Le phénomène du rouge

Qu'est ce que c'est le rouge?

- ✓ Visible à l'œil nu
- ✓ Résulte de la détérioration de la couche passive →  $\text{Cr}_x\text{O}_y / \text{Fe}_x\text{O}_y \leq 1$
- ✓ La couche passive devient perméable aux ions → diffusion dans le film passif d'oxydes et d'hydroxydes de fer, infiltrés ou formés par échange avec le chrome
- ✓ Se traduit au départ par la perte de la brillance de la surface
- ✓ Se compose de:
  - ✓ 65 à 75 % d'oxyde de Fer ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )
  - ✓ 15 à 20 % d'oxyde de Chrome
  - ✓ 10 à 15 % d'oxyde de Nickel



## Les types du rouge

D'après Tverberg et al., il y'a trois classes qui permettent une classification du rouge

✓ Classe I:

- ✓ Rouge migrant, essuyable, d'origine externe
- ✓ Non adhérent à la surface de coloration d'orange à rouge-orange
- ✓ La couche passive est intact (pas le siège de la corrosion)
- ✓ La forme la plus présente est l'oxyde de fer (FeO)



Les contraintes de retraitement en fonction des matériaux

# Les types du rouge

- ✓ Classe II:
  - ✓ Rouge non essuyable
  - ✓ Adhérent à la surface qui est siège de la corrosion
  - ✓ Déstabilisation de la couche passive par la présence des halogènes (chlorures)
  - ✓ Coloration: orange, rouge, bleu, violet
  - ✓ La forme la plus présente est l'hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )



## Les types du rouge

- ✓ Classe III (Blacking):
  - ✓ Rouge non essuyable
  - ✓ Adhérent à la surface
  - ✓ Lié à de très forte température
  - ✓ Coloration: violet, noir
  - ✓ La forme la plus présente est la magnétite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) en plus des chlorures métalliques divers



## Facteurs de risque

---

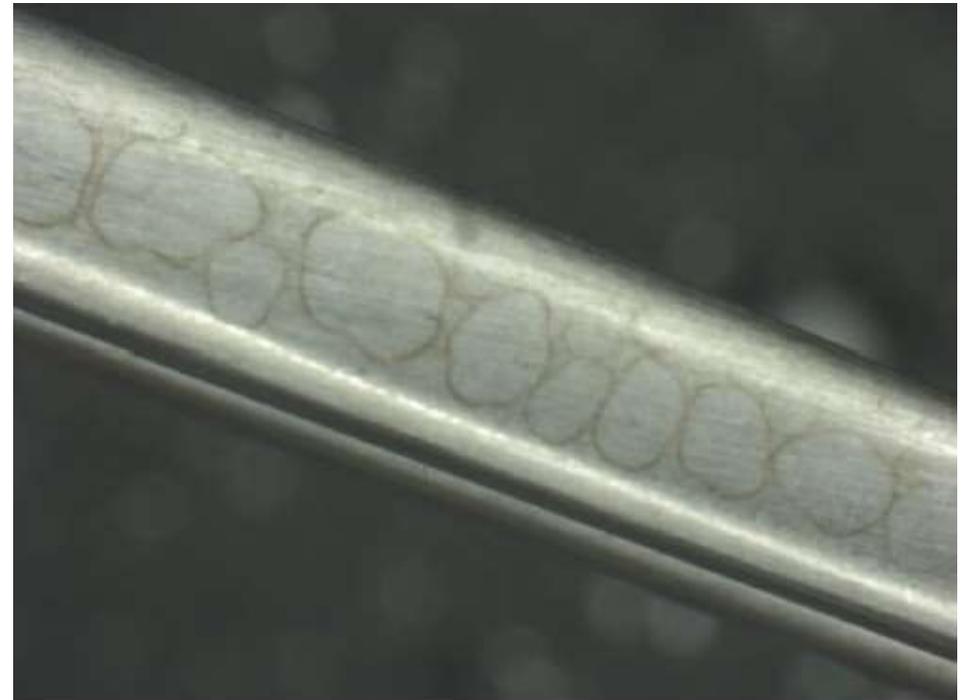
Les paramètres influençant la formation du rouge sont:

- ✓ Hétérogénéité des nuances d'inox
  - ✓ l'inhomogénéité des inox utilisés dans le système
- ✓ Une mauvaise passivation de la surface
- ✓ Un nettoyage insuffisant de l'équipement avant la mise en service
- ✓ Contamination endogène
  - ✓ Présence de résidus: inclusions de soufre ou aluminium
- ✓ Contamination exogène liée au traitement de l'inox
  - ✓ Traitement de la surface: résidus organiques et inorganiques
  - ✓ Mauvais nettoyage de l'équipement avant utilisation

## Facteurs de risque

Les paramètres influençant la formation du rouge sont:

- ✓ Résidus issues des opération de stérilisation: Dépôt par transport de résidus dissous dans la phase de la stérilisation



Les contraintes de retraitement en fonction des matériaux

## Facteurs de risque

---

Les paramètres influençant la formation du rouge sont:

- ✓ Température of medium ( $> 50$  °C): les boucles d'eau chaudes, les générateurs de vapeur pur (GVP), les autoclaves, EPPI
- ✓ La carence en oxygène ( $O_2$ ): une atmosphère pauvre en oxygène favorise l'apparition du rouge
- ✓ La présence du gaz carbonique ( $CO_2$ ): dissous dans l'eau donne l'acide carbonique  $H_2CO_3$

# Les méthodes actuelles de dérouging

---

- ✓ Le décapage
  - ✓ Mécanique: brossage, sablage (silice, granit), grenailage (micros-billes d'acier, verre)
  - ✓ Chimique: utilise typiquement de l'acide nitrique et de l'acide fluodrique
  
- ✓ Electropolissage: le procédé repose sur le principe de l'électrolyse et implique l'écoulement d'un courant au travers d'un électrolyte, souvent une solution d'acide sulfurique et d'acide phosphorique
  
- ✓ Derouging System à pH neutre

# Les méthodes actuelles de dérouging

## Décapage chimique

- ✓ Acide à concentration très élevée
- ✓ Risque élevé pour les opérateurs
- ✓ Grande consommation d'eau et de temps
- ✓ Agressive vis-à-vis de la surface
- ✓ Les eaux doivent être traitées avant rejet
- ✓ Processus par émerision ou par aspersion

## Derouging System à pH neutre

- ✓ Une concentration de 2 à 3 % est suffisante
- ✓ Simple utilisation
- ✓ Gain de temps considérable
- ✓ Préserve la surface
- ✓ Les eaux ne doivent pas être traitées avant rejet
- ✓ Processus par émerision ou par aspersion
- ✓ Grande compatibilité pour les matériaux
- ✓ Rapide et efficace

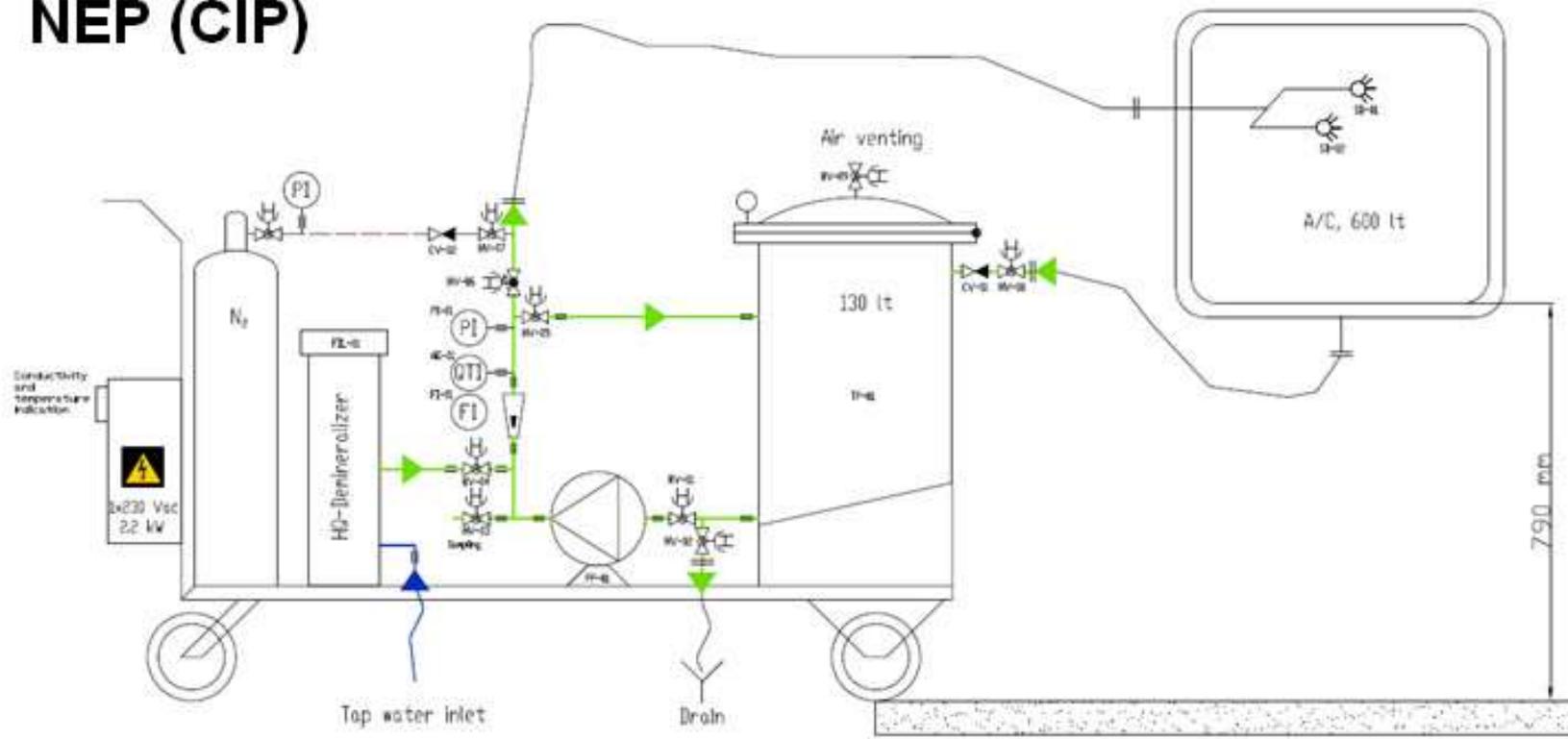
## Electropolissage

- ✓ Parfois le dernier recourt
- ✓ Très efficace
- ✓ Coût très élevé
- ✓ Préserve la surface
- ✓ Nécessite le déplacement de l'équipement

# Retour d'expériences

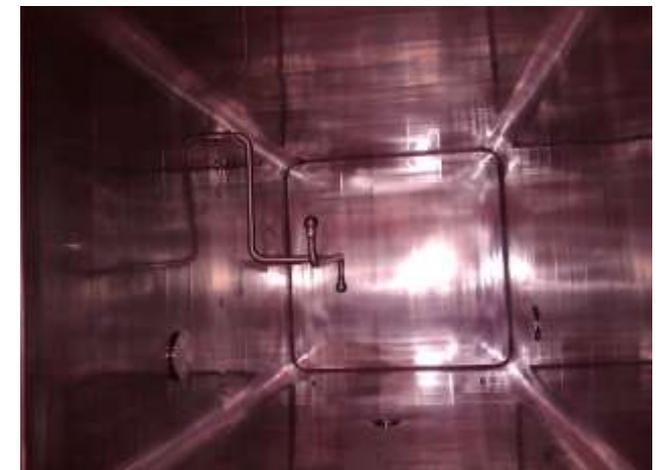
- ✓ Les autoclaves pour les hôpitaux

## NEP (CIP)



# Retour d'expériences

## ✓ Les autoclaves pour les hôpitaux



Les contraintes de retraitement en fonction des matériaux

# Retour d'expériences

## ✓ Les autoclaves pour les hôpitaux



Les contraintes de retraitement en fonction des matériaux

---

Merci pour votre attention