

# LC25 : Corrosion humide des métaux

## Prérequis :

- Réactions d'oxydoréduction
- Diagrammes E-pH
- Courbes i-E
- Electrolyse
- Piles
- Loi de Nernst

Niveau : CPGE

## Bibliographie :

 Cours très intéressant sur la corrosion

[1]

## Rapports de jury :

2017 : *Extrait rapports*

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Principe général de la corrosion</b>	<b>2</b>
1.1	Définitions . . . . .	2
1.2	Aspects thermodynamiques . . . . .	2
1.3	Aspects cinétiques . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Différents types de corrosion</b>	<b>3</b>
2.1	Corrosion dues à l'hétérogénéité du matériau . . . . .	3
2.2	Corrosion dues à l'hétérogénéité du milieu . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Méthodes de protection</b>	<b>4</b>
3.1	Protection par passivation . . . . .	4
3.2	Protection par revêtement . . . . .	4
3.3	Protection par anode sacrificielle . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Idées de manipulations :</b>	<b>6</b>
4.1	Corrosion du Fer en milieu acide . . . . .	6
4.2	Blocage cinétique . . . . .	6
4.3	Electrozingage . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Remarques et questions</b>	<b>8</b>

## Introduction

Les métaux sont des matériaux indispensables pour leurs propriétés particulières (conduction thermique, électrique, propriétés mécaniques) et sont donc très utilisés dans le domaine des transports, pour des bâtiments, de ponts... Toutefois ils sont sujets au phénomène de corrosion.

**Diapo : Image d'une épave** Il s'agit d'une pr occupa ion majeure du point de vue économique et industriel, car 20% de la production mondiale d'acier (ce qui correspond à 20 milliards d'euros par an) ne sert qu'à remplacer ou réparer des installations abîmées par la corrosion.

De manière générale, on imagine la corrosion comme la formation de rouille sur un objet en fer par exemple. On est tous plus ou moins confronté à ce phénomène mais on peut le définir de manière plus générale, comme une altération du métal.

**Diapo : Présentation de la manip à suivre**

**Manip : corrosion du fer dans l'acide**

Par exemple, ici on a la transformation de fer solide en ses ions  $Fe^{2+}$ . On va essayer de comprendre par quel processus chimique cela se passe.

*Problématique : Comment utiliser nos connaissances en oxydoréduction pour comprendre le phénomène de corrosion ? Peut-on s'en servir également pour protéger les métaux ?*

## Proposition de plan :

### 1 Principe général de la corrosion

#### 1.1 Définitions

- Définition de la corrosion (*Tec&Doc PSI, p285*)
- Ecriture générale sous forme de réaction d'oxydoréduction
- Exemple sur le fer (et préciser qu'on avait bien un phénomène de corrosion )
- Différence corrosion sèche et corrosion humide
- Définition de corrosion uniforme et différentielle (=h t rog ne)

**Remarque :** On commence par étudier les aspects généraux de la corrosion. On va tenter d'expliquer ce que l'on a observé pour l'expérience introductive. On va donc se concentrer sur un exemple simple de corrosion uniforme. *Transition*

#### 1.2 Aspects thermodynamiques

- Convention de tracé
- Diagramme E-pH du fer + définition des domaines
- **Diapo : Diagramme E-pH du fer et domaines**
- Remarque : les domaines sont définis par rapport au diagramme E-pH du métal seul, et donc indépendamment de celui de l'eau.
- Exemples du Zinc aussi
- **Diapo : Diagramme E-pH du zinc et domaines**
- **Diapo : Diagramme E-pH du zinc et diagramme de l'eau**
- A pH=1, les domaines du Zinc solide et de l'eau sont disjoints. Il doit donc y avoir corrosion et dégagement de  $H_2$

— **Manip : Lame de Zinc dans HCl**

*Transition : Dans l'expérience précédente, on aurait dû voir un dégagement gazeux si il y avait corrosion. Or ce n'est pas le cas. On va expliquer cela avec les courbes  $i$ - $E$  (immunité cinétique)*

### 1.3 Aspects cinétiques

Peut être pas nécessaire de faire cette partie (pas le temps) ? Dans ce cas ne pas pas faire la manip de blocage cinétique.

—

— **Animation :**

— Diapo :

**Manip :**

*Transition : La corrosion uniforme est problématique mais en général facilement identifiable. Le problème est qu'il existe aussi de la corrosion différentielle comme on l'a vu au départ et ce genre de corrosion est plus problématique car parfois invisible.*

## 2 Différents types de corrosion

On a déjà vu qu'il existait deux grands types de corrosion différentes. Mais au sein de la corrosion différentielle, il existe aussi plusieurs types de corrosion dues aux plusieurs sources possibles de la corrosion.

On considère uniquement les cas limites, l'un homogène(milieu ou métal) l'autre hétérogène (milieu ou métal), et pas les deux hétérogènes.

### 2.1 Corrosion dues à l'hétérogénéité du matériau

- On étudie par exemple le cas de deux métaux en contact (cas des jonctions dans les canalisations) = corrosion galvanique
- On va considérer le cas du zinc et du fer par exemple, dans une solution aqueuse.
- Terme de pile de corrosion
- Aspect thermodynamique : L'eau peut oxyder les deux mais du point de vue thermodynamique la corrosion est privilégiée sur le zinc
- Diapo : Echelle de potentiels
- Aspect cinétique : les deux métaux sont en contact, donc les électrons peuvent circuler, donc si l'oxydation de l'eau se fait sur le zinc, la réduction peut se faire sur le zinc ou le fer.
- Diapo : courbes  $i$ - $E$  avec fer et zinc, eausur fer et zinc
- Echelle des métaux du moins noble au plus noble
- Diapo : Echelle des métaux
- Autres types de corrosions par hétérogénéité du matériau

*Transition : Même si on est en présence d'un seul matériau, il peut y avoir de la corrosion différentielle*

## 2.2 Corrosion dues à l'hétérogénéité du milieu

- Existe des piles de concentration ? (peut être pas nécessaire d'en parler ici si on ne veut pas prendre trop de temps sur cette partie)
- Aération différentielle : on observe de la corrosion là ou on a la plus faible teneur en oxygène
- En effet si fissure = goutte d'eau par dessus : réduction de l'eau en surface, oxydation du métal en profondeur
- Appelée aussi corrosion cavernueuse : On ne voit pas que le métal s'oxyde

*Transition : On a compris comment il y avait corrosion d'un métal, mais heureusement on connait des méthodes pour protéger nos installations de la corrosion.*

## 3 Méthodes de protection

### 3.1 Protection par passivation

- On a déjà vu les différents domaines. Celui de la passivation est très utile pour protéger qud'n certaines critères sont réunis
- Critères pour une passivation efficace
- Courbe i-E de la passivation

*Transition : Parfois la passivation n'est pas un moyen de protection efficace. Par exemple la rouille ne protège pas le fer de la corrosion. Comment protéger le fer ?*

### 3.2 Protection par revêtement

- Définition de ce type de protection et critères du revêtement
- Peut se faire par peinture, problèmes que cela pose, exemple de la tour eiffel ?
- Possibilité de la protection par un revêtement métallique.
- Comment déposer le zinc
- **Manip : Electrozingage**
- Cas du zinc qui permet aussi de faire anode sacrificielle

*Transition : L'anode sacrificielle est un moyen de protection en soi. comment cela fonctionne-t-il ?*

### 3.3 Protection par anode sacrificielle

- Définition de ce type de protection
- Comparaison avec la corrosion différentielle
- Explication terme anode
- **Diapo : Anode sacrificielle sur un bateau**
- Explication de la vitesse de la corrosion

## Conclusion :

Nous avons mis nos connaissances en oxydoréduction au service de la compréhension d'un des phénomènes nuisibles les plus présents dans la vie quotidienne (Voiture, bateau, grues, ponts, bâtiments, réseau électrique, aviation, électronique...). Cette compréhension va jusqu'à nous offrir des solutions de prévention.

Ouvrir sur des techniques que l'on a pas pu aborder ?

### Autre conclusion :

On a présenté dans cette leçon le phénomène de corrosion humide des métaux et les outils qui permettent de le comprendre en considérant à la fois l'aspect thermo et cinétique. On a mis en évidence expérimentalement différents types de corrosion : galvanique, différentielle. Enfin, face à ce problème des solutions de divers types sont envisageables. Il convient de choisir les plus adaptées.

Par exemple dans le cas du Viaduc de Millau, pont autoroutier à haubans le plus long du monde, on utilise plusieurs systèmes pour le protéger de la corrosion, notamment une technique de déshumidification : système de ventilation d'air sec, récupération des eaux de ruissellement pour ralentir la corrosion humide.

## 4 Idées de manipulations :

### 4.1 Corrosion du Fer en milieu acide

**Objectif :**

Produits	Matériel
Acide chlorhydrique	Lame de fer
Soude	

**En préparation :**

- ✓ Suivre le protocole du diapo

**En direct :**

- ✓ On fait la manipulation, on voit qu'il y a des ions fer donc il y a eu corrosion.

### 4.2 Blocage cinétique

**Objectif :** Montrer le phénomène de blocage cinétique.

Produits	Matériel
acide chlorhydrique à 1mol/L	lame de Zinc
	fil de platine

**En préparation :**

- ✓ On prépare de l'acide chlorhydrique à 0,5mol/L ?
- ✓ On teste la manip ?

**En direct :**

- ✓ On met la lame dans l'acide : pas de dégagement gazeux
- ✓ On ajoute le fil : dégagement gazeux

### 4.3 Electrozingage

**Objectif :** Montrer que l'apport d'énergie électrique (grâce à l'alimentation) permet de former une couche de zinc sur une lame d'acier.

produits	matériel
solution d'acide chlorhydrique à 2 mol/L	lame de zinc
solution de sulfate de zinc à 1 mol/L	2 lames d'acier (1 pour direct, 1 pour préparation ?)
solution de chlorure d'ammonium à 1 mol/L	alimentation avec des câbles (montage électrolyse)
	papier abrasif
	sèche cheveux ou décapeur thermique
	chronomètre

**En préparation :**

- ✓ On frotte la lame d'acier avec le papier abrasif et on la rince abondamment à l'eau. On la sèche.
- ✓ On trempe la lame d'acier dans un bécher de 50mL contenant de l'acide chlorhydrique pendant environ une minute. On doit voir des bulles.
- ✓ On récupère la lame (sans toucher la zone où elle a trempé) on la rince à l'eau puis on la sèche avec du papier absorbant.
- ✓ **On pèse la lame d'acier.**
- ✓ Dans un bécher de 100mL, on introduit 100mL de sulfate de zinc et 120mL de chlorure d'ammonium avec une éprouvette, les quantités exactes ne sont pas importantes ?)
- ✓ On place la lame de zinc et d'acier sur une potence et on les fait tremper dans le bécher contenant les solutions précédentes.
- ✓ On branche le pôle - de l'alimentation sur la lame d'acier (là on veut faire une réduction) et le pôle + sur la lame de zinc (là où on veut faire une oxydation)
- ✓ On impose un courant d'environ 0,40A et on note la valeur exacte du courant qui sera imposé.
- ✓ Une fois le courant imposé on lance un chronomètre.
- ✓ Au bout du temps  $\Delta t$ , que l'on note, on arrête l'alimentation.
- ✓ Sortir la lame d'acier et la sécher au sèche cheveux ou au décapeur thermique.
- ✓ Peser la lame délicatement.
- ✓ On prépare le prochain électrozingage pour le direct :
- ✓ On frotte la lame d'acier avec le papier abrasif et on la rince abondamment à l'eau. On la sèche.
- ✓ On trempe la lame d'acier dans un bécher de 50mL contenant de l'acide chlorhydrique pendant environ une minute. On doit voir des bulles.
- ✓ On récupère la lame (sans toucher la zone où elle a trempé) on la rince à l'eau puis on la sèche avec du papier absorbant.
- ✓ On prépare des béchers des solutions à introduire dans le bécher de l'électrolyse.
- ✓ **On prépare l'alim pour débiter à 0,40A (parce que souvent c'est galère !)**

**En direct :**

- ✓ **On pèse la lame d'acier.**
- ✓ Dans un bécher de 100mL, on introduit 100mL de sulfate de zinc et 120mL de chlorure d'ammonium avec une éprouvette, les quantités exactes ne sont pas importantes ?)
- ✓ On place la lame de zinc et d'acier sur une potence et on les fait tremper dans le bécher contenant les solutions précédentes.
- ✓ On branche le pôle - de l'alimentation sur la lame d'acier (là on veut faire une réduction) et le pôle + sur la lame de zinc (là où on veut faire une oxydation)
- ✓ On impose un courant d'environ 0,40A et on note la valeur exacte du courant qui sera imposé.
- ✓ Une fois le courant imposé **on lance un chronomètre.**
- ✓ Au bout du temps  $\Delta t$ , que l'on note, on arrête l'alimentation.
- ✓ Sortir la lame d'acier et la sécher au sèche cheveux ou au décapeur thermique.
- ✓ Peser la lame délicatement.

**Remarque :** Des explications seront aussi disponibles sur la feuille du protocole de TP associé.

**Compléments :** Il serait plus judicieux de faire la manip entièrement en préparation, pour

avoir des valeurs pour une lame bien sèche (mise à l'étuve) et pour le direct lancer une électrolyse uniquement pour constater les effets (formation de Zn mais aussi surface irrégulière due aux bulles de H<sub>2</sub>). On peut aussi faire le test avec une allumette pour montrer que l'on a bien formé des bulles de H<sub>2</sub>.

## 5 Remarques et questions

**Remarques :**

**Questions :**