

Corrosion humide



Questions de cours

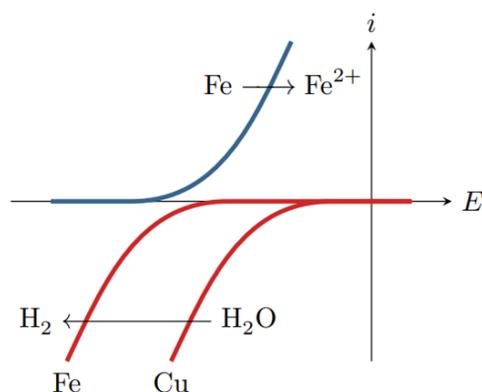
Pour apprendre le cours : vérifiez que vous savez répondre à chaque question.

1. Définir la corrosion humide.
2. Définir les 3 domaines d'un diagramme E-pH de corrosion.
3. Définir le potentiel et le courant de corrosion.
4. Citer des moyens de protéger un métal de la corrosion.



Exercice phare

Exercice 1 - Corrosion dans les circuits d'eau chaude domestiques



Dans une installation de chauffage domestique, la corrosion se manifeste principalement au niveau des jonctions entre les tuyaux en cuivre et les radiateurs en fer ou en fonte, toujours du côté du radiateur. Des phénomènes analogues peuvent avoir lieu dans les chauffe-eau, c'est pourquoi tous les ballons d'eau chaude sont équipés d'une anode de protection permettant des les protéger contre la corrosion.

Données :

- ▷ Potentiels standard : $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}(\text{s})) = 0,34\text{V}$;
 $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}(\text{s})) = -0,44\text{V}$ et $E^\circ(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,37\text{V}$;
- ▷ Messes molaires : $M_{\text{Fe}} = 55,8 \text{ g/mol}$ et $M_{\text{Mg}} = 24,3 \text{ g/mol}$;
- ▷ Constante de Faraday : $\mathcal{F} = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C/mol}$.

1. Justifier que la corrosion attaque le radiateur et non pas la canalisation. Écrire l'équation bilan de la réaction de corrosion.
2. À partir des courbes ci-contre, identifier le métal sur lequel a lieu la réduction de l'eau.

3. Représenter sur un schéma la jonction entre le radiateur et la canalisation. Indiquer le lieu des deux réactions électrochimiques et le déplacement des électrons. Conclure : pourquoi la corrosion se manifeste-t-elle davantage à la jonction que sur le reste du radiateur ?

Les anodes de protection des ballons d'eau chaude domestique sont souvent faites en magnésium et ont une masse de l'ordre de $m = 500$ g. Elles doivent être remplacées lorsque 75 % de leur masse a été consommée. La durée de vie d'une anode dépend fortement de la dureté de l'eau, mais peut être estimée à environ $\Delta t = 5$ ans pour une eau « moyenne ».

4. Justifier que l'utilisation d'une anode en magnésium permet de protéger le fer de la cuve du ballon d'eau chaude contre la corrosion. Pourquoi est-elle qualifiée d'anode sacrificielle ?
 5. Montrer que l'intensité moyenne du courant de corrosion reçu par l'électrode de magnésium vaut

$$I = \frac{3m\mathcal{F}}{2M_{\text{Mg}}\Delta t}$$

Calculer la valeur numérique.

6. En déduire la masse de fer qui a été épargnée par la corrosion grâce à l'usage de l'anode de magnésium.



Exercices en plus

Exercice 2 - Corrosion du zinc

Le diagramme potentiel-pH simplifié du zinc est donné ci-après pour une concentration en espèces dissoutes $c_0 = 1.10^{-6}$ mol/L. Les espèces prises en compte sont Zn, Zn^{2+} , $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s})$ et $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$.

Conventions de frontière :

- ▷ il y a égalité des concentrations à la frontière entre deux espèces dissoutes ;
- ▷ à la frontière entre une espèce dissoute et une espèce solide, la concentration de l'espèce dissoute est prise égale à la concentration de tracé c_0 .

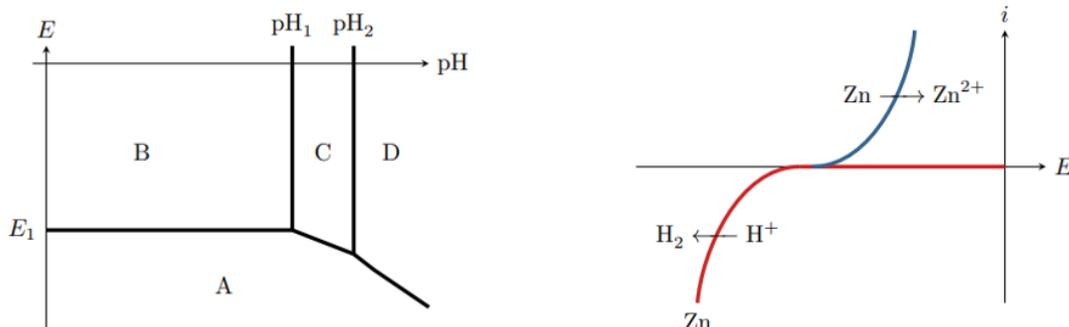
Données :

- ▷ Potentiels standard

Couples	Zn^{2+}/Zn	$\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s})/\text{Zn}$	$\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}/\text{Zn}$
E° (V)	-0,76	-0,42	0,46

- ▷ $\text{p}K_s(\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}) = -16,3$

- ▷ La réaction $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{HO}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ a pour constante d'équilibre $K^\circ = 10^{-1,64}$



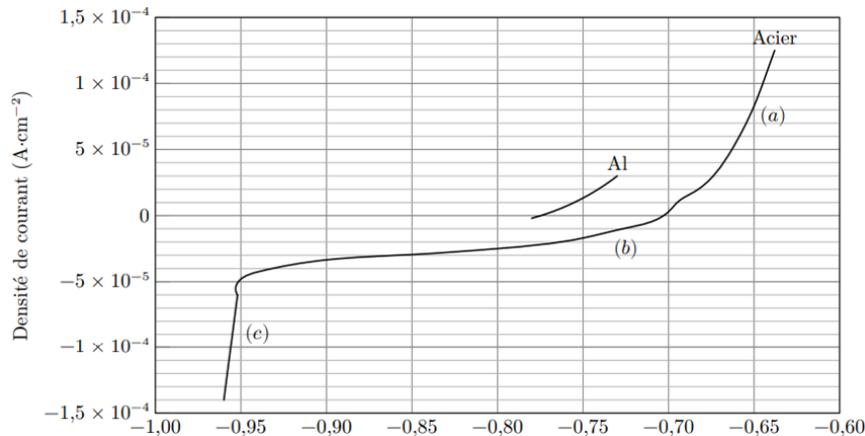
1. Placer les différentes espèces sur ce diagramme, en justifiant. Identifier les domaines d'immunité, de corrosion et de passivation du zinc.
2. Retrouver les valeurs remarquables du diagramme (E_1 , pH_1 et pH_2) et les pentes des droites frontières A/C et A/D.
3. Compléter le tracé en ajoutant la frontière relative au couple H_2O/H_2 et en précisant la zone de prédominance de chacune des deux espèces.
4. Une tôle en acier électrozinguée est plongée dans une solution désaérée à pH 6. Montrer à l'aide du diagramme $E-pH$ que l'on s'attend à observer un dégagement gazeux. Écrire la réaction mise en jeu.
5. En réalité, aucun dégagement n'est observé. Expliquer ce constat à l'aide de la courbe intensité-potentiel donnée.
En supposant rapide l'oxydation du zinc, dans quel domaine se situe le potentiel pris par la tôle?



Exercice pour aller plus loin ***

Exercice 3 - Cinétique de la corrosion de l'acier

On réalise une expérience de corrosion d'une pièce d'acier plongeant dans une solution modélisant le milieu marin. On donne la courbe ci-dessous :



1. Quelles sont les réactions électrochimiques se produisant sur les portions repérées par les lettres (a), (b) et (c)?
2. Estimer numériquement le surpotentiel cathodique associé au couple H^+/H_2

Pour protéger de la corrosion la coque en acier inoxydable d'un bateau, on lui associe une anode sacrificielle en aluminium. L'aluminium s'oxyde en Al^{3+} .

Sur la courbe donnée précédemment, on a représenté la courbe densité de courant-potential anodique d'une pièce d'aluminium dans les mêmes conditions.

3. Afin de décrire les phénomènes se produisant lorsque l'acier en contact avec l'aluminium est laissé à l'abandon dans un milieu marin reproduire le schéma donné en fin d'exercice et placer dans chaque cadre rectangulaire le nom d'une espèce physico-chimique.

On suppose que les pièces d'acier et d'aluminium présentent la même surface active et que les réactions électrochimiques s'y répartissent uniformément.

4. Estimer numériquement la densité de courant de corrosion j_{corr} associée à cette situation en A.cm^{-2} .

Dans ces conditions, une certaine épaisseur Δe_{Al} d'aluminium est consommée pendant une durée Δt .

5. Déterminer l'expression de $\Delta e_{\text{Al}}/\Delta t$ en fonction de j_{corr} , \mathcal{F} , ρ_{Al} , M_{Al} puis calculer numériquement l'épaisseur d'aluminium consommée en une année.

