ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2021

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

14-MT-A7 CORROSION ET OXYDATION

<u>Question 1</u> (20 points)

a) - Citez deux exemples montrant l'utilité de l'utilisation de la corrosion galvanique ? (4 points)

b) - À partir de la série galvanique représentée dans le Tableau 1, citez trois métaux ou alliages pouvant être utilisés pour protéger le nickel dans l'état actif ? (3 points)

c) - Il arrive que la corrosion galvanique soit empêchée en réalisant un contact électrique dans un couple métal/métal et un troisième métal qui lui est anodique comparativement aux deux premiers. En utilisant la série galvanique, nommez un métal pouvant protéger le couple galvanique cuivre/aluminium ? (4 points)

d) – D'après les courbes, Figure 1, du courant en fonction du potentiel limitées aux zones des éléments présents (cuivre solide, aluminium solide, eau et dioxyde d'oxygène aqueux). Dites si oui ou non ces courbes permettent d'affirmer ou non la corrosion de l'aluminium? (3 points)
Si la réponse est oui; identifiez le métal qui joue le rôle de l'anode et celui qui joue le rôle de la cathode. Si la réponse est non; expliquez alors pourquoi ? (6 points)

Tableau 1- Série galvanique :

Platine	
Or	
Graphite	
Titane	
Argent	↑
Acier inox 316 (passif)	
Acier inox 304 (passif)	
Alliages cuivre-nickel	
Bronze (cuivre-étain)	
Cuivre	Augmentation de l'état inerte (cathodique)
Laiton (cuivre-zinc)	
Inconel (actif)	
Nickel (actif)	
Étain	
Plomb	Augmentation de l'état actif (anodique)
Acier inox 316 (actif)	
Acier inox 304 (actif)	
Fonte	
Fer et l'acier	
Alliages d'aluminium	
Cadmium	↓
Aluminium pur commercial	
Zinc	
Magnésium et alliages de magnésium	

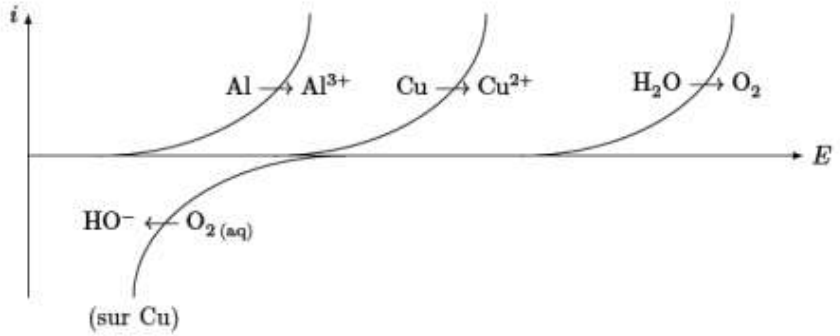

Figure 1- Courbes du courant (potentiel)

<u>Question 2</u> (20 points)

On distingue différents types d'oxydes de magnésium. À titre d'exemples, la magnésie caustique non frittée et réactive obtenue après chauffage entre 700 et 1500°C. La magnésie « grillée » obtenue par chauffage compris entre 1500 et 2000°C qui est destinée à l'industrie des produits réfractaires et est aussi utilisé pour l'obtention du magnésium à l'échelle industrielle. Aussi, la magnésie fondue qui résulte d'un chauffage supérieur à 2800°C, avec une teneur supérieure à 97% de MgO. Pour la question, nous nous intéressons au comportement du magnésium en solution aqueuse.

Le diagramme de Pourbaix du magnésium est représenté à la Figure 2 pour une concentration molaire volumique de $10^{-2}\,\frac{mol}{litre}$.

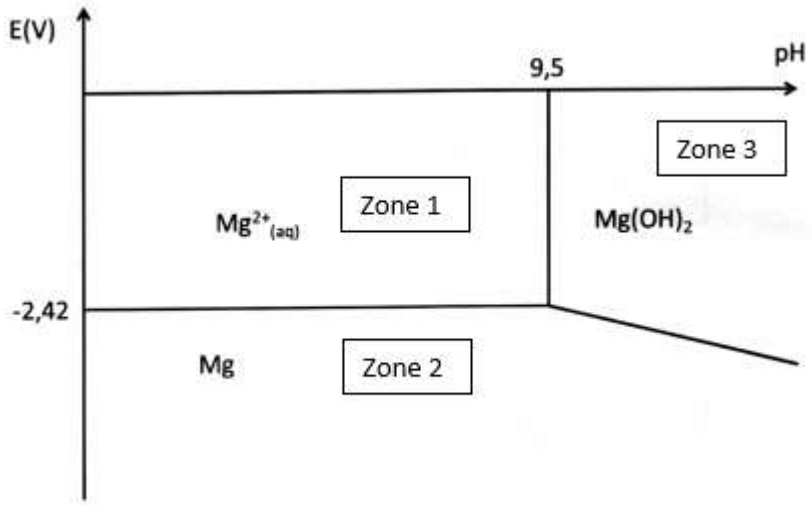

Figure 2- Diagramme de Pourbaix du magnésium

a) – Identifier les trois zones (immunité, passivation et corrosion). Ensuite, expliquer brièvement chaque zones ? (6 points)

b) – Déterminez le potentiel standard du couple Mg^{2+}/Mg d'après le diagramme de Pourbaix de la Figure 2 ? (4 points)

c) – Afin de protéger de la corrosion une canalisation en fonte enfouie dans le sol, une électrode en magnésium lui est reliée. (6 points)

- Expliquez et justifier le rôle joué par cette électrode (anodique ou cathodique) ?

- Écrire l'équation se rapportant à votre choix ?

- Nommez ce type de protection ?

d) – Exprimez théoriquement la durée de vie "x" d'une électrode en magnésium en fonction de sa masse "m", de l'intensité de courant "i" supposée constante, de la masse molaire "M" et de la constante de Faraday "F" ? (4 points)

<u>Question 3</u> (20 points)

Les aciers inoxydables sont particulièrement connus comme étant sensibles à la corrosion par piqûres. Ces piqûres sont de forme cylindrique avec un diamètre ne variant pas, bien que leur profondeur augmente au cours du temps.

a) - En considérant les éléments suivants :

- Le diamètre d'une piqûre égale à 0.03 mm;
- Un courant de corrosion égal à $2x10^{-9}$ Ampères;
- Une masse volumique égale à 8 g/cm^3;
- Une constante de Faraday égale à 96500 Coulomb/mol;
- Une contribution des éléments majoritaires dans l'acier inoxydable austénitique conduisant à une masse molaire de 61.9 g/mol;
- Un nombre d'électron de valence égal à 2.

Calculez au bout de combien de temps (en jours) une piqûre de corrosion aura traversé cette tôle en acier inoxydable austénitique ayant une épaisseur de 3 mm ? (8 points)

b) - Expliquez le principe de la corrosion par piqure ? (6 points)

c) - Proposez des moyens de protection de la corrosion localisée ? (6 points)

<u>Question 4</u> (20 points)

Une pièce d'acier est exposée à une solution neutre saline (H_2O + NaCl) aérée. Les courbes de polarisation dans ce milieu sont représentées à la Figure 3.

a) - Parmi les réactions ci-dessous, identifiez la réaction anodique et cathodique correspondante au cas évoqué dans l'énoncé ? (4 points)

1) $2H^+ + O \longrightarrow H_2O$
2) $Fe \longrightarrow Fe^{++} + 2e^-$
3) $Fe^{++} + 2e^- \longrightarrow Fe$
4) $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$
5) $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$
6) $NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$
7) $Na^+ + e^- \longrightarrow Na$
8) $4H^+ + O_2 + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$

b) - Quelle est la densité du courant de corrosion (en $\mu A/cm^2$)? (4 points)

c) - À quel potentiel est la pièce d'acier lorsqu'elle se corrode? (4 points)

d) - Quelle est la différence de potentiel entre la pièce et la cathode? (4 points)

e) - Si l'on ajoute un inhibiteur cathodique à la solution, lequel des cas de polarisations de la Figure 4 représente cette nouvelle condition ? (4 points)

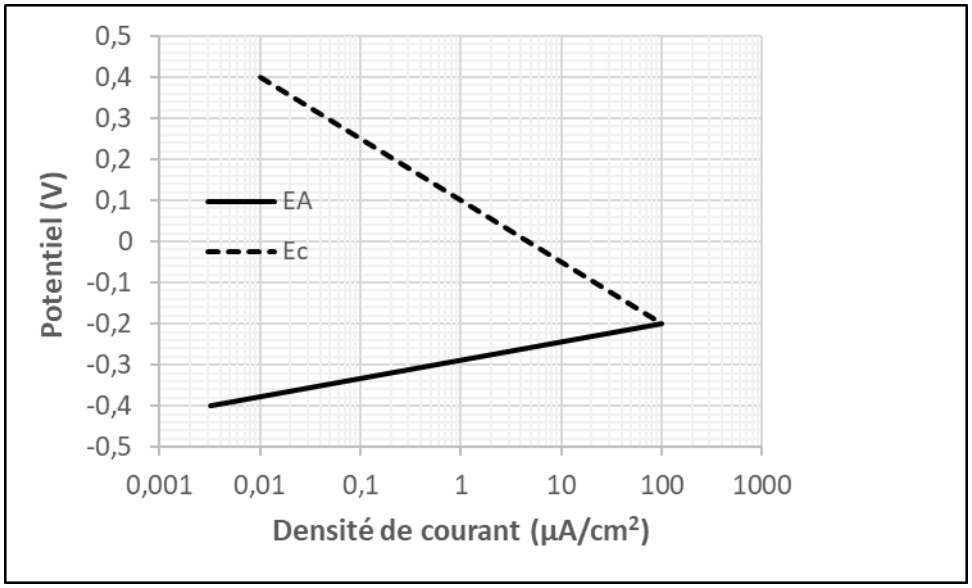

Figure 3- Courbes de polarisation anodique et cathodique

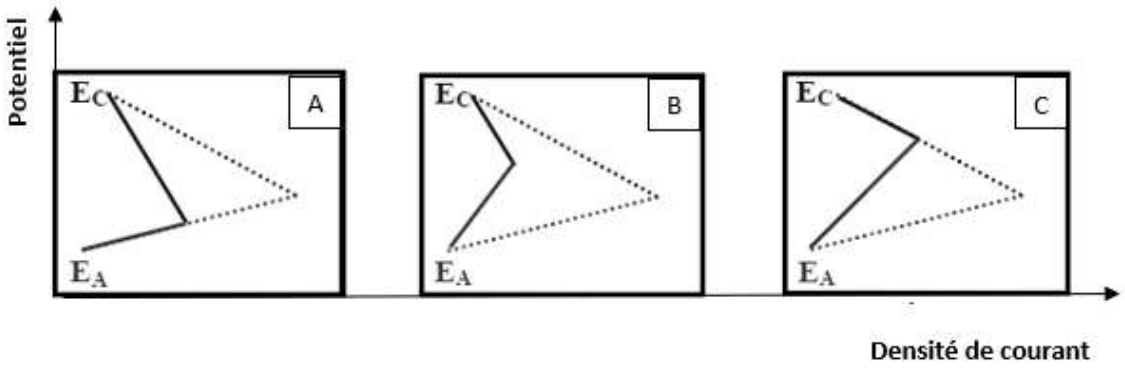

Figure 4- Courbes de polarisation anodique et cathodique avec inhibiteur
(les pointillés représentent le cas sans inhibiteur)

<u>Question 5</u> (20 points)

a) - Il vous est demandé d'accélérer le processus de corrosion d'une pièce en acier utilisé dans un environnement d'eau salée.
Expliquez-la (les) méthode (s) possible (s) afin d'atteindre cet objectif ? (5 points)

b) - Expliquez quelle pourrait être la profondeur maximale ou la perte de masse permise d'un métal qui se corrode dans un environnement donné? (5 points)

c) - Expliquez pourquoi une concentration de 3.5% en poids de NaCl a été considérée comme étant une manière de simuler l'eau de mer dans les tests de corrosion ? (5 points)

d) Quelles conditions causes la corrosion dans les implants métalliques et quelle est l'effet de la passivation sur ces implants ? (5 points)