

Corrosion du fer et du zinc

1. Introduction

On se propose d'étudier la corrosion du fer et du zinc en milieu aqueux neutre en présence de chlorure de sodium (similaire à l'eau de mer). On étudiera tout particulièrement le couplage galvanique entre ces deux métaux.

Matériel et solution :

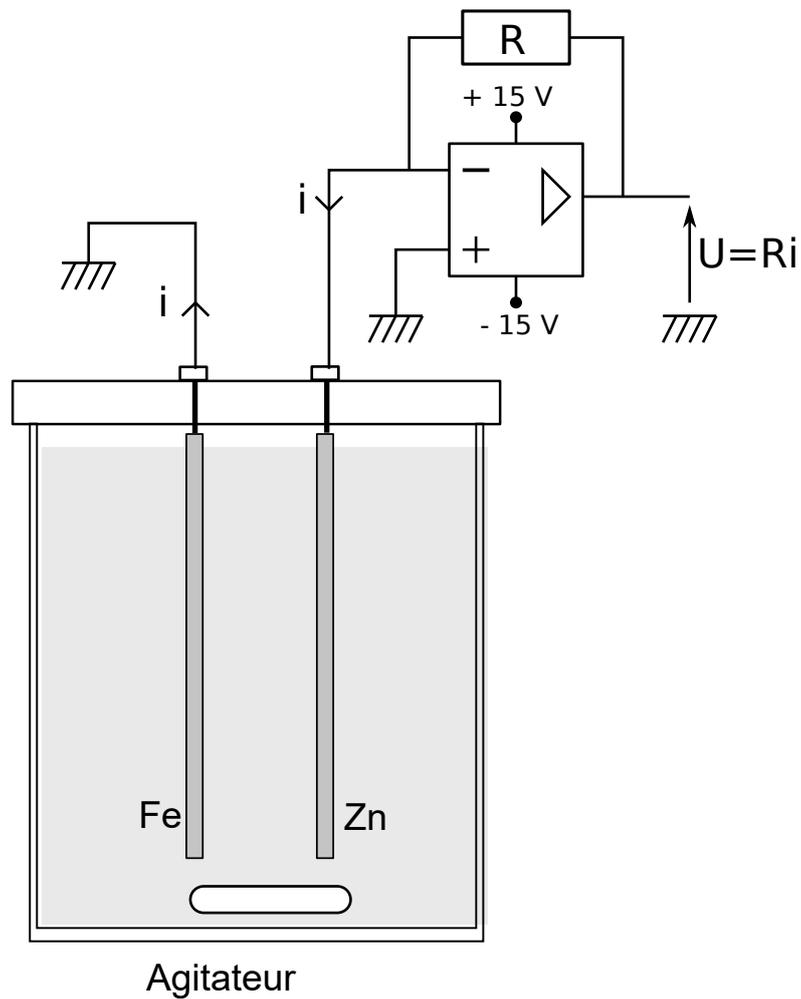
- ▷ Plaques de fer et de zinc sur leur support, nettoyées à l'acide chlorhydrique concentré.
- ▷ Bécher haut de 500 mL.
- ▷ 500 mL de solution de NaCl à $30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.
- ▷ Multimètre portable.
- ▷ Potentiostat avec carte SysamSP5.
- ▷ Électrode de référence AgCl.
- ▷ 4 fils.
- ▷ Agitateur magnétique et barreau aimanté.
- ▷ Double décimètre.

Données

- ▷ $E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 = -0,44 \text{ V}$
- ▷ $E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0,76 \text{ V}$
- ▷ $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- ▷ $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- ▷ $\rho(\text{Zn}) = 7,1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
- ▷ $\rho(\text{Fe}) = 7,9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

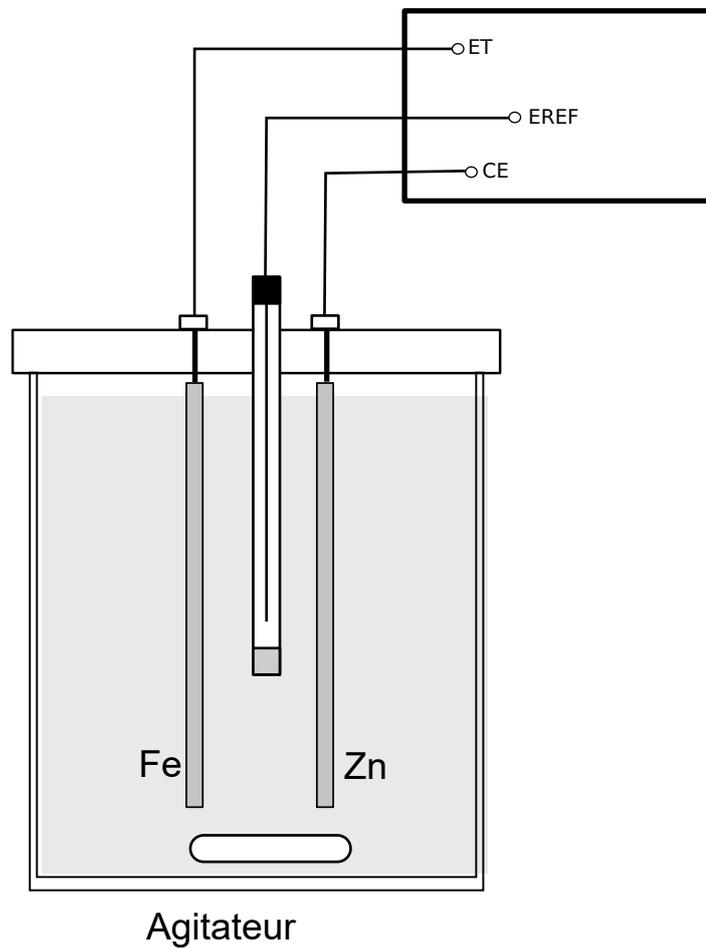
2. Montage expérimental

Le montage comporte deux plaques métalliques, l'une en fer, l'autre en zinc. Ces deux électrodes sont immergées dans une solution aqueuse de chlorure de sodium de même concentration que l'eau de mer ($30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$). Le courant de corrosion du couplage galvanique Fer-Zinc est mesuré soit sommairement à l'aide d'un ampèremètre, soit plus précisément à l'aide du montage suivant, qui comporte un amplificateur linéaire intégré :



Les deux électrodes sont mises à la masse, ce qui revient à les court-circuiter. L'intensité du courant de court-circuit i traverse la résistance $R = 100 \Omega$. La tension mesurée en sortie est $U = Ri$, ce qui permet d'obtenir l'intensité i .

Pour le tracé des courbes courant-potentiel, une électrode de référence au chlorure d'argent est placée entre les deux plaques. Dans un premier temps, on utilise le potentiostat pour obtenir la courbe de polarisation du fer. L'électrode de travail est la plaque de fer, la contre-électrode est la plaque de zinc.



Pour tracer les courbes courant-potentiel, on utilisera le script suivant (à compléter) :

```
import numpy
import matplotlib.pyplot as plt

plt.figure()
[E,I,U] = numpy.loadtxt("polarisation-Fer.txt",unpack=True,skiprows=1)
plt.plot(E,I,"k-")
plt.xlabel("E (V)")
plt.ylabel("I (mA)")

plt.show()
```

3. Couplage galvanique

Plonger les plaques métalliques dans le bécher rempli de 500 mL de la solution de chlorure de sodium. Déterminer l'aire des surfaces immergées (en négligeant la tranche).

Mesurer la différence de potentiel en circuit ouvert entre les deux électrodes (notée E_v), en notant bien l'électrode de plus haut potentiel. Faire cette mesure avec et sans agitation.

Relier les deux électrodes via l'ampèremètre et relever l'intensité du courant. Faire cette mesure avec et sans agitation.

Mesurer le courant de court-circuit (noté I_{corr}) avec le montage électronique prévu à cet effet. Faire cette mesure avec et sans agitation.

Comment expliquer la valeur inférieure donnée par l'ampèremètre ?

Quelle est l'électrode soumise à une oxydation prépondérante lorsque les deux plaques sont reliées par un fil ?

Calculer la densité de courant de corrosion.

4. Courbes courant-potentiel

On fait tout d'abord l'enregistrement de la courbe courant-potentiel avec l'électrode de travail en fer et la contre-électrode en zinc. L'agitation sera réglée au maximum.

Rechercher la valeur minimale du potentiel (à environ -1 V) permettant d'avoir un courant ne dépassant pas -100 mA.

Effectuer un balayage entre cette valeur et 0 V, à raison de 200 points de 1 secondes. Nommer le fichier : `polarisation-Fer.txt`

Tracer et imprimer la courbe de polarisation du fer.

Écrire la réaction prépondérante sur chacune des différentes parties de la courbe.

Relever le potentiel de corrosion du fer. Quelles sont les réactions sur la pièce en fer lorsque le courant est nul ?

On réalise dans un second temps l'enregistrement de la courbe courant-potentiel avec l'électrode de travail en zinc et la contre-électrode en fer.

Rechercher la valeur minimale du potentiel (à environ $-1,1$ V) permettant d'avoir un courant ne dépassant pas -100 mA.

Effectuer un balayage entre cette valeur et 0 V, à raison de 200 points de 1 secondes. Nommer le fichier : `polarisation-Zinc.txt`

Tracer et imprimer la courbe de polarisation du zinc.

Écrire la réaction prépondérante sur chacune des différentes parties de la courbe.

Relever le potentiel de corrosion du zinc. Quelles sont les réactions sur la pièce en zinc lorsque le courant est nul ?

5. Interprétation

On s'intéresse tout d'abord au cas d'une pièce en fer plongée dans l'eau salée. La courbe de polarisation du fer résulte de la somme de deux courbes courant-potentiel faisant intervenir deux couples différents. Pour cette raison, on parle de potentiel mixte.

Sur la figure représentant la courbe de polarisation du fer, tracer à la main une courbe courant-potentiel plausible pour l'oxydation du fer et une courbe courant-potentiel plausible pour la réduction du dioxygène et de l'eau. Reporter sur la figure le potentiel de corrosion et le courant de corrosion.

Une analyse similaire est faite dans le cas d'une pièce en zinc plongée dans l'eau salée.

Sur la figure représentant la courbe de polarisation du zinc, tracer à la main une courbe courant-potentiel plausible pour l'oxydation du zinc et une courbe courant-potentiel plausible pour la réduction du dioxygène et de l'eau. Reporter sur la figure le potentiel de corrosion et le courant de corrosion.

On s'intéresse à présent au couplage galvanique entre le fer et le zinc, qui se produit lorsque la pièce en fer et la pièce en zinc sont plongées dans l'eau salée tout en étant reliées par un court-circuit (ou une résistance plus ou moins grande).

Imprimer une figure comportant les deux courbes de polarisation, celle du fer et celle du zinc. Placer sur cette figure le potentiel de corrosion réalisé lorsque les deux pièces sont reliées par un court-circuit. En déduire l'intensité du courant de corrosion. Comparer cette intensité à celle mesurée avec l'ampèremètre dans le cas d'une forte agitation. Comment expliquer l'influence de l'agitation sur le courant de corrosion ?

6. Mesure d'un potentiel de corrosion

Le contrôle de la corrosion d'une pièce en fer est fait en mesurant son potentiel à l'aide d'une électrode de référence.

Les plaques de fer et zinc étant non reliées, mesurer à l'aide du voltmètre la différence de potentiel entre l'électrode de fer et l'électrode de référence. En déduire le potentiel de corrosion du fer, sachant que le potentiel de l'électrode de référence est 0,25 V. Comparer à la valeur lue sur la courbe de polarisation. Les plaques de fer et zinc étant reliées par un court-circuit, mesurer à l'aide du voltmètre la différence de potentiel entre l'électrode de fer et l'électrode de référence. En déduire le potentiel de corrosion du fer protégé par le zinc. Comparer à la valeur déduite des courbes de polarisation. Conclure sur l'intérêt de mesurer le potentiel de corrosion.

7. Exercice

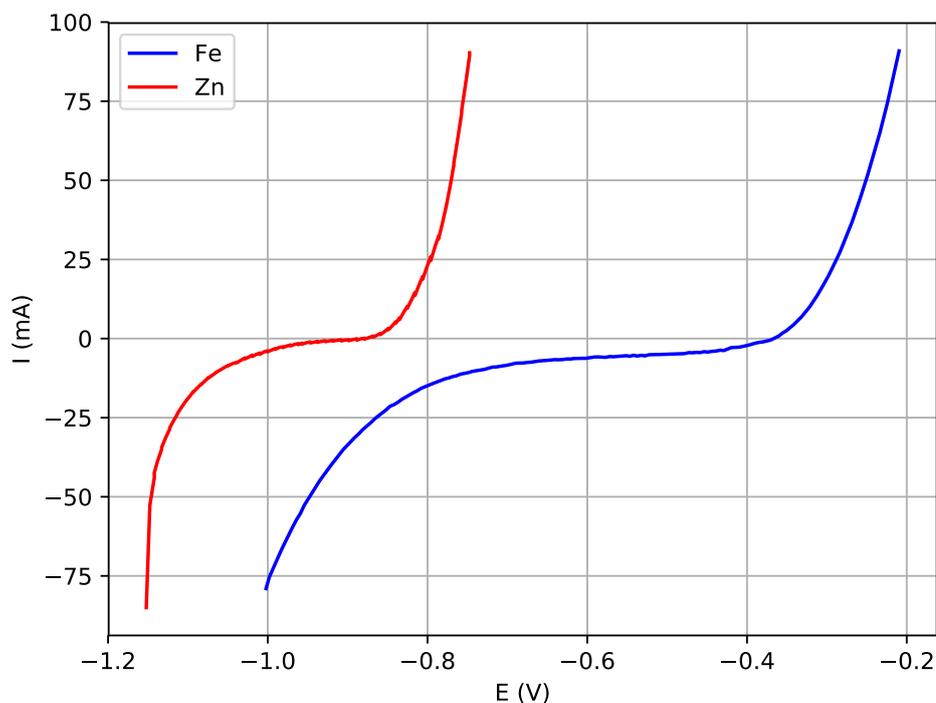
Lorsque les plaques de fer et de zinc sont reliées par un court-circuit, calculer la masse de zinc perdue pendant 1 heure puis l'épaisseur de zinc perdue sur la plaque.

8. Résultats

Voici les courbes de polarisation obtenues pour une surface immergée $S = 70 \text{ cm}^2$.

```
import numpy
from matplotlib.pyplot import *

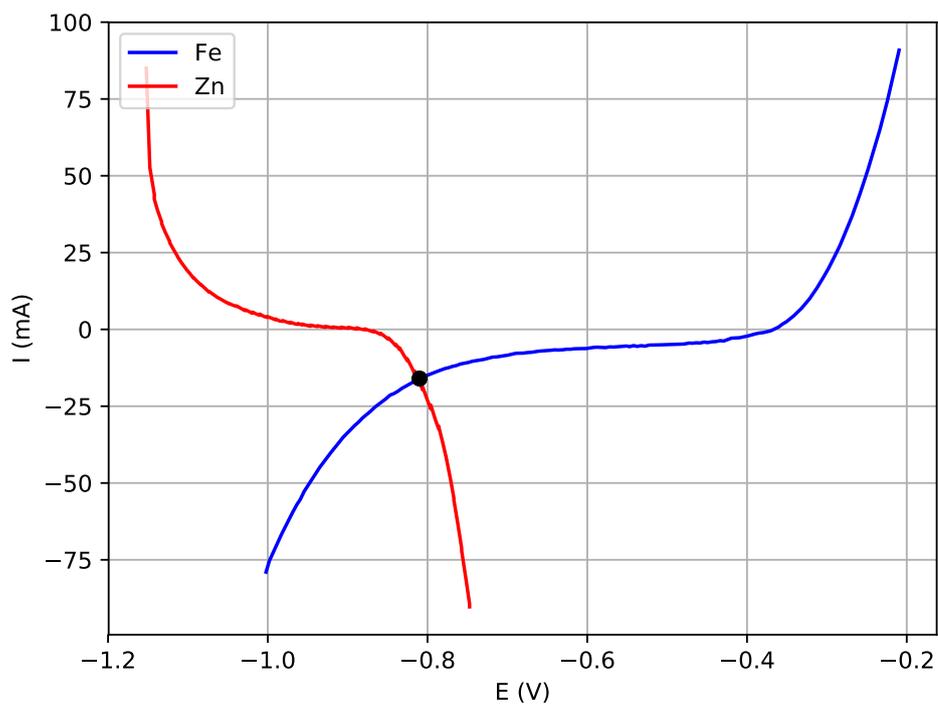
figure()
[E,I,U] = numpy.loadtxt("polarisation-Fer.txt",unpack=True,skiprows=1)
plot(E,I,"b-",label="Fe")
[E,I,U] = numpy.loadtxt("polarisation-Zinc.txt",unpack=True,skiprows=1)
plot(E,I,"r-",label="Zn")
xlabel("E (V)")
ylabel("I (mA)")
grid()
legend(loc='upper left')
```



Le courant de corrosion du zinc lorsque les deux pièces sont reliées par un fil, c'est-à-dire le courant de court circuit, est obtenue en cherchant le potentiel qui réalise deux courant opposés : un courant positif sur la pièce en zinc (oxydation du zinc) et un courant négatif

sur la pièce en fer (réduction de l'oxygène et de l'eau). Ce potentiel peut être obtenue en traçant l'opposé d'une des deux courbes :

```
figure()
[E,I,U] = numpy.loadtxt("polarisation-Fer.txt",unpack=True,skiprows=1)
plot(E,I,"b-",label="Fe")
[E,I,U] = numpy.loadtxt("polarisation-Zinc.txt",unpack=True,skiprows=1)
plot(E,-I,"r-",label="Zn")
plot([-0.81],[-16],"ko")
xlabel("E (V)")
ylabel("I (mA)")
grid()
legend(loc='upper left')
```



On obtient ainsi $I_c = 16$ mA et $E_c = -0,81$ V. Le potentiel de corrosion est beaucoup plus bas que celui de la pièce de fer non reliée au zinc, ce qui indique une corrosion du fer très faible. La densité de courant de corrosion du zinc est $j_c = 0,23$ mA \cdot cm $^{-2}$.