Utilisation du zinc pour la protection contre la corrosion du fer

par J.-M. TOLEDANO
Lycée ORT - 67000 Strasbourg

RÉSUMÉ

On mesure le courant circulant entre du fer et du zinc plongeant dans une même solution, à travers une résistance variable. Pour chaque valeur de courant on relève le potentiel de chaque métal par rapport à une électrode de référence.

Ces mesures permettent de tracer les courbes intensité-potentiel et de mesurer le procédé à anode sacrificielle.

1. INTRODUCTION

Les nouveaux programmes de deuxième année de classe préparatoire (MP, PC, PSI) prévoient l'étude de la corrosion en chimie et l'étude des courbes intensité-potentiel. Nous proposons ici une manipulation simple, qui peut être utilisée en cours ou en TP, illustrant ces notions dans le cas prévu au programme : le fer et le zinc, et permettant une étude quantitative du procédé à anode sacrificielle.

2. MONTAGE

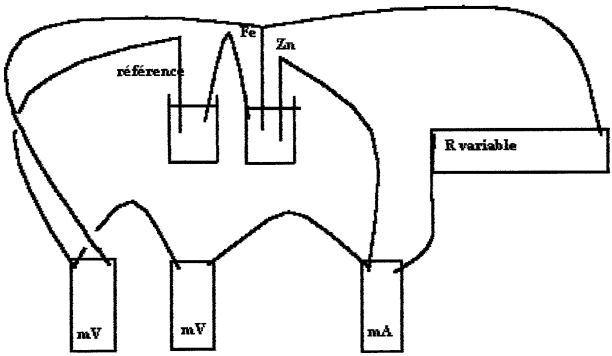
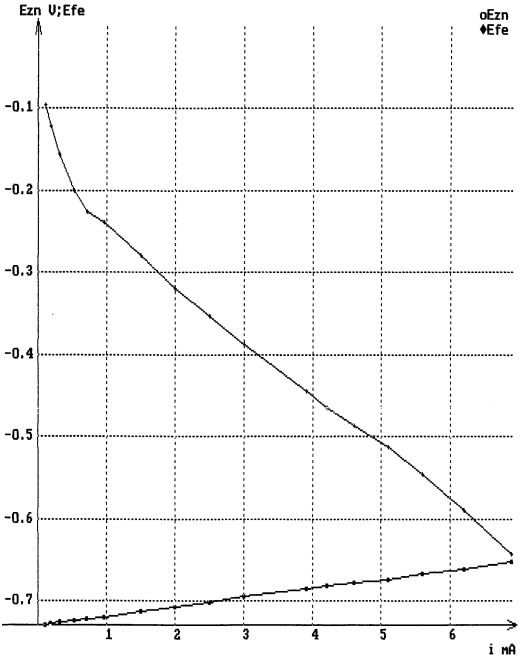


Figure 1

On plonge les électrodes de fer (en fait un gros clou) et de zinc (bien décapé au papier de verre) dans de l'eau salée à 3 ‰ (ce qui est comparable, grossièrement, à l'eau de mer. Si vous avez la chance d'habiter près de la mer : prenez-en !). Ces électrodes sont reliées entre elles par l'intermédiaire d'une résistance variable (boîtes en série de 1 MΩ à 1 Ω) et d'un milliampèremètre. D'autre part on mesure avec des millivoltmètres les potentiels respectifs des deux électrodes par rapport à une électrode de référence (électrode au calomel par exemple). Cette électrode peut être soit dans la même solution que les électrodes de travail soit, comme sur la figure 1, dans un autre pot, un pont salin reliant les deux solutions. Enfin une agitation énergique est maintenue dans la solution de travail pour éviter les problèmes de diffusion.

En faisant varier la résistance on fait varier le courant i circulant entre les électrodes, pour chaque valeur de i on relève les ddp correspondantes. En additionnant la valeur du potentiel de l'électrode de référence aux ddp mesurées on obtient E_{Fe} et E_{Zn} les potentiels des électrodes de travail.



x0

corrosion
manip2

x0
CORROSIO 6/ 9/1996
Modélisation
Ezn=b*i+E0zn
b= 11.189 ± 130m E0zn=-729.49 ± 480m
Ecart relatif sur Ezn = 0.08%

x0
CORROSIO 6/ 9/1996
Modélisation
Efe=a*i+E0fe
a=-65.906 ± 2.00 E0fe=-183.56 ± 8.70
Ecart relatif sur Efe = 1.1%

Figure 2

3. RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

Dans le tableau de valeurs U_{Fe} et U_{Zn} désignent les ddp (changées de signe par commodité) par rapport à une électrode de référence au sulfate mercureux (potentiel par rapport à l'ENH : 658 mV) ; i est le courant allant du fer vers le zinc.

U_{fe}	U_{zn}	i	E_{fe}	E_{zn}
mV	mV	mA	mV	mV
754.00	1.3870 k	102.00 m	– 96.000	– 729.00
779.00	1.3860 k	189.00 m	– 121.00	– 728.00
815.00	1.3840 k	316.00 m	– 157.00	– 726.00
859.00	1.3810 k	521.00 m	– 201.00	– 723.00
884.00	1.3790 k	705.00 m	– 226.00	– 721.00
897.00	1.3770 k	965.00 m	– 239.00	– 719.00
937.00	1.3710 k	1.5000	– 279.00	– 713.00
978.00	1.3650 k	2.0000	– 320.00	– 707.00
1.0100 k	1.3600 k	2.5000	– 352.00	– 702.00
1.0460 k	1.3530 k	3.0000	– 388.00	– 695.00
1.1030 k	1.3430 k	3.9000	– 445.00	– 685.00
1.1230 k	1.3400 k	4.2000	– 465.00	– 682.00
1.1450 k	1.3360 k	4.6000	– 487.00	– 678.00
1.1700 k	1.3310 k	5.1000	– 512.00	– 673.00
1.2040 k	1.3250 k	5.6000	– 546.00	– 667.00
1.2470 k	1.3190 k	6.2000	– 589.00	– 661.00
1.3010 k	1.3100 k	6.9000	– 643.00	– 652.00

La modélisation (avec Orphy) donne les résultats suivants (voir courbe figure 2) :

– $E_{fe} = -65{,}9 * i - 183{,}6$ écart relatif sur E_{fe} : 1,1 %,

– $E_{zn} = 11{,}7 * i - 729{,}4$ écart relatif sur E_{zn} : 0,08 %.

Pour le zinc on trouve une droite qui a une pente assez faible ce qui illustre bien que le couple Zn^{2+}/Zn est un système rapide. L'ordonnée à l'origine – 0,73 V se rapproche significativement du potentiel standard de Zn^{2+}/Zn qui vaut – 0,76 V [1] pour améliorer ce résultat il faut arriver à éliminer toutes les impuretés pouvant se trouver en surface et disposer d'un morceau de zinc de très grande pureté.

Pour le fer si on obtient à peu près une droite au-dessus de 100 mA par contre entre 0 et 100 mA les points s'écartent nettement. En fait, il faut savoir quel est le couple présent : thermodynamiquement il devrait s'agir du couple H_2O/H_2 ($E^o = 0$ V à pH = 0, ici le pH était environ de 6) mais ce système est beaucoup plus lent que le couple O_2/H_2O ($E^o = 1,23$ V à pH = 0). Dans le cadre de ce simple TP il n'est pas possible de déterminer ce qui se passe exactement.

Dernier point l'intersection des droites nous donne : i = 7 mA et E = 647 mV qui sont respectivement l'intensité de corrosion et le potentiel mixte (potentiel d'équilibre). L'intensité de corrosion nous indique à quelle vitesse l'anode sacrificielle est consommée : 7 mA correspondent à 0,4 g de zinc par jour.

4. VARIANTES

On peut faire varier le milieu de travail (eau douce, eau plus ou moins salée, variation du pH, etc.) et les métaux choisis (le programme de Spé précise Fe et Zn, mais on peut utiliser différents types d'acier). On peut également illustrer des effets de passivation ou des effets de surface (on peut faire varier la surface de travail en recouvrant partiellement l'une ou l'autre électrode avec un vernis ou en trempant plus ou moins l'électrode).

BIBLIOGRAPHIE

[1] CRC Handbook of Chemistry and Physics, Soixante-douzième Édition, 1991-1992.

[2] J. SARRAZIN et M. VERDAGUER : *«L'oxydoréduction - Concepts et expériences»*, Ellipses, page 293.