

Quelques expériences sur la corrosion du fer

TP réalisé en stage « le laboratoire se l'approprier et y enseigner »
par Mme Lindrec et Mrs Leroux et Tanavelle.

L'objectif est de tester et réaliser quelques expériences exploitables en filière Bepa et Bac Pro lors de l'étude de la corrosion. En particulier, il s'agit ici :

- de mettre en évidence la corrosion du fer ;
- de mettre en évidence les facteurs favorisant la corrosion ;
- d'étudier quelques mécanismes de la corrosion ;
- de mettre en évidence quelques systèmes de protection électrochimique contre la corrosion

A- Expérience de mise en évidence de la corrosion du fer

1) Matériel et produit sur la paillasse de l'élève

- un bécher de 250 mL ;
- une lame de fer et une lame de cuivre ;
- papier pour décaper,
- pinces crocodiles ;
- multimètre
- 2 fils de connexion (un rouge et un noir) ;
- du sel cristallisé ;
- une pissette d'eau distillée ;
- deux spatules ;
- un flacon compte-gouttes de phénolphtaléine ;
- du ferricyanure de potassium solide ;
- système de fixation des électrodes.

2) Manipulation

a) Protocole et montage expérimentaux

Introduire dans le bécher :

- 100 mL d'eau distillée environ ;
- 5 spatules de sel ;
- 6 gouttes de phénolphtaléine ;
- une pointe de spatule de ferricyanure de potassium $K_3[Fe(CN)_6]$;

Bien mélanger avec une spatule puis introduire dans le bécher la lame de cuivre et la lame de fer ; les relier respectivement aux bornes mA et COM du multimètre utilisé en ampèremètre.

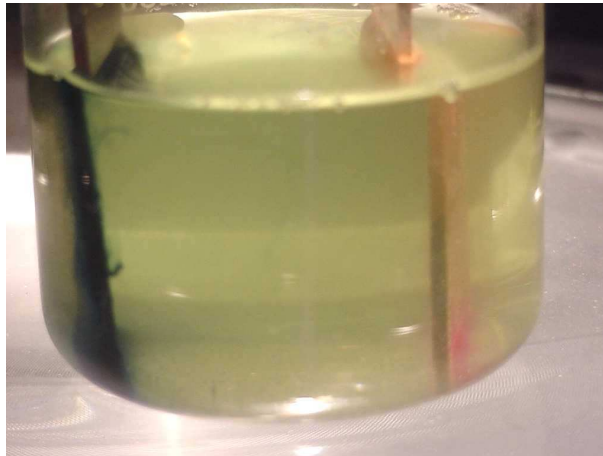
Données :

- la phénolphtaléine vire au rose en milieu basique ;
- le ferricyanure de potassium devient bleu dès l'apparition d'ions fer(II) Fe^{2+} dans la solution

b) Conseils pratiques

- Bien fixer les électrodes une fois pour toutes et laisser agir au moins 30 minutes ; à préparer en début de séance donc ;
- On peut observer le résultat sur un rétroprojecteur ; les couleurs sont davantage visibles.

c) Résultats



Autour de l'électrode de cuivre, la phénolphtaléine vire au rose : le milieu est devenu basique ;

Autour de l'électrode de fer, le ferricyanure de potassium est devenu bleu : des ions Fe^{2+} apparaissent dans la solution.

Un courant faible circule dans le circuit : il y a donc transfert d'électrons.

Le fer s'est oxydé mais on n'observe pas de formation de rouille.

3) Interprétation et conclusion :

Le dispositif expérimental constitue une pile électrochimique car le fer a perdu des électrons qui sont attirés par le pôle + constitué par l'électrode de cuivre, l'électrode en fer constituant alors le pôle -.

L'expérience montre que le fer est oxydé lorsqu'il constitue l'électrode négative.

B) Expérience de mise en évidence de quelques facteurs de corrosion

1) Matériel et produit sur la paillasse des élèves

- 4 petits clous en fer bien décapés ;
- 4 tubes à essais ;
- eau distillée ;
- eau bouillie ;
- chlorure de calcium ;
- sel cristallisé ;
- 4 bouchons pour les tubes à essais ;
- huile ;

2) Manipulation

a) *Protocole et montage expérimentaux*

Dans le tube N°1, introduire un clou et le chlorure de calcium ;

Dans le tube N°2, introduire un clou et de l'eau salée ;

Dans le tube N°3, introduire un clou et de l'eau salée recouverte d'une couche d'huile ;

Dans le tube N°4, introduire un clou et de l'eau bouillie.

Bien reboucher tous les tubes et laisser agir au moins 24 h.

b) *Conseils pratiques*

- Le tube N°1 doit être très bien bouché car on veut de l'air sec seulement au contact du clou ;
- Dans le tube N°2, la tête du clou doit dépasser de l'eau salée car on veut que le clou soit au contact avec l'eau salée mais aussi avec l'air ;
- Dans le tube N°3, il faut que l'eau et l'huile recouvre bien le clou car on veut un contact du clou avec l'eau salée seulement ;
- Le tube N°4 doit être très bien bouché car on veut de l'eau désaérée privée de dioxygène.

3) Interprétation et conclusion



On observe que certains clous se recouvrent de rouille.

L'eau, le sel et le dioxygène sont des agents favorisant la corrosion du fer. En particulier, l'action simultanée du dioxygène de l'air et de l'eau favorise la corrosion du fer. Quant au milieu salin, il accélère le phénomène de corrosion.

C) Expériences illustrant quelques mécanismes de corrosion

1) Matériel et produits sur la paillasse de l'élève

- 3 grands clous (de 4 à 5 cm environ) en fer
- agar-agar en poudre ;
- sel cristallisé ;
- 2 boîtes de Pétri ;
- compte-gouttes de phénolphtaléine ;
- un tube à essais ;
- ferricyanure de potassium solide
- spatules ;

2) **Manipulations**

a) *Protocole et montage expérimentaux*

On prépare les trois clous :

- le premier est déposé tel quel dans une boîte de Pétri ;
- le deuxième est tordu en son milieu et déposé aussi au fond de la seconde boîte de Pétri ;
- le troisième est déposé dans un tube à essai, tête en haut.

On prépare le gel d'agar-agar en portant à ébullition pendant 10 min sous agitation vigoureuse 100 mL d'eau distillée contenant :

- 5 spatules de sel ;
- 3 g d'agar-agar ;

Puis on ajoute 6 gouttes de phénolphtaléine et une pointe de spatule de ferricyanure de potassium.

On laisse refroidir un peu et quand le gel commence à prendre, on verse le mélange dans les boîtes de Pétri de façon à ce que chaque soit entièrement recouvert puis dans le tube à essai en prenant soin de laisser son extrémité supérieure à l'air libre.

On laisse refroidir plusieurs heures.

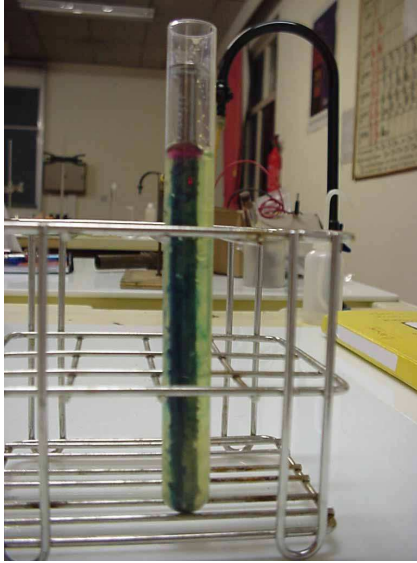


b) *Conseils pratiques*

- il faut utiliser de préférence des clous neufs ;
- pour le clou tordu, il est bon de le tordre plusieurs fois au même endroit ;
- il faut préparer cette expérience plusieurs jours avant si on veut avoir les résultats dans l'heure ; l'expérience est présentable pendant plusieurs jours car la diffusion dans le gel est relativement lente ;

- dans le tube à essai, il est préférable de maintenir le clou immobile jusqu'à la prise du gel.

c) **Résultats**



Au niveau des boîtes de Pétri, on observe :

- une coloration bleue à la pointe et à la tête du clou et, pour le clou qui a été tordu, aux endroits où il a été tordu et où les pinces ont été placées pour le tordre ;
- une coloration rose le long des autres parties du clou.

Au niveau du tube à essais, on observe une coloration bleue autour de la partie profonde du clou et une coloration rose autour de celle située près de la surface du gel.

3) **Interprétation et conclusion**

Il faut se rappeler que la phénolphtaléine permet de visualiser les zones où se produit la réduction de l'eau ou celle de dioxygène car le milieu y devient basique. Et que le ferricyanure de potassium est un indicateur de l'ion Fe^{2+} résultant de l'oxydation du fer.

Ces indicateurs permettent ainsi de montrer que sur une pièce de fer, les zones d'écrouissage important se comporte en pôle - avec oxydation du fer à l'état de fer(II) et que les autres zones agissent en pôle + avec réduction de l'eau et du dioxygène dissous et apparition d'un milieu basique.

Il en est de même au cours du phénomène d'aération différentielle (lorsque le fer est dans un milieu où existe un gradient de concentration en dioxygène) : la corrosion se produit dans les zones les moins oxygénées.

Dans tous les cas, il se forme une micro-pile de corrosion mais il ne peut se former de rouille car la migration des ions est fortement freinée par le gel d'agar-agar.

C) Expérience de mise en évidence de quelques dispositifs de protection contre la corrosion du fer

1) Matériel et produits

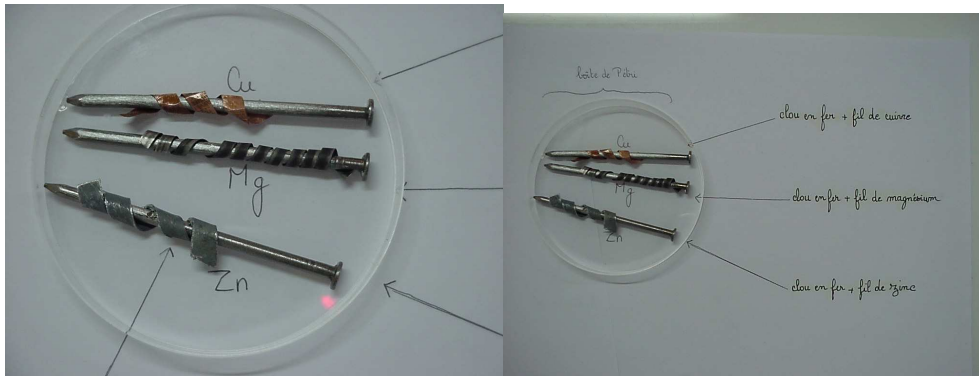
- une boîte de Pétri ;
- trois clou en fer décapés ;
- rubans de cuivre, zinc et magnésium
- eau de Javel.

2) Manipulations

a) *Protocole et montage expérimentaux*

Placer dans la boîte de Pétri trois clous entourés de tortillons de cuivre, zinc et magnésium ;

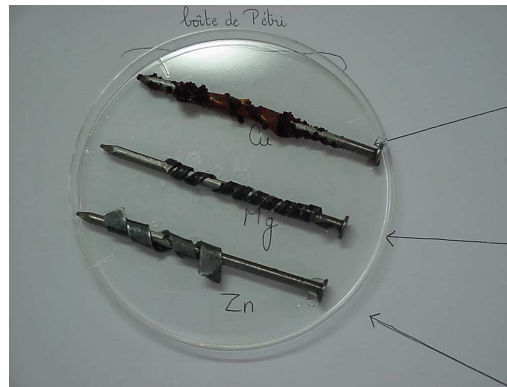
Recouvrir les clous de la solution d'eau de Javel.



b) *Résultats*

Seul le clou entouré de fil cuivre subit une oxydation ; les deux autres restent intacts





3) Interprétation et conclusion

Le fer est attaqué lorsqu'il est associé à un métal moins réducteur que lui comme le cuivre ; par contre, il est protégé par le zinc et le magnésium qui sont des métaux plus réducteurs.

Ainsi, les clous ne sont oxydés que s'ils sont plus réducteurs que le métal avec lequel ils constituent la micro-pile de corrosion.

C'est le principe de protection du fer contre la corrosion par anode sacrificielle ou recouvrement par un métal plus réducteur.