



Frédéric Elie on  
ResearchGate

## Passivation du fer

Frédéric Elie

avril 2006

CopyrightFrance.com

*La reproduction des articles, images ou graphiques de ce site, pour usage collectif, y compris dans le cadre des études scolaires et supérieures, est INTERDITE. Seuls sont autorisés les extraits, pour exemple ou illustration, à la seule condition de mentionner clairement l'auteur et la référence de l'article.*

« Si vous ne dites rien à votre brouillon, votre brouillon ne vous dira rien ! »  
Jacques Breuneval, mathématicien, professeur à l'université Aix-Marseille I, 1980

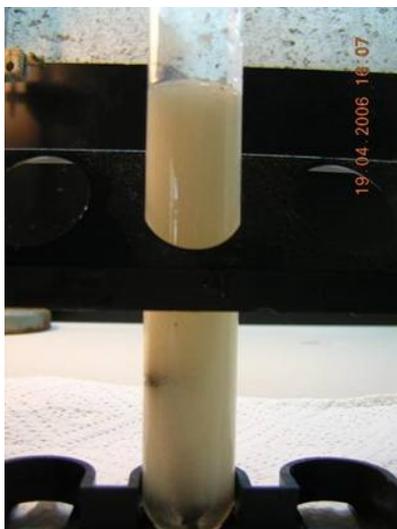
Abstract : on expérimente ici une propriété de la réaction de l'acide nitrique et du fer : le fer est attaqué par l'acide nitrique dilué mais ne l'est plus par l'acide nitrique concentré, car il a été passivé. Le fer est de nouveau attaqué lorsqu'il est mis au contact d'un métal comme le cuivre. Voyons cela...

### SOMMAIRE

- 1 – Manipulation
- 2 - Que s'est-il passé ?
- Bibliographie

### 1 - Manipulation

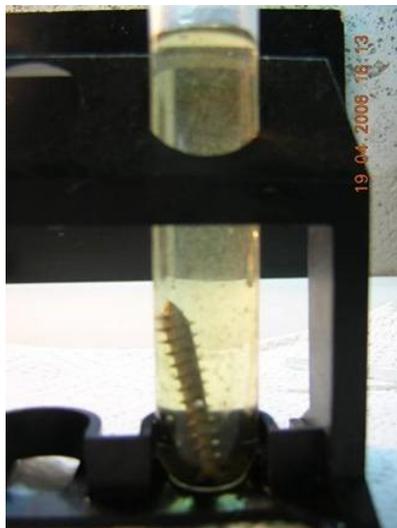
Plonger un clou ou une vis en fer dans de l'acide nitrique dilué (à 50%) : on observe que le clou est attaqué avec dégagement de vapeur nitreuse (oxyde d'azote et dioxyde d'azote notamment, reconnaissable à sa couleur brune). Le clou prend une couleur rouille à cause de la transformation du fer en ion ferrique  $Fe^{3+}$ . Voir photo ci-dessous :



Attaque d'un clou par l'acide nitrique dilué

Préparer dans un autre tube à essai une solution d'acide nitrique concentré. Retirer le clou du premier tube et, après l'avoir bien rincé à l'eau, le plonger dans l'acide concentré. L'attaque s'arrête très rapidement et le clou prend une couleur argentée : c'est une couche d'oxyde qui s'est formée à sa surface.

Lorsqu'on replonge le clou dans l'acide nitrique dilué, il n'est plus attaqué. Voir photo ci-dessous :



*Plongé ensuite dans l'acide nitrique concentré le clou n'est pas attaqué et se recouvre d'une couche d'oxyde. Plongé de nouveau dans l'acide nitrique dilué, il n'est pas non plus attaqué : le clou est passivé*

On dit que le fer a été rendu passif par l'acide nitrique concentré.

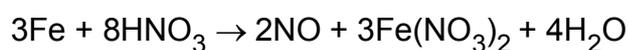
On peut faire cesser cette passivation, et faire reprendre l'attaque du fer, en mettant celui-ci en contact avec un fil de cuivre (photo suivante) :



*L'attaque du fer reprend lorsqu'on touche le clou avec un fil de cuivre*

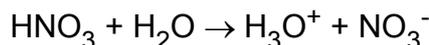
## 2 - Que s'est-il passé ?

Le fer est attaqué par l'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  dilué et froid en dégageant des vapeurs rutilantes (oxydes d'azote) et avec formation de nitrate ferrique :

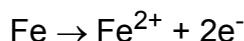


Plus précisément, les réactions sont simultanément réalisées avec l'acide nitrique dilué et froid :

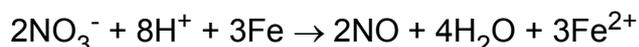
- libération de l'ion nitrate en solution :



- réduction du fer :



- réaction de l'ion nitrate et du fer en solution :



- réduction de l'ion ferreux en ion ferrique :



L'ion ferrique  $\text{Fe}^{3+}$  intervient dans le nitrate ferrique  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ .

Remarque : le monoxyde d'azote NO se transforme facilement en dioxyde d'azote  $\text{NO}_2$  (vapeur rutilante) au contact de l'oxygène de l'air.

On notera qu'il n'y a pas dégagement d'hydrogène lors des réactions de l'acide nitrique dilué sur les métaux, contrairement à la plupart des acides forts. En fait l'acide nitrique agit comme un oxydant fort : il dissout tous les métaux sauf l'or et le platine. Cette action est due à l'ion nitrate  $\text{NO}_3^-$  et non l'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ . C'est pour cette raison qu'il y a dégagement de NO au lieu de  $\text{H}_2$ .

Lorsque le fer est placé dans l'acide nitrique concentré, une couche d'oxyde ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) se forme à sa surface et empêche l'attaque de se produire.

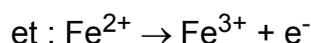
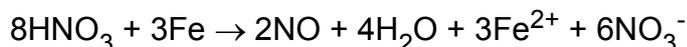
De nouveau placé dans l'acide nitrique dilué, le fer reste protégé par la couche d'oxyde et ne peut plus être attaqué : il a été passivé par l'acide nitrique concentré.

La passivation cesse lorsqu'on met un fil métallique au contact du clou. Ce contact a pour effet de percer la couche d'oxyde et entraîne la reprise de l'attaque du fer par un phénomène de pile (voir référence). Dans le cas d'un fil de cuivre touchant le clou, le fer est plus réducteur que le cuivre, il va donc être plus facilement oxydé par la solution d'acide nitrique que le cuivre : le fer agit comme une anode (cède des électrons), la cathode étant le cuivre qui reste protégé. On a :



le potentiel électrochimique pour l'oxydation du cuivre  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$  étant  $E'' = 0,34 \text{ V}$  (donc moins réducteur, ou plus oxydant).

La réaction en présence d'acide nitrique concentré devient alors :



Tout autre procédé qui consiste à enlever la couche d'oxyde à la surface du fer permet de supprimer la passivation. Ainsi, au lieu d'employer un fil métallique, il suffit de toucher la surface

du clou avec une tige de verre : ce simple contact mécanique a pour effet d'enlever la couche d'oxyde au point de contact.

## **Bibliographie**

Sur les phénomènes d'oxydo-réduction voir :  
F. Élie : [eau céleste et oxydo-réduction](#), novembre 2004