

EXERCICE 2 (6 points)

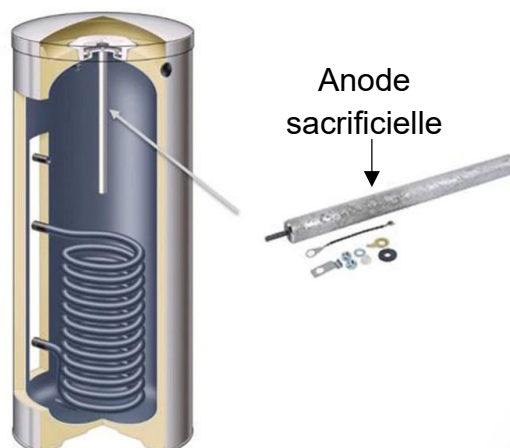
Physique-Chimie

Protection cathodique par anode sacrificielle

La cuve interne d'un chauffe-eau est constituée d'acier. Elle est sujette à la corrosion provoquée par l'oxydation du fer par le dioxygène dissout dans l'eau. Il est donc nécessaire de mettre en place des mesures de protection pour prévenir la détérioration de la cuve.

Document n°3 – Méthode de protection par anode sacrificielle.

Une méthode retenue pour protéger la cuve en acier est de la relier électriquement à un autre métal afin qu'il s'oxyde à sa place. On peut utiliser le zinc qui s'oxyde plus facilement que le fer. Le morceau de zinc est alors sacrifié pour protéger le fer. Il porte le nom d'*anode sacrificielle*.



<https://www.viessmann.fr/>

Dans le cas d'un chauffe-eau électrique, pour une utilisation optimale, il est préconisé de changer ces anodes sacrificielles lorsqu'elles sont consommées à 50 %. Ce qui correspond à changement tous les 5 à 10 ans.

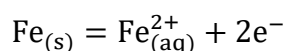
On cherche dans la suite de cet exercice à vérifier cette durée d'utilisation.

Étude de l'oxydation du fer.

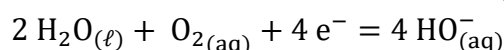
On se propose tout d'abord d'étudier la réaction d'oxydo-réduction entre le fer Fe et le dioxygène $O_{2(aq)}$ dissout dans l'eau.

Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont $Fe_{(aq)}^{2+}/Fe_{(s)}$ et $O_{2(aq)}/H_2O_{(\ell)}$.

La demi-équation (a) associée au couple oxydant/réducteur $Fe_{(aq)}^{2+}/Fe_{(s)}$ est :



La demi-équation (b) associée au couple oxydant/réducteur $O_{2(aq)}/H_2O_{(\ell)}$ est :



1. Établir, à partir des deux demi-équations (a) et (b), l'équation de la réaction d'oxydation du fer par le dioxygène.

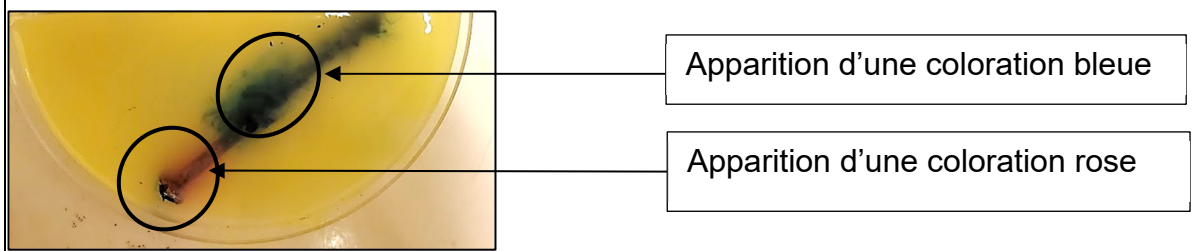
Document n°4 – Expérience réalisée en laboratoire.

On dépose dans une boîte de Pétri un clou en fer que l'on recouvre d'une solution aqueuse S saturée en chlorure de sodium contenant quelques gouttes de phénolphtaléine, une pointe de ferricyanure de potassium $K_3[Fe(CN)_6]$, et de l'agar-agar.

On précise que :

- le chlorure de sodium permet d'accélérer en laboratoire la réaction d'oxydation ;
- l'agar-agar permet de gélifier la solution, il est neutre vis-à-vis de toute réaction chimique ;
- la phénolphtaléine est un indicateur coloré acido-basique, qui devient rose vif en présence d'ions hydroxydes $HO^-_{(aq)}$;
- le ferricyanure de potassium est un indicateur coloré faisant apparaître une coloration bleue en présence d'ions fer(II) $Fe^{2+}_{(aq)}$.

Les résultats obtenus au bout d'une heure d'expérience apparaissent sur la photo ci-dessous :



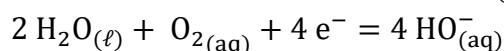
2. Identifier des espèces chimiques formées par la réaction d'oxydation du fer réalisée dans l'expérience décrite dans le **document n°4**. Justifier.

Étude de l'oxydation du zinc.

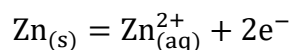
Lorsque l'on plonge un ruban de zinc métallique dans de l'eau, le métal zinc $Zn_{(s)}$ s'oxyde en ion $Zn^{2+}_{(aq)}$.

Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$ et $O_{2(aq)}/H_2O_{(l)}$.

La demi-équation (b) associée au couple oxydant/réducteur $O_{2(aq)}/H_2O_{(l)}$ est :



La demi-équation (c) associée au couple oxydant/réducteur $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$ est :



3. Indiquer, sans calcul, comment évoluent lors de cette réaction :

- la masse de métal zinc ;
- la concentration massique des ions zinc $\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}$;
- la concentration massique des ions hydroxyde $\text{HO}_{(\text{aq})}^-$.

Protection du fer par ajout de zinc.

On dispose au laboratoire de clous en fer, de rubans de zinc métallique, de la solution S utilisée dans l'expérience du **document n°4**, ainsi que de la verrerie de laboratoire.

Dans une solution, lorsque des ions hydroxydes $\text{HO}_{(\text{aq})}^-$ sont en présence d'ions zinc $\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}$, un précipité blanc d'hydroxyde de zinc de formule $\text{Zn}(\text{OH})_{2(\text{s})}$ apparaît.

4. Proposer une expérience, en vous aidant éventuellement d'un schéma, permettant de montrer que le zinc s'oxyde à la place du fer lorsqu'il sont reliés électriquement comme indiqué dans le **document n°3**.
5. Indiquer les observations qui permettraient de valider le rôle d'anode sacrificielle du zinc comme il est décrit dans le **document n°3**.

Protection du fer par anode sacrificielle de zinc dans le chauffe-eau.

On choisit d'installer dans le chauffe-eau une anode sacrificielle de longueur 50 cm et de masse 1,1 kg.

La quantité Q d'électricité stockée dans cette anode de zinc vaut $9,0 \times 10^2 \text{ A} \cdot \text{h}$.

On rappelle que la quantité d'électricité stockée Q , l'intensité du courant I en ampère qui circule dans un circuit et la durée Δt de fonctionnement du dispositif sont liées par la relation $Q = I \times \Delta t$.

6. Calculer la durée de vie de l'anode en supposant que le courant électrique entre l'anode en zinc et la cathode en fer est constant et égal à 5,0 mA.
7. Commenter votre résultat vis-à-vis des préconisations du constructeur concernant la durée d'utilisation optimale d'une anode sacrificielle.