Exercice III : TRAITEMENT ÉLECTROLYTIQUE DES OBJETS FERREUX (4 points)

Charlotte et Guillaume visitent avec leur professeur de sciences physiques l'atelier de conservation-restauration Arc'Antique qui est une structure scientifique et technique ayant pour vocation la restauration et la conservation des objets archéologiques. Le laboratoire Arc'antique s'est spécialisé dans les travaux de restauration d'objets issus de fouilles sous-marines.
À la suite de cette visite, les deux élèves décident, à travers l'atelier scientifique auquel ils participent, de mieux comprendre les phénomènes de corrosion et les techniques de restauration qui leur ont été présentées.

Lors de leur visite au laboratoire, on explique à nos deux élèves qu'après des siècles d'immersion, les objets se recouvrent de concrétions marines protectrices, que l'on appelle « gangue ». Le laboratoire est justement en train de traiter des canons. Pour enlever cette gangue, on réalise une électrolyse. On plonge le canon qui sert de cathode dans un grand bain d'eau. On observe alors à sa surface un dégagement de dihydrogène qui comprime la gangue, la rendant pâteuse et fragile.
L'opération dure 700 h avec un courant électrique constant de 7,50 A.

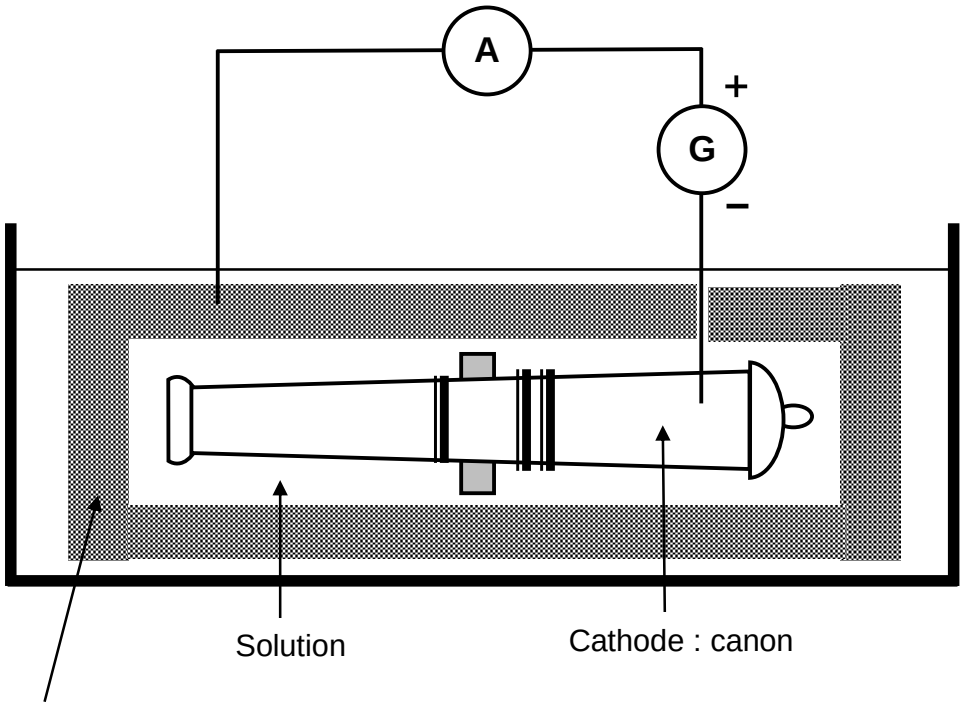


Schéma du montage

1. Dégangage et électrolyse de l'eau

1.1. La réaction se produisant à la surface du canon est-elle une oxydation ou une réduction ? Justifier.
1.2. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'anode sachant que le couple intervenant est $Cl_{2(g)}$ /$Cl^-_{(aq)}$.
1.3. La réaction ayant lieu à la cathode est : $2\ H^+_{(aq)} + 2\ e^- = H_{2(g)}$
1.3.1. En vous aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, établir une relation entre la quantité de matière $n(H_2)$ de dihydrogène dégagé et la quantité d'électrons échangés $n(e^-)$.

1.3.2. Quelle relation existe-t-il entre la valeur absolue de la charge électrique totale *Q*, l'intensité du courant *I* et la durée de l'électrolyse Δt ?

1.3.3. Quelle relation existe-t-il entre la valeur absolue de la charge électrique totale $Q, n(e^-), N_A$ et e ?

1.3.4. En déduire une relation entre $n(H_2), I, \Delta t, N_A$ et e.

1.3.5. Calculer la quantité de matière $n(H_2)$ produite durant le dégangage.

1.3.6. À quel volume de $H_{2(g)}$ cette quantité de matière correspond-elle ?

Données : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$; $e = 1{,}60 \times 10^{-19}\ C$; le volume molaire est de $V_m = 24{,}0\ L.mol^{-1}$ dans les conditions de l'électrolyse.

2. Étude de la corrosion humide

Le fait d'avoir restauré l'aspect du canon en retirant la gangue a pour conséquence de le soumettre de nouveau à la corrosion. En effet, sous l'action conjuguée du dioxygène de l'air et de l'humidité, les métaux ferreux se recouvrent d'une couche orange-brun constituée principalement d'oxyde de fer (III) (Fe_2O_3). La première étape de la formation de cette rouille fait apparaître les ions ferreux (Fe^{2+}) et hydroxydes (HO^-).

2.1. Écrire les demi-équations électroniques des deux couples mis en jeu $Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(s)}$ et $O_{2(g)}/HO^-_{(aq)}$.

2.2. À partir de ces demi-équations électroniques, écrire l'équation de la réaction entre le fer et le dioxygène.
Justifier que le phénomène de corrosion se fait en milieu aqueux.

3. Protection contre la corrosion *in situ*.

Le personnel du laboratoire a, dans ses projets, une méthode de conservation préventive sous-marine. Cette technique permettrait de stocker sur une longue période les objets sans les déplacer. Elle repose sur la pose d'une anode dite « sacrificielle » en zinc $Zn_{(s)}$ sur le canon en fer qui joue alors le rôle de cathode.

3.1. Écrire l'équation ayant lieu à l'anode sachant que le couple mis en jeu est $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$.

3.2. Pourquoi utilise-t-on l'adjectif « sacrificielle » pour qualifier cette électrode ?

3.3. Sachant que les seules espèces présentes susceptibles de réagir sont $Fe_{(s)}, H^+_{(aq)}$ et $Cl^-_{(aq)}$, quelle est la seule réaction qui peut se produire à la cathode ? Justifier.

Données : couples oxydant/réducteur : $Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(s)}$; $H^+_{(aq)}/H_{2(g)}$; $Cl_{2(g)}/Cl^-_{(aq)}$