2003 Réunion Exercice II. Élaboration du zinc par électrolyse (6,5 points) Calculatrice interdite

Les données numériques et leurs approximations sont données en fin d'exercice.

Certains métaux sont préparés par électrolyse d'une solution aqueuse les contenant à l'état de cations. Plus de 50% de la production mondiale de zinc sont obtenus par électrolyse d'une solution de sulfate de zinc acidifiée à l'acide sulfurique.
Les ions sulfate ne participent pas aux réactions électrochimiques. On observe un dépôt métallique sur l'une des électrodes et un dégagement gazeux sur l'autre.

A - Étude de la transformation.

1. Quelles sont les réactions susceptibles de se produire sur chaque électrode sachant que c'est le solvant qui est oxydé en dioxygène ?
On donne les couples oxydant / réducteur : $Zn^{2+}_{(aq)}$ / $Zn_{(s)}$; $H^{+}_{(aq)}$ / $H_{2(g)}$; $O_{2(g)}$ / $H_2O_{(l)}$

2. Schématiser l'électrolyseur, en précisant le nom de chaque électrode, leur polarité et le sens de déplacement des espèces chargées.

3. En justifiant le choix des couples, vérifier que l'équation de la réaction globale de cette électrolyse est : $$Zn^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)} = Zn_{(s)} + \frac{1}{2} O_2\,(g) + 2\,H^{+}_{(aq)}$$

4. S'agit-il d'une transformation spontanée ou forcée ? Pourquoi ?
Quelle vérification théorique proposeriez-vous ?

5. Établir le tableau d'avancement correspondant à la réaction d'électrolyse.

B - Exploitations

L'électrolyse a lieu sous 3,5 V. L'intensité du courant peut atteindre 80 kA. Après 48 h de fonctionnement, le dépôt de zinc est suffisamment épais. Il est alors séparé de l'électrode, fondu et coulé en lingots.

1. Quelle est la relation entre l'avancement x de la réaction et la quantité d'électricité Q transportée dans cet électrolyseur ?

2. Quelle est l'ordre de grandeur de la masse de zinc produite par une cellule en 2 jours ?
(On pourra utiliser des résultats de calcul donnés à la fin du sujet)

3. En fait, on obtient une quantité de zinc inférieure à celle attendue. Pourquoi ?

4. A l'autre électrode on récupère le dioxygène. Le rendement de la réaction qui le produit est de 80% et le volume molaire de 24 $L.mol^{-1}$ dans les conditions expérimentales.
Donner la relation entre l'avancement x et le volume v de dioxygène récupéré.
Quel est l'ordre de grandeur de v ?

Données		Approximations pour les calculs
masse molaire Zn : 65,4 $g.mol^{-1}$	→	65 $g.mol^{-1}$
masse volumique Zn : 7,14 $g.cm^{-3}$	→	7 $g.cm^{-3}$
1 Faraday : $9{,}65.10^4$ $C.mol^{-1}$	→	10^5 $C.mol^{-1}$

$65\times8\times36\times48 \approx 9.10^5$

$8\times48\times36 \approx 1{,}4.10^4$

$\frac{65\times 48}{8\times 36} \approx 10$

$\frac{8\times 48}{36} \approx 10$