

Problème 3 : La pile à combustible

Enoncé

Inventée en 1839 par Sir William Robert Grove, elle prit de l'intérêt grâce à la conquête spatiale. Depuis les missions Apollo, une âpre compétition technologique s'est engagée car elle permet une propulsion propre devant de très loin les moteurs thermiques en rendement. Le tandem Mercedes-Ford a présenté l'an dernier la Nekar 4, une classe A avec de très honorables performances. Objectif commercial annoncé : 2005...

1 Compréhension de la pile

1-a Dessiner la pile $\text{Pt} \mid \text{H}_2 (\text{g}) (1 \text{ bar}) \mid \text{H}_2\text{O} (\text{l}), \text{KOH} (1 \text{ mol.L}^{-1}) \mid \text{O}_2 (\text{g}) (1 \text{ bar}) \mid \text{Pt}$

Préciser sur ce schéma sa polarité et le sens de déplacement des électrons.

1-b Noter sur le schéma la cathode, l'anode et leurs définitions.

1-c Quel type de conduction a-t-on dans la potasse ?

2 Etude de la pile

2-a Ecrire les deux demi-réactions ayant lieu aux deux électrodes dans le milieu électrolytique contenant de la potasse.

2-b Déterminer la formule de la force électromotrice de cette pile pour des pressions en dihydrogène et dioxygène de 1 bar.

2-c Pour une pile de 10 kW, calculer la charge débitée en une heure. En déduire la consommation en g.h^{-1} en dihydrogène, puis en dioxygène.

Données thermodynamiques à 298 K :

* Enthalpie standard de formation de $\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$: $\Delta_f H^\circ = -241,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$

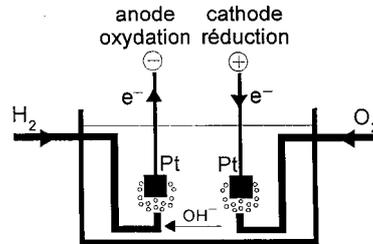
* Capacités thermiques isobares : $\text{H}_{2(\text{g})} : C_{p1} = 27,28 + 3,26 \cdot 10^{-3} \cdot T$
(en $\text{J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$) $\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} : C_{p2} = 30,54 + 10,29 \cdot 10^{-3} \cdot T$

* Potentiel standard de $\text{O}_{2(\text{g})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$: $E^\circ = 1,23 \text{ V à pH} = 0$

* Masses molaires (en g.mol^{-1}) : $M_{\text{air}} = 29 ; M_{\text{H}_2} = 2 ; M_{\text{O}_2} = 32$

Correction :

1-a Schéma de la pile :



Question VII-1-a

1-b La réduction a lieu à la cathode, l'oxydation à l'anode. La polarité est la suivante :

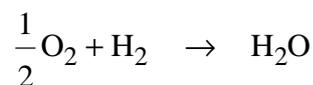
- la cathode est potentiel le plus élevé ;
- l'anode est au potentiel le plus bas.

1-c La conduction a lieu grâce aux ions dans la solution. On a une **conduction ionique**. Les électrons circulent dans le conducteur métallique mais ne passe pas en solution aqueuse. La migration des ions en solution aqueuse assure ainsi le transport du courant à l'intérieur de la pile. Les ions hydroxyde, consommés à l'anode, migrent donc vers cette électrode, alors que les ions potassium migrent vers la cathode (apparition d'ion hydroxyde). A remarquer que les ions hydroxydes migrent à l'intérieur de la pile en sens inverse de la migration des électrons à l'extérieur. Ces derniers « remontent » vers le potentiel le plus élevé.

2-a Equation-bilan de fonctionnement :



On en déduit l'équation-bilan de fonctionnement de la pile lorsque celle-ci débite :



Problème 3

L'intérêt de ce type de pile est qu'elle n'utilise que des composés non toxiques contrairement à la pile à mercure. Le problème est la cherté du nickel utilisé comme catalyseur....

2-b La formule de Nernst donne :

$$E_{\text{anode}} = E^\circ(\text{H}_2 / \text{H}_2\text{O}) + \frac{0.06}{2} \log \left(\frac{p_{\text{H}_2} [\text{OH}^-]^2}{p_0 c_0^2} \right)$$

$$\text{et } E_{\text{cathode}} = E^\circ(\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}) + \frac{0.06}{2} \log \left(\frac{\sqrt{p_0} [\text{OH}^-]^2}{\sqrt{p_{\text{O}_2}} c_0^2} \right)$$

$$\text{Alors } E = E^\circ(\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}) - E^\circ(\text{H}_2 / \text{H}_2\text{O}) + \frac{0.06}{2} \log \left(\frac{p_{\text{H}_2} \sqrt{p_{\text{O}_2}}}{(p_0)^{\frac{3}{2}}} \right) = 1.23\text{V}$$

2-c La charge débitée en une heure est $q = \frac{P \cdot t}{E} = 29.3 \cdot 10^6 \text{C} \cdot \text{h}^{-1}$. On consomme donc 304 g/h de H_2 et 2431 g/h de O_2 .