

T spé	Devoir surveillé N°4	mercredi 03/02/2021
-------	----------------------	---------------------

Nom et Prénom :

Exercice 1 : La pile sous toutes ses faces (5,5 points)

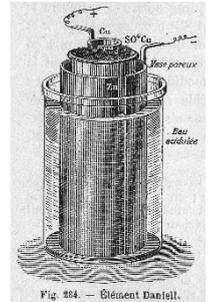
1. La pile Daniell.

Conçue en 1836 par le physicien britannique John Daniell, la pile met en jeu les deux couples $Zn^{2+}(aq) / Zn(s)$ et $Cu^{2+}(aq) / Cu(s)$.

Elle offre l'avantage sur la pile de Volta de délivrer un courant constant. Initialement, les deux solutions étaient séparées par une paroi en terre poreuse. Cette paroi fut remplacée par une feuille de parchemin permettant à la pile de débiter un courant plus intense.

Le modèle présenté ci-dessous (question 1.4.) est constitué de deux demi-piles reliées par un pont salin au nitrate de potassium $K^+(aq) + NO_3^-(aq)$.

Les solutions aqueuses de sulfate de zinc et de sulfate de cuivre utilisées ont la même concentration molaire en ions zinc et en ions cuivre : $[Cu^{2+}]_i = [Zn^{2+}]_i = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$

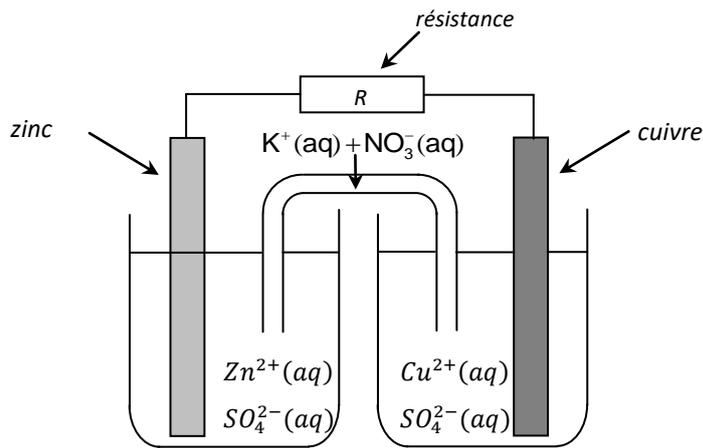


Données :

Pour la réaction d'équation $Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \rightleftharpoons Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$, la constante d'équilibre vaut $K(T) = 1,9 \times 10^{37}$ à $T = 25^\circ C$.
 Concentration standard : $c^\circ = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$

- 1.1. Calculer le quotient de réaction à l'état initial $Q_{r,i}$ du système associé à la réaction à $25^\circ C$.
- 1.2. Déterminer le sens d'évolution spontané du système.
- 1.3. En déduire les équations des réactions qui se produisent aux électrodes en précisant pour chacune d'elles s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.
- 1.4. Sur le schéma ci-dessous, indiquer le sens du mouvement des électrons et le sens conventionnel du courant. En déduire la polarité des électrodes de la pile.

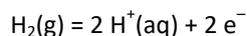
0,5
0,5
1
1



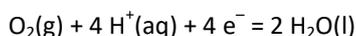
2. La pile à combustible à hydrogène

Une cellule de pile à hydrogène est constituée de deux électrodes poreuses séparées par un électrolyte (acide dans le cas présent).

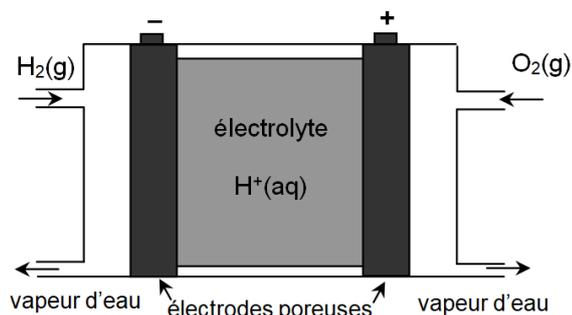
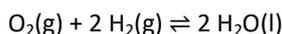
À la borne négative, le dihydrogène réagit suivant l'équation :



À la borne positive, le dioxygène réagit suivant l'équation :



L'équation de fonctionnement de la pile s'écrit alors :



Des essais montrent qu'une voiture munie d'un moteur électrique alimenté par une pile à hydrogène consomme 2,50 kg de dihydrogène pour parcourir 500 km en 6 h 40 min.

Données :

Masse molaire atomique de l'hydrogène $M(\text{H}) = 1,00 \text{ g.mol}^{-1}$

Constante de Faraday : $\mathcal{F} = 9,65 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Charge électrique élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

- 2.1. Calculer la quantité de matière de dihydrogène consommée pendant la durée du trajet.
- 2.2. En déduire la quantité d'électrons maximum (en mol) qui circule dans le circuit extérieur pendant la durée du trajet (on pourra s'aider d'un tableau d'avancement de l'évolution du système).
- 2.3. Calculer la capacité électrique débitée par la pile, puis l'intensité du courant, supposée constante pendant la durée du trajet.

0,5

1

1

Remarque : L'intensité calculée, très grande, ne correspond pas à la réalité car, dans une voiture, plusieurs éléments de pile sont montés en série.

Exercice 2 : Propriétés de l'acide propanoïque (9 points)

On se propose d'étudier deux propriétés chimiques différentes de l'acide propanoïque dans deux parties indépendantes : la réaction de dissolution dans l'eau et la réaction avec l'alcool butan-1-ol.

Données :

- Règles de nomenclature

Nombre d'atomes de carbone	1	2	3	4	5	6	7	8
Radical	méthan	éthan	propan	butan	pentan	hexan	heptan	octan
Préfixe	méthyl	éthyl	propyl	butyl	pentyl			

Famille fonctionnelle	alcool	aldéhyde	cétone	acide carboxylique	amine	amide	ester
Suffixe	-ol	-al	-one	-oïque	-amine	-amide	-oate de -yle
Groupe caractéristique	-OH	$\begin{array}{c} \text{---C---} \\ \\ \text{O} \end{array}$		$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{---C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{N} \\ \diagdown \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{---C} \\ \\ \text{N} \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{---C} \\ \\ \text{O---C---} \end{array}$

1. Étude de la réaction entre l'acide propanoïque et l'eau

Une solution aqueuse notée S de volume $V = 50,0 \text{ mL}$ est obtenue par dissolution dans l'eau d'acide propanoïque, noté AH, de quantité de matière $n(\text{AH}) = 2,0 \times 10^{-5} \text{ mol}$.

L'acide propanoïque est un acide faible de $\text{p}K_{\text{A}}(\text{AH}/\text{A}^-) = 4,85$.

On mesure le pH de la solution et on obtient $\text{pH} = 4,16$.

1.1. Écrire la formule semi-développée et topologique de l'acide propanoïque de formule brute $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$.

0,5

1.2. Compléter le tableau d'avancement ci-dessous de la réaction chimique entre l'acide propanoïque et l'eau.

0,5

Équation chimique	$\text{AH (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{A}^- \text{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+ \text{(aq)}$			
Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
$x = 0$				
x				

1.3. Exprimer la constante d'acidité $K_{\text{A}}(\text{AH}/\text{A}^-)$ du couple acide propanoïque / ion propanoate en fonction des concentrations en quantité des espèces chimiques et de la concentration standard.

0,5

1.4. Exprimer la constante d'acidité $K_{\text{A}}(\text{AH}/\text{A}^-)$ en fonction de l'avancement final, du volume de solution, la concentration standard et la quantité initiale d'acide propanoïque.

1

1.5. Calculer la valeur de l'avancement final.

0,5

1.6. Calculer le pH de la solution. Est-il cohérent avec la mesure.

0,5

1.7. Sur un axe gradué en pH, indiquer les domaines de prédominance des espèces acide propanoïque et ion propanoate.

0,5

1.8. Préciser l'espèce prédominante dans la solution S.

0,5

2. Réaction de l'acide avec un alcool

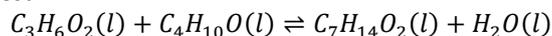
On prélève 0,20 mole d'acide propanoïque pur et 0,20 mole de butan-1-ol pur qu'on verse dans un ballon.

On ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

On chauffe à reflux.

Au bout de 30 minutes, on recueille 19,7 mL d'ester.

L'équation de cette réaction chimique est :

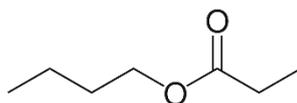


Données :

- Propriétés physico-chimiques des réactifs et des produits.

	Formule brute	Masse volumique	Masse molaire	Température d'ébullition
Acide propanoïque	$C_3H_6O_2$	$0,99 \text{ g.mL}^{-1}$	$74,0 \text{ g.mol}^{-1}$	$141,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Butan-1-ol	$C_4H_{10}O$	$0,81 \text{ g.mL}^{-1}$	$74,0 \text{ g.mol}^{-1}$	$117,5 \text{ }^\circ\text{C}$
Ester formé	$C_7H_{14}O_2$	$0,88 \text{ g.mL}^{-1}$	$130,0 \text{ g.mol}^{-1}$	$146,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Eau	H_2O	$1,00 \text{ g.mL}^{-1}$	$18,0 \text{ g.mol}^{-1}$	$100,0 \text{ }^\circ\text{C}$

- Formule topologique de l'ester formé :



- Indiquer le rôle de l'acide sulfurique.
- Indiquer les intérêts du montage de chauffage à reflux.
- Donner le nom de l'ester formé.
- Déterminer la masse maximale d'ester dans le cas d'une transformation totale. (On pourra s'aider d'un tableau d'avancement).
- Calculer le rendement de la transformation.
- Proposer une modification du protocole afin d'augmenter le rendement.

0,5

1

0,5

1

1

0,5

Exercice 3 : Un biberon à la bonne température (5,5 points)

On trouve sur la notice d'un chauffe-biberon :

« *Chauffe un biberon sorti du réfrigérateur en moins de trois minutes.
Le lait est constamment mélangé pendant qu'il chauffe,
afin d'éviter la formation de points chauds.* »



On étudie le transfert thermique convectif Q entre le lait et un chauffe-biberon maintenant les parois du biberon à la température constante $\theta_e = 50\text{ }^\circ\text{C}$.

Données :

Le système étudié est : {biberon + lait}

On néglige tout autre transfert thermique entre le système et le milieu extérieur.

Masse du système : $m = 350\text{ g}$

Température initiale du système : $\theta_i = 5,0\text{ }^\circ\text{C}$

Capacité thermique massique du système : $c = 4,2 \times 10^3\text{ J.kg}^{-1}.\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Surface d'échange du système : $S = 270\text{ cm}^2$

Coefficient d'échange convectif du système dans les conditions d'utilisation du chauffe-biberon : $h = 300\text{ W.m}^{-2}.\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Loi phénoménologique de Newton : $\phi = h \times S \times (\theta_e - \theta(t))$

Pour une équation différentielle du premier ordre avec second membre du type $y'(x) = a \times y(x) + b$, la solution générale est du type

$$y(x) = K \times e^{ax} - \frac{b}{a} \text{ avec } K \text{ une constante}$$

1. Exprimer la variation de l'énergie interne en fonction de la variation de température $\Delta\theta$.
2. Appliquer le premier principe de la thermodynamique au système et préciser le signe de la variation de l'énergie interne en justifiant.
3. Pendant une durée élémentaire dt , montrer que la température du système vérifie l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d\theta}{dt}(t) = -\frac{1}{\tau} \times \theta(t) + \frac{\theta_e}{\tau}$$

où l'expression de τ sera donnée par le candidat

4. Donner la solution $\theta(t)$ l'équation différentielle vérifiant la condition initiale.
5. Sachant que la température idéale pour un biberon est de $30\text{ }^\circ\text{C}$, vérifier que la durée de chauffe annoncée dans la notice est correcte.

	0,5
	1
	1,5
	1,5
	1