Terminale Spécialité G - Physique-Chimie
Devoir en classe n°3 - Durée : 2h
Proposition de correction

EXERCICE I : pH D'UN MÉLANGE – 10 POINTS

1. Étude de deux solutions

1.1. Équation de la réaction de l'acide nitreux sur l'eau : $HNO_2(aq) + H_2O(\ell) = NO_2^-(aq) + H_3O^+(aq)$
Constante d'équilibre : $K_{A_1} = \dfrac{[NO_2^-]_{éq} \cdot [H_3O^+]_{éq}}{[HNO_2]_{éq}}$

1.2. Équation de la réaction de l'ion méthanoate sur l'eau : $HCOO^-(aq) + H_2O(\ell) = HCOOH(aq) + HO^-(aq)$
Constante d'acidité du couple concerné : $K_{A_2} = \dfrac{[HCOO^-]_{éq} \cdot [H_3O^+]_{éq}}{[HCOOH]_{éq}}$

1.3. Diagramme de prédominance du couple $HNO_2(aq)/NO_2^-(aq)$:

$[HNO_2] > [NO_2^-]$	$[HNO_2] = [NO_2^-]$ $3,3$	$[NO_2^-] > [HNO_2]$	
HNO_2 prédomine	pK_{A_1}	NO_2^- prédomine	pH

Diagramme de prédominance du couple $HCOOH(aq)/HCOO^-(aq)$:

$[HCOOH] > [HCOO^-]$	$[HCOOH] = [HCOO^-]$ $3,8$	$[HCOO^-] > [HCOOH]$	
$HCOOH$ prédomine	pK_{A_2}	$HCOO^-$ prédomine	pH

1.4. Dans la solution 1, $pH_1 = 1,3 < pK_{A_1}$ donc l'espèce prédominante est HNO_2.
Dans la solution 2, $pH_2 = 8,7 > pK_{A_2}$ donc l'espèce prédominante est $HCOO^-$.

2. Étude d'un mélange de ces solutions

2.1. Quantité de matière d'acide nitreux : $n_1 = C_1 \cdot V = 0,20 \times 200 \cdot 10^{-3} = 4,0 \cdot 10^{-2}$ mol
Quantité de matière de méthanoate de sodium : $n_2 = C_2 \cdot V = 0,40 \times 200 \cdot 10^{-3} = 8,0 \cdot 10^{-2}$ mol

2.2. Équation de la réaction : $HNO_2(aq) + HCOO^-(aq) \leftrightarrows NO_2^-(aq) + HCOOH(aq)$

2.3. Tableau d'évolution du système chimique au cours de la transformation :

(en mol)	$HNO_2(aq)$ +	$HCOO^-(aq)$ →	$NO_2^-(aq)$ +	$HCOOH(aq)$
État intial	n_1	n_2	0	0
État intermédiaire	$n_1 - x$	$n_2 - x$	x	x
État d'équilibre	$n_1 - x_f$	$n_2 - x_f$	x_f	x_f

2.4. D'après le tableau d'avancement :

$$[NO_2^-]_{éq} = [HCOOH]_{éq} = \frac{x_f}{2 \cdot V} = \frac{3,3 \cdot 10^{-2}}{2 \times 200 \cdot 10^{-3}} = 8,3 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

$$[HNO_2]_{éq} = \frac{n_1 - x_f}{2 \cdot V} = \frac{4,0 \cdot 10^{-2} - 3,3 \cdot 10^{-2}}{2 \times 200 \cdot 10^{-3}} = 1,8 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

$$[HCOO^-]_{éq} = \frac{n_2 - x_f}{2 \cdot V} = \frac{8,0 \cdot 10^{-2} - 3,3 \cdot 10^{-2}}{2 \times 200 \cdot 10^{-3}} = 1,2 \cdot 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

2.5. D'après la relation de Henderson-Hasselbach appliquée au couple de l'acide nitreux :
$$\mathrm{pH}_3 = \mathrm{pK}_{\mathrm{A}_1} + \log \frac{[\mathrm{NO}_2^-]_{\text{éq}}}{[\mathrm{HNO}_2]_{\text{éq}}} = 3,3 + \log\left(\frac{8,3 \cdot 10^{-2}}{1,8 \cdot 10^{-2}}\right) = 4,0$$

D'après la relation de Henderson-Hasselbach appliquée au couple de l'acide méthanoïque :
$$\mathrm{pH}_3 = \mathrm{pK}_{\mathrm{A}_2} + \log \frac{[\mathrm{HCOO}^-]_{\text{éq}}}{[\mathrm{HCOOH}]_{\text{éq}}} = 3,8 + \log\left(\frac{1,2 \cdot 10^{-1}}{8,3 \cdot 10^{-2}}\right) = 4,0$$

On retrouve bien entendu le même pH quel que soit le couple utilisé car il y a unicité du pH d'une solution. Chaque couple peut être utilisé dans la mesure où les quatre espèces chimiques cohabitent au sein du mélange.

EXERCICE II : UNE LAMPE SECOUÉE – 10 points

1. Le dipôle RC

CON **1.1.** Relation entre l'intensité i du courant et la charge q : $i = \dfrac{dq}{dt}$

Relation entre la charge q et la tension u_C : $q = C \times u_C$

RÉA **1.2.** D'après la loi d'Ohm $u_R = R \times i$ et d'après ce qui précède, on obtient donc
$$u_R = R \times i = R \times \frac{dq}{dt} = R \times \frac{d(C \times u_C)}{dt} = R \times C \times \frac{du_C}{dt}$$

RÉA **1.3.** D'après la loi des mailles appliquée au circuit schématisé dans l'énoncé, on a $u_R + u_C = 0$ d'où $R \times C \times \dfrac{du_C}{dt} + u_C = 0$ et en divisant par $R \times C$, on arrive à $\dfrac{du_C}{dt} + \dfrac{1}{RC} \times u_C = 0$ ce qui est bien de la forme $\dfrac{du_C}{dt} + \dfrac{1}{\tau} \times u_C = 0$ où $\tau = R \times C$.

RÉA **1.4.** D'après la loi d'Ohm, nous savons que $u_R = R \times i$ d'où $[u_R] = [R] \times [i]$. On a donc $[R] = \dfrac{U}{I}$

Par ailleurs, nous savons que $i = \dfrac{dq}{dt}$ d'où $[i] = \dfrac{[q]}{[t]}$. On a donc $I = \dfrac{[q]}{T}$ ou encore $[q] = I \times T$

Nous savons aussi que $q = C \times u_C$ d'où $[q] = [C] \times [u_C]$ soit $[q] = [C] \times U$ ou encore $[C] = \dfrac{[q]}{U}$

D'après ce qui précède, nous avons donc $[C] = \dfrac{I \times T}{U}$

Enfin, il vient $[RC] = \dfrac{\cancel{U}}{\cancel{I}} \times \dfrac{\cancel{I} \times T}{\cancel{U}} = T$. La constante de temps τ est donc homogène à une durée.

RÉA **1.5.** Pour une durée $\Delta t = 20$ min $= 1200$ s on a $5 \times \tau = \Delta t$ ou encore $5 \times R \times C = \Delta t$ d'où la valeur de la résistance : $R = \dfrac{\Delta t}{5 \times C} = \dfrac{1200}{5 \times 1,0} = 240\ \Omega$

2. Énergie emmagasinée dans le condensateur

ANA **2.1.** Lors du « secouement » de la lampe, il y a conversion d'énergie mécanique en énergie électrique.

APP **2.2.** L'énergie maximale stockée dans le condensateur est atteinte pour une tension maximale à ses bornes, à savoir 3,6 V (tension avant que la décharge ne commence) d'où la valeur de cette énergie maximale : $E_{\max} = \dfrac{1}{2} \times C \times U_0^2 = \dfrac{1}{2} \times 1,0 \times 3,6^2 = 6,5$ J < 12 J. Cette valeur ne dépasse donc pas les performances annoncées.

ANA **2.3.** Le condensateur perd 8 mJ par heure lorsque la lampe n'est pas en fonctionnement. On peut donc calculer la durée au bout de laquelle la lampe sera déchargée : $\Delta t = \dfrac{E_{\max}}{8 \times 10^{-3}} = \dfrac{6,5}{8 \times 10^{-3}} = 810$ h. Il faudra donc secouer à nouveau la lampe au bout d'environ 5 semaines, conformément aux indications du document.