

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de papier millimétré

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et un exercice de PHYSIQUE présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 7 et 8) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

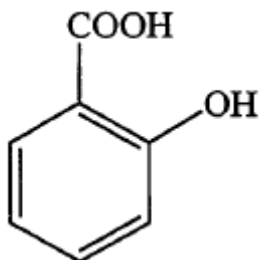
Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. QUELQUES PROPRIETES DE L'ACIDE SALICYLIQUE (6 points)

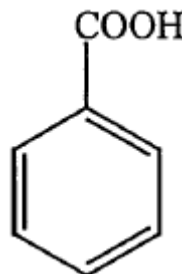
Les deux parties sont indépendantes

Données

- formules développées de deux acides



Acide salicylique



Acide benzoïque

- L'acide salicylique est utilisé dans la synthèse de l'aspirine.
- L'acide benzoïque est un conservateur alimentaire.
- Conductivités molaires ioniques à 25°C
- $\lambda_1 = \lambda$ (ion oxonium) = $35,0 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$
- $\lambda_2 = \lambda$ (ion salicylate) = $3,62 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$
- pK_a (acide salicylique / ion salicylate) = 3,00
- pK_a (acide benzoïque / ion benzoate) = 4,20

On se propose de comparer à partir de mesures conductimétriques les acidités de l'acide salicylique et de l'acide benzoïque.

1. Étude théorique

1.1. On dispose d'un volume V d'une solution aqueuse d'un acide HA de concentration C .
La transformation mettant en jeu la réaction de l'acide HA avec l'eau n'est pas totale.

1.1.1. Écrire l'équation de la réaction de HA avec l'eau.

1.1.2. Dresser le tableau d'avancement du système en utilisant les variables V et C , l'avancement x et l'avancement à l'équilibre x_{eq} .

Exprimer les concentrations des espèces chimiques présentes à l'équilibre en fonction de C et de la concentration en ions oxonium à l'équilibre $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$. En déduire l'expression du quotient de réaction $Q_{r,\text{eq}}$ en fonction de $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$ et C .

1.2. L'étude de la solution à l'équilibre est effectuée par conductimétrie.

Exprimer la conductivité σ de la solution de HA à l'équilibre en fonction de $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$ et des conductivités molaires ioniques λ des ions présents.

2. Étude expérimentale

2.1. Préparation d'une solution titrée

On dispose du matériel suivant :

- Bechers de 50 mL, 100 mL et 250 mL
- Éprouvettes graduées de 10 mL, 20 mL, 50 mL et 100 mL
- Fioles jaugées de 50 mL, 100 mL et 250 mL
- Pipette graduée de 10 mL à $\pm 0,1$ mL
- Pipette jaugée de 10 mL à $\pm 0,05$ mL
- Pipeteur

On veut préparer une solution S de l'acide HA de concentration $C = 1,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ à partir d'une solution mère S_0 de concentration $C_0 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Comment procède-t-on? Dessiner et nommer la verrerie utilisée.

2.2. Mesures de conductivité

On a effectué un ensemble de mesures de conductivité σ pour des solutions d'acide salicylique et d'acide benzoïque de diverses concentrations à une température de 25°C.

*Le tableau (**annexe à rendre avec la copie**) donne les valeurs moyennes des résultats des mesures et une partie de leur exploitation.*

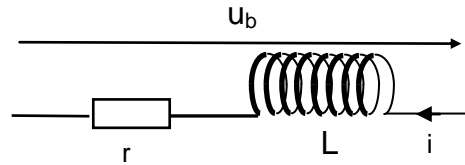
- 2.2.1.** Compléter les valeurs manquantes du tableau. Présenter les calculs sous forme littérale avant d'effectuer les applications numériques.
- 2.2.2.** A partir des valeurs de $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$, comparer le comportement, à concentration égale, de l'acide salicylique et de l'acide benzoïque en solution dans l'eau.
- 2.2.3.** Donner la définition de la constante d'acidité K_A . Expliquer comment les résultats de cette étude expérimentale permettent de retrouver les valeurs respectives des $\text{p}K_A$ des deux acides.

EXERCICE II. RÉSISTANCE D'UNE BOBINE RÉELLE (6 points)

Dans tout l'exercice, on tiendra compte de la précision des données afin d'exprimer les résultats numériques en accord avec cette précision.

Un étudiant, curieux, veut vérifier la valeur de la résistance r d'une bobine réelle d'inductance 250 mH , modélisée sous forme d'un dipôle (r, L) en série. La tension en fonction du temps dans le cas général d'un courant électrique d'intensité $i(t)$ aux bornes d'une telle bobine est donnée par la relation :

$$u_b = r.i + L. \frac{di}{dt}$$



Il dispose de tout le matériel souhaitable et procède à plusieurs essais.

A – En régime permanent

Pour mesurer la valeur de r , l'étudiant réalise un circuit comportant un générateur de tension continue de valeur $E = 6,0 \text{ V}$ de résistance interne négligeable, un ampèremètre numérique, un voltmètre numérique, des fils de connexion et la bobine à étudier.

1. Compléter le schéma du circuit en indiquant les positions de l'ampèremètre et du voltmètre (**annexe à rendre avec la copie**). Faire figurer la tension $U_g = E$ (tension aux bornes du générateur) ainsi que la tension $U_b =$ (tension aux bornes de la bobine). On négligera la tension aux bornes de l'ampèremètre.
2. Les mesures des appareils donnent $U_b = 5,95 \text{ V}$ et $I_b = 410 \text{ mA}$. En déduire la valeur r_1 de la résistance de la bobine dans ce cas particulier. Justifiez votre démarche.

B – En régime transitoire

L'étudiant modifie le montage précédent auquel il ajoute une résistance $R' = 10,0 \Omega$ en série.

Il remplace les appareils de mesure par un système d'acquisition informatisé qui lui donne les variations de $i(t)$ obtenues à la fermeture de l'interrupteur. La tension du générateur reste fixe et égale à $6,00 \text{ V}$.

3. Quel est alors le phénomène observé dans le circuit ?
4. Sur le schéma du circuit modifié (**annexe à rendre avec la copie**), indiquer comment brancher le système d'acquisition (voie d'entrée et voie de référence) afin d'obtenir une tension proportionnelle à l'intensité du courant dans le circuit. Justifier votre réponse.
5. Déterminer la valeur de la constante de temps τ à partir du document obtenu par le système d'acquisition. Détailler clairement la méthode utilisée sur le graphe donné en **annexe à rendre avec la copie**.

6.

6.1. La valeur de τ de ce circuit est égale au rapport $\frac{L}{R}$ où R représente la résistance électrique totale du circuit. Donner l'expression littérale de τ en fonction des paramètres du circuit et vérifier par une analyse dimensionnelle que τ est homogène à un temps.

6.2. La bobine ayant une inductance $L = 250 \text{ mH}$, déduire la valeur r_2 de sa résistance.

7. On considère que l'intensité $i(t)$ atteint la valeur limite $I_\infty = 240 \text{ mA}$ au bout d'une durée 5 fois supérieure à τ .

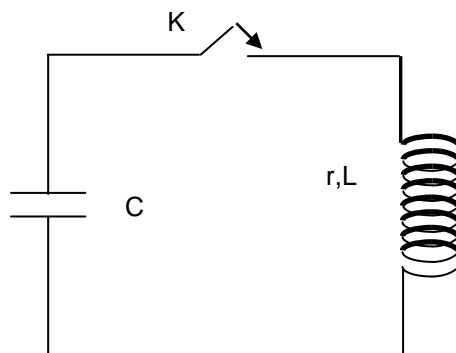
7.1. Quel est alors le régime de fonctionnement de la bobine ?

7.2. Exprimer r , résistance de la bobine en fonction de E , I_∞ et R' . Calculer sa valeur r_3 .

8. Les trois valeurs r obtenues dans les parties A et B sont-elles cohérentes entre elles ?

C – En régime oscillatoire

Cette bobine est branchée aux bornes d'un condensateur de capacité $C = 4 \mu\text{F}$, préalablement chargé par un circuit annexe non représenté, selon le schéma ci-dessous :



9.

9.1. Rappeler l'expression littérale de la période propre T_0 d'un oscillateur LC.

9.2. Calculer la valeur de cette période T_0 .

10.

10.1. On branche un oscilloscope aux bornes du condensateur et on observe sur l'écran des oscillations pseudo-périodiques de pseudo-période T .
Interpréter l'amortissement des oscillations.

10.2. On constate, avec une base de temps de 2 millisecondes par division, que 2 pseudo-périodes occupent entre 6,2 et 6,4 divisions.
Donner un encadrement de la pseudo-période T ainsi mesurée.

10.3. Comparer ce résultat à T_0 .

EXERCICE III. ÉVOLUTION D'UN SYSTÈME CHIMIQUE (4 points)

Données

- pK_A des couples acide / base :
 - Acide méthanoïque $\text{HCOOH}(\text{aq})$ / ion méthanoate $\text{HCOO}^-(\text{aq})$: $pK_{A1} = 3,8$
 - Acide benzoïque $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}(\text{aq})$ / ion benzoate $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(\text{aq})$: $pK_{A2} = 4,2$
- Les réactions sur l'eau des ions benzoate et méthanoate sont peu avancées.

1. Étude de solutions aqueuses d'acide méthanoïque et d'acide benzoïque de même concentration.

On dispose de solutions aqueuses d'acide méthanoïque et d'acide benzoïque de même concentration molaire en soluté apporté $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La mesure du pH d'un volume $V = 10 \text{ mL}$ de chaque solution fournit les résultats suivants :

- solution aqueuse d'acide méthanoïque : $\text{pH}_1 = 2,9$;
- solution aqueuse d'acide benzoïque : $\text{pH}_2 = 3,1$.

1.1. La réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau

1.1.1. Écrire l'équation de cette réaction.

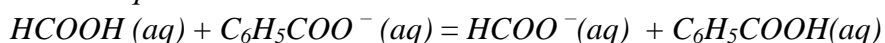
1.1.2. Calculer son avancement final, son avancement maximal ; en déduire son taux d'avancement final. On pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique.

1.1.3. Conclure sur le caractère total ou non de la transformation chimique mettant en jeu la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau.

1.2. À partir de la comparaison des valeurs des pH des solutions aqueuses d'acide méthanoïque et benzoïque, dire pour quel acide la réaction avec l'eau est la plus avancée.

2. Évolution d'un système chimique.

Soit la réaction chimique suivante :



2.1. Exprimer la constante d'équilibre de cette réaction puis calculer sa valeur.

2.2. On dispose de solutions aqueuses d'acide méthanoïque et de benzoate de sodium de même concentration molaire en soluté apporté c et de solutions aqueuses d'acide benzoïque et de méthanoate de sodium de même concentration molaire en soluté apporté c' . On admettra que, dans leurs solutions aqueuses respectives : $[\text{HCOOH}(\text{aq})] = c$; $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(\text{aq})] = c$; $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}(\text{aq})] = c'$; $[\text{HCOO}^-(\text{aq})] = c'$. On mélange des volumes $V = 10,0 \text{ mL}$ égaux des quatre solutions ci-dessus.

2.2.1. Les concentrations molaires en soluté apporté c et c' ont les valeurs suivantes :

$$c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } c' = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.$$

Calculer le quotient de la réaction écrite ci-dessus, dans l'état initial dans ce cas précis. Comparer ce quotient à la constante d'équilibre calculée en 2.1. pour déduire le sens d'évolution du système chimique ?

2.2.2. En maintenant $V = 10,0 \text{ mL}$ et $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, quelle valeur faudrait-il donner à c' pour que le système soit en équilibre ?

ANNEXES À RENDRE AVEC LA COPIE

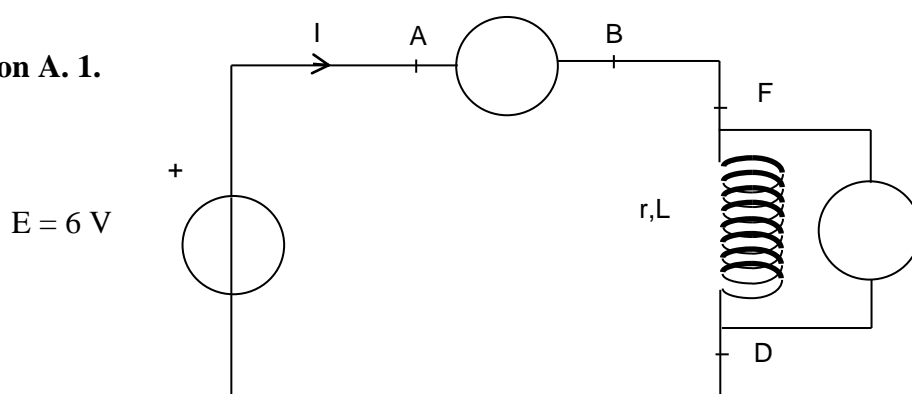
ANNEXE DE L'EXERCICE I

Question 2.2.1. Mesures de conductivité

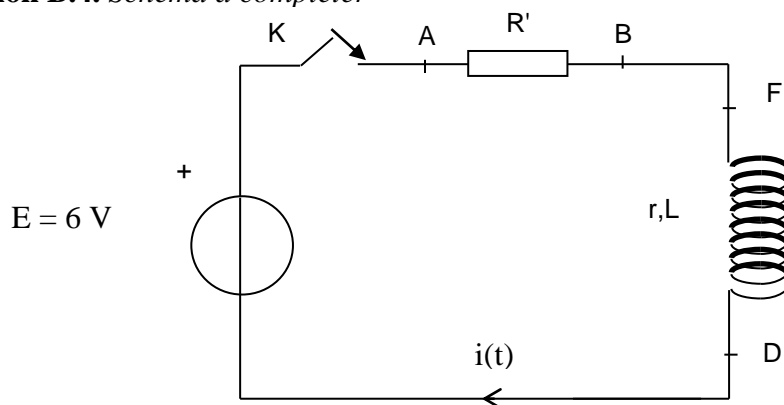
	C (mol.L ⁻¹)	σ (S.m ⁻¹)	[H ₃ O ⁺] _{eq} (mol.L ⁻¹)	Q _{r,eq}	- log (Q _{r,eq})
Ac. salicylique	1,00 × 10 ⁻³	2,36 × 10 ⁻²	6,11 × 10 ⁻⁴	9,60 × 10 ⁻⁴	3,01
Ac. salicylique	5,00 × 10 ⁻³	7,18 × 10 ⁻²			
Ac. salicylique	10,0 × 10 ⁻³	10,12 × 10 ⁻²	2,62 × 10 ⁻³	9,30 × 10 ⁻⁴	3,03
Ac. benzoïque	1,00 × 10 ⁻³	0,86 × 10 ⁻²	2,25 × 10 ⁻⁴	6,53 × 10 ⁻⁵	4,19
Ac. benzoïque	5,00 × 10 ⁻³	2,03 × 10 ⁻²	5,31 × 10 ⁻⁴	6,31 × 10 ⁻⁵	4,20
Ac. benzoïque	10,0 × 10 ⁻³	2,86 × 10 ⁻²	7,47 × 10 ⁻⁴	6,03 × 10 ⁻⁵	4,22

ANNEXE DE L'EXERCICE II

Question A. 1.



Question B.4. Schéma à compléter



ANNEXES À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE II

Question B. 5. Résultat de l'acquisition donné par le système informatisé : $i(t)$ en mA, t en ms

