Amérique du nord 2006 **Exercice II : CONSERVATEUR ET PARFUM (7 points)**

Les parties I et II sont indépendantes

PARTIE I – PROPRIÉTÉS DE L'ACIDE BENZOÏQUE

Les conservateurs sont des substances qui prolongent la durée de conservation des denrées alimentaires en les protégeant des altérations dues aux micro-organismes. La présence d'un conservateur dans les aliments et les boissons est repérée par un code européen (E200 à E297)

L'acide benzoïque C_6H_5-COOH (E210) et le benzoate de sodium C_6H_5-COONa (E211) sont utilisés dans l'industrie comme conservateurs alimentaires pour leurs propriétés fongicides et antibactériennes. Ils sont présents en particulier dans de nombreuses boissons « light ».

Données :

- Propriétés de l'acide benzoïque :
  - Solide blanc d'aspect soyeux.
  - Masse molaire : $M(C_6H_5\text{-COOH}) = 122\ g.mol^{-1}$
  - Solubilité dans l'eau (masse maximale que l'on peut dissoudre dans un litre de solution) : $2,4\ g.L^{-1}$ à 25 °C
- Couples acide-base à 25 °C : $C_6H_5\text{-COOH} / C_6H_5\text{-COO}^-$ $pK_{A1} = 4,2$; H_2O / HO^- $pK_{A2} = 14,0$

A – RÉACTION DE L'ACIDE BENZOÏQUE AVEC L'EAU

On introduit une masse m_0 d'acide benzoïque dans de l'eau distillée afin d'obtenir un volume $V_0 = 100$ mL de solution.
Après dissolution totale, on obtient une solution aqueuse d'acide benzoïque notée S_0 de concentration $C_0 = 1,0 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$. Le pH-mètre indique 3,1 pour le pH de la solution S_0.

1. Quelle masse m_0 faut-il peser pour préparer la solution S_0 ? La solution est-elle saturée ?

2. Écrire l'équation de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau.

3. Tracer le diagramme de prédominance du couple acide benzoïque / ion benzoate. En déduire l'espèce prédominante dans la solution S_0.

4. Compléter le tableau d'avancement joint **en annexe à rendre avec la copie** correspondant à cette transformation chimique, en fonction de C_0, V_0 et $x_{éq}$, avancement à l'état d'équilibre.

5. Déterminer l'avancement maximal x_{max}.

Montrer que le taux d'avancement final τ s'écrit : $\tau = \dfrac{[H_3O^+]_{éq}}{C_0}$, puis le calculer.

Ce résultat est-il en accord avec la question 3. ?

6. Donner l'expression du quotient de réaction à l'état d'équilibre $Q_{r,éq}$ en fonction de $[H_3O^+]_{éq}$ et C_0. Calculer $Q_{r,éq}$.

7. Retrouver la valeur donnée du pK_{A1} du couple acide benzoïque/ion benzoate.

B – RÉACTION DE L'ACIDE BENZOÏQUE AVEC LA SOUDE

On ajoute à la solution S_0 quelques gouttes d'une solution concentrée de soude (hydroxyde de sodium) $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$. Le pH-mètre indique alors 6,2.

1. Indiquer sans calcul, quelle est l'espèce du couple acide benzoïque / ion benzoate qui prédomine dans la solution obtenue.

2. Écrire l'équation de la réaction qui se produit entre l'acide benzoïque et les ions hydroxyde.

Exprimer la constante d'équilibre K de cette réaction. Calculer K.

PARTIE II – LA SYNTHÈSE DU BENZOATE DE MÉTHYLE

Les esters font partie de notre vie : le monde des parfums, les arômes en cuisine…
Ils peuvent être extraits de végétaux, mais il est parfois plus facile et moins onéreux de synthétiser ces molécules en laboratoire. Le benzoate de méthyle, ester utilisé en parfumerie, est un des constituants de diverses huiles essentielles (essence de Niobé, d'œillet ou d'Ylang Ylang).

On prépare le benzoate de méthyle par réaction entre de l'acide benzoïque de formule C_6H_5-COOH avec le méthanol de formule CH_3OH.

Pour réaliser cette réaction, on mélange une masse m_1 = 12,2 g d'acide benzoïque avec un volume V_2 = 30 mL de méthanol, quelques gouttes d'une solution concentrée d'acide sulfurique et quelques grains de pierre ponce.
On chauffe à reflux pendant 60 minutes. Après refroidissement, on verse le contenu du ballon dans une ampoule à décanter contenant de l'eau glacée. On obtient alors deux phases bien distinctes. Après traitement de la phase contenant l'ester, on isole une masse égale à 9,52 g de benzoate de méthyle.

Données :

Composés	Formule	Masse molaire ($g.mol^{-1}$)	Masse volumique ($g.mL^{-1}$)	Solubilité dans l'eau
Acide benzoïque	C_6H_5-COOH	122	1,3	Faible
Méthanol	CH_3OH	32	0,80	Forte
Benzoate de méthyle		136	1,1	Nulle

A - A PROPOS DU MODE OPÉRATOIRE

1. Déterminer les quantités de matière n_1 d'acide benzoïque et n_2 de méthanol introduites.
2. Au vu du mode opératoire, identifier les facteurs cinétiques sur lesquels on joue pour réaliser le plus rapidement cette synthèse.
3. On a effectué un chauffage à reflux du mélange réactionnel. Quelle en est l'utilité ?

B – ÉTUDE DE LA RÉACTION DE SYNTHÈSE DU BENZOATE DE MÉTHYLE

1. Écrire l'équation de la réaction de synthèse du benzoate de méthyle.

2. Déterminer le réactif limitant.

En déduire la quantité de matière théorique d'ester que l'on pourrait obtenir si la transformation était totale.

3. Définir et calculer le rendement expérimental de cette synthèse

EXERCICE II : ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Tableau d'avancement

Équation de la réaction					
État du système	Avancement en mol	Quantités de matière en mol			
État initial	0				
État final (à l'équilibre)	$x_{éq}$				