Exercice n°1: SYNTHESE D'UN COMPOSE AROMATIQUE PRESENT DANS L'OLIVIER DE BOHEME

Antilles – Juin 2007



L'olivier de Bohème (ou Elaeagnus angustifolia) contient un grand nombre de composés aromatiques dont le benzoate d'éthyle de formule : $C_6H_5COOCH_2CH_3$.
On se propose dans cet exercice d'étudier la synthèse du benzoate d'éthyle qui est synthétisé grâce à la réaction qui a lieu entre l' acide benzoïque et l'éthanol.
Cette transformation est modélisée par la réaction d'équation:

$$C_6H_5COOH_{(s)} + CH_3CH_2OH_{(l)} = C_6H_5COOCH_2CH_3{}_{(l)} + H_2O_{(l)}$$

1. ÉTUDE DE LA SYNTHÈSE

1.1. Caractéristiques de la réaction

Choisir la (ou les) bonne(s) réponses) parmi les différentes propositions :

a) il s'agit d'une réaction d'estérification.

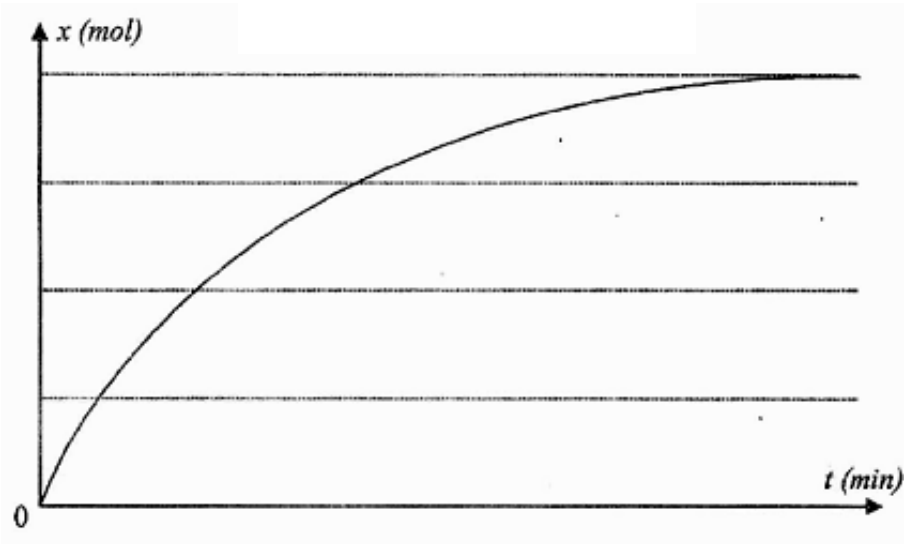
b) il s'agit d'une réaction d'hydrolyse d'un ester.

c) il s'agit d'une réaction de saponification.

d) cette réaction est rapide.

e) cette réaction est lente.

1.2. Le graphique ci-après donne l'allure de l'évolution de l'avancement molaire x de la réaction au cours du temps.



On rappelle que la vitesse volumique de réaction est donnée par la relation : $v = \frac{1}{V}.\frac{dx}{dt}$
où x représente l'avancement molaire de la réaction à la date t et V le volume du mélange réactionnel.

1.2.1. En utilisant l'**ANNEXE 1 (à rendre avec la copie),** justifier à l'aide d'une construction graphique l'évolution de la vitesse de la réaction étudiée précédemment.

1.2.2. Définir le temps de demi-réaction noté $t_{1/2}$.

1.2.3. À l'aide d'une autre construction graphique sur l'**ANNEXE 1**, expliquer comment on peut déterminer ce temps de demi-réaction.

2. TITRAGE DE L'ACIDE BENZOÏQUE RESTANT À t_∞

L'acide benzoïque C_6H_5COOH pourra être noté $RCOOH_{(aq)}$ en solution aqueuse dans la suite de l'exercice.

Données : couples acide / base de l'eau : $H_3O^+_{(aq)}$ / $H_2O_{(l)}$; $H_2O_{(l)}$ /$HO^-_{(aq)}$

2.1 . Propriétés acido-basiques de l'acide benzoïque en solution aqueuse.

2.1.1. Écrire l'équation de la réaction entre l 'acide benzoïque et l'eau.

2.1.2. En déduire l'expression de la constante d'acidité *Ka* du couple acide benzoïque/ion benzoate.

2.1.3. Sachant que cette constante d'acidité vaut $6{,}3.10^{-5}$ à 25°C., vérifier que $pKa = 4{,}2$.

2.1.4. Tracer le diagramme de prédominance du couple acide benzoïque/ion benzoate.

2.1.5. Le *pH* d'une solution d'acide benzoïque vaut 6,0. Quelle est l'espèce prédominante à cette valeur de *pH* ?

Une fois la réaction de synthèse terminée, c'est-à-dire lorsque les quantités de matière des réactifs et des produits n'évoluent plus, on titre par pH-métrie la quantité de matière d'acide benzoïque restant dans le mélange réactionnel.

2.2. La solution de soude ($Na^+_{(aq)}$ + $HO^-_{(aq)}$) utilisée pour ce titrage a pour concentration $C_S = 2{,}0.10^{-1}$ mol.L^{-1}.
On appelle V_S le volume de soude versé au cours du titrage. La courbe $pH = f(V_S)$ obtenue est donnée sur l'**ANNEXE 2 (à rendre avec la copie).**

2.2.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

2.2.2. Déterminer les coordonnées du point d'équivalence.

2.2.3. On note $n_1(ac)$ la quantité de matière d'acide benzoïque présent dans le mélange réactionnel dosé. Montrer que $n_1(ac) = 2{,}4.\ 10^{-3}$ mol.

2.2.4. Si on souhaitait refaire ce titrage plus rapidement, on utiliserait un indicateur coloré. Entre l'hélianthine et la phénolphtaléine, lequel faudrait-il choisir et pourquoi ?

Indicateur coloré	hélianthine	phénolphtaléine
Zone de virage	3,2 – 4,4	8,2 – 10,0

3. RENDEMENT DE LA SYNTHESE

La synthèse du benzoate d'éthyle étudiée précédemment a été réalisée en mélangeant une masse m = 1,0 g d'acide benzoïque et un volume V = 10,0 cm^3 d'éthanol.

3.1. Calculer la quantité de matière $n_0(ac)$ d'acide benzoïque introduit.

3.2. Calculer la quantité de matière $n_0(et)$ d'éthanol introduit.

3.3. Compléter littéralement le tableau d'avancement molaire donné sur l'**ANNEXE 3 (à rendre avec la copie).**

3.4. À l'aide du tableau d'avancement molaire précédent, des réponses aux questions 2.2.2. et 3.1., déterminer la quantité de matière $n_1(be)$ de benzoate d'éthyle qui s'est formée lorsque la réaction est terminée.

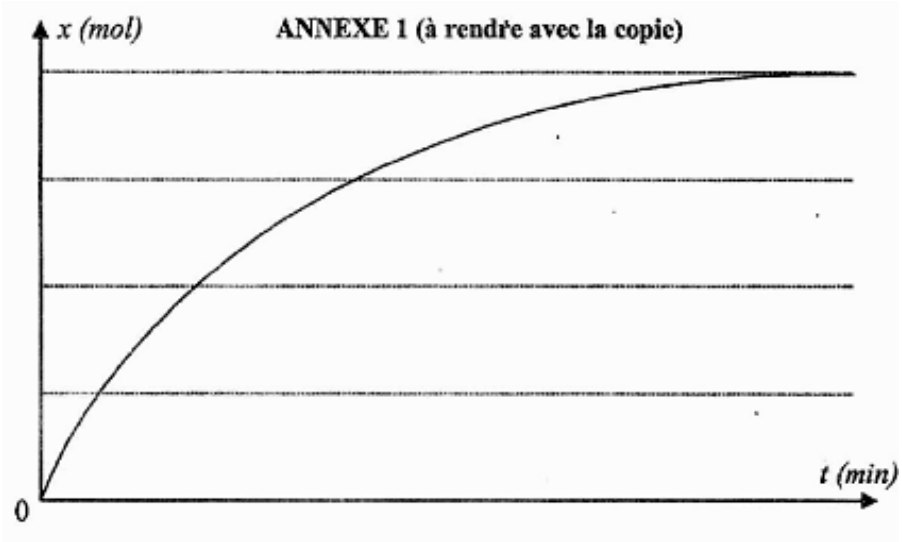
3.5. Exprimer puis calculer le rendement de la réaction à la date t_∞, c'est-à-dire lorsque les quantités de matière des réactifs et des produits n'évoluent plus.

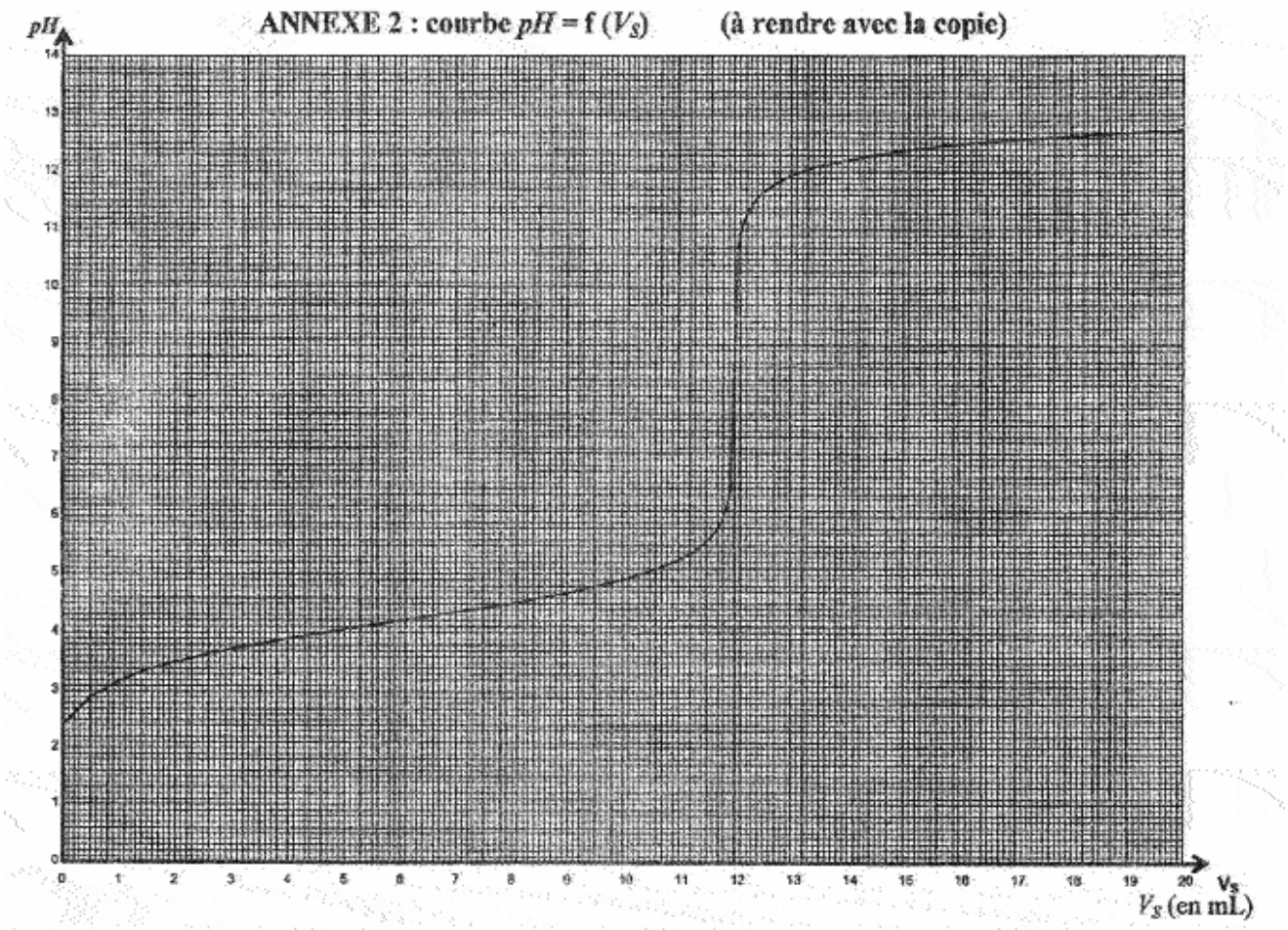
3.6. Citer deux méthodes qui permettraient d'augmenter la vitesse de cette réaction.

Données :

Espèce chimique	acide benzoïque	benzoate d'éthyle	éthanol
Masse molaire (en g.mol^{-1})	122	150	46

Masse volumique de l'éthanol : μ = 0,79 g.cm^{-3}





ANNEXE 3 (à rendre avec la copie)

Équation de la réaction		$C_6H_5COOH_{(s)} + CH_3CH_2OH_{(l)} = C_6H_5COOCH_2CH_3{}_{(l)} + H_2O_{(l)}$			
État du système	Avancement x (mol)	Quantité de matière (en mol)			
État initial	$x = 0$	$n_0(ac)$	$n_0(et)$	0	0
État final	$x = x_f$	$n_1(ac) =$	$n_1(et) =$	$n_1(be) =$	$n_1(eau) =$