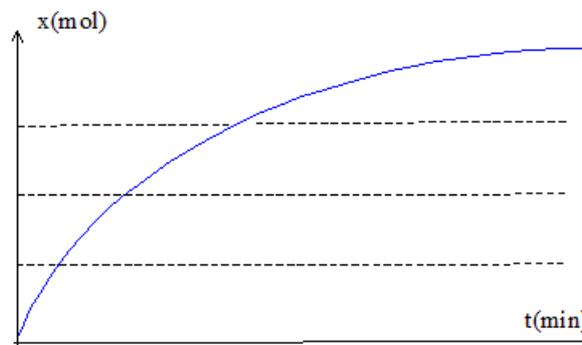


Exercice résolu: synthèse d'un ester, le benzoate d'éthyle

Source: <http://www.chimix.com/an7/bac7/ant70.htm>

Le benzoate d'éthyle est synthétisé à partir de l'acide benzoïque et l'éthanol. Cette transformation est modélisée par la réaction d'équation : $8\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} = \text{C}_6\text{H}_5\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

I-Etude de la synthèse :



- Justifier à l'aide d'une construction graphique l'évolution de la vitesse de la réaction étudiée.
- Définir le temps de demi réaction $t_{1/2}$. - Expliquer comment on peut déterminer graphiquement le temps de demi-réaction.

Correction partie I

1-La réaction entre un acide carboxylique et un alcool est une estérification ; cette réaction est lente. (a) et (e) sont donc vraies.

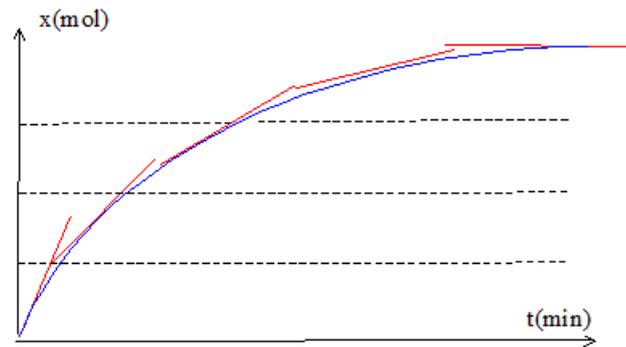
2-Evolution de la vitesse de la réaction étudiée :

Expression de la vitesse $v = 1/V dx/dt$ avec V: volume en (L) et x : avancement en mol.

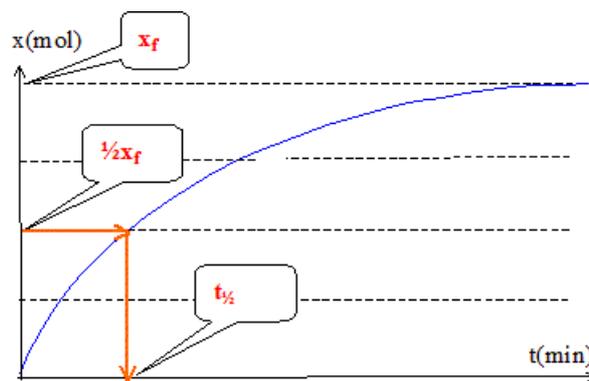
dx/dt représente le coefficient directeur de la tangente à la courbe $x=f(t)$ à une date donnée.

Or on peut constater que les tangentes sont de moins en moins inclinées sur l'horizontale au cours du temps : leur coefficient directeur diminue donc.

La vitesse étant proportionnelle à ce coefficient, la vitesse diminue au cours du temps.



Le temps de demi réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement est égal à la moitié de l'avancement final x_f .



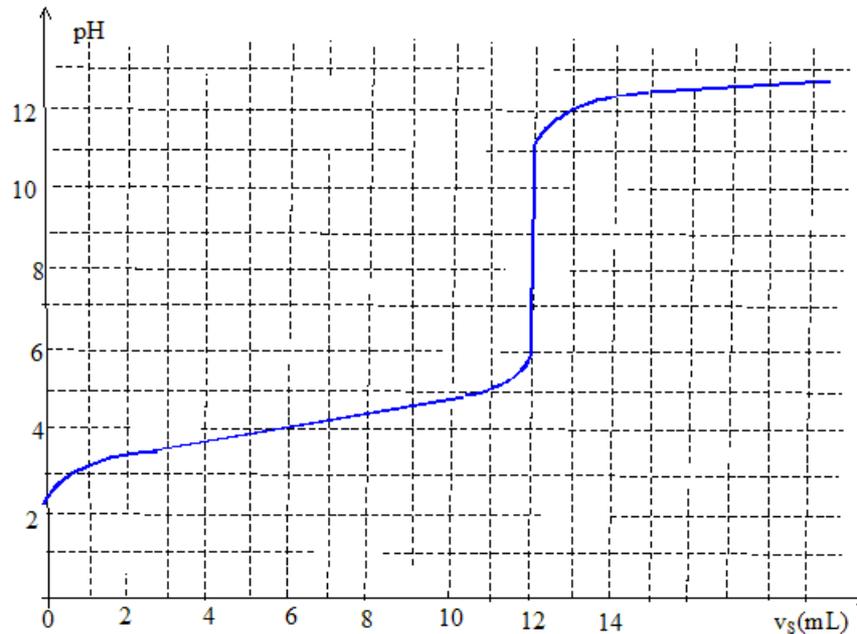
II-Titrage de l'acide benzoïque restant :

L'acide benzoïque C_6H_5COOH pourra être noté $R-COOH$ (aq) en solution aqueuse dans la suite de l'exercice. Propriétés acido-basiques de l'acide benzoïque en solution aqueuse.

- Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide benzoïque et l'eau.
- En déduire l'expression de la constante d'acidité K_a du couple acide benzoïque / ion benzoate.
- Sachant que cette constante d'acidité vaut $6,3 \cdot 10^{-5}$ à $25^\circ C$, vérifier que $pK_a = 4,2$.
- Tracer le diagramme de prédominance du couple acide benzoïque / ion benzoate.
- 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 pHmétrie la quantité de matière d'acide benzoïque restant dans le mélange réactionnel. La solution de soude ($Na^+(aq) + HO^-(aq)$) utilisée pour le titrage a pour concentration $c_S = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$. On appelle v_S le volume de soude versé au cours du titrage.

La courbe $pH = f(v_S)$ est donnée ci-dessous.



- Ecrire l'équation de la réaction support du titrage.
- Déterminer les coordonnées du point d'équivalence.
- On note $n_1(\text{ac})$ la quantité de matière d'acide benzoïque présent dans le mélange réactionnel dosé. Montrer que $n_1(\text{ac}) = 2,4 \cdot 10^{-3}$ mol.
- 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 virage de	3,2 - 4,4	8,2 - 10,0

Correction partie II

1-Equation de la réaction entre l'acide benzoïque et l'eau :

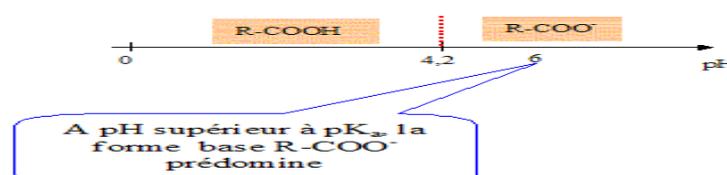


Expression de la constante d'acidité K_a du couple acide benzoïque / ion benzoate :

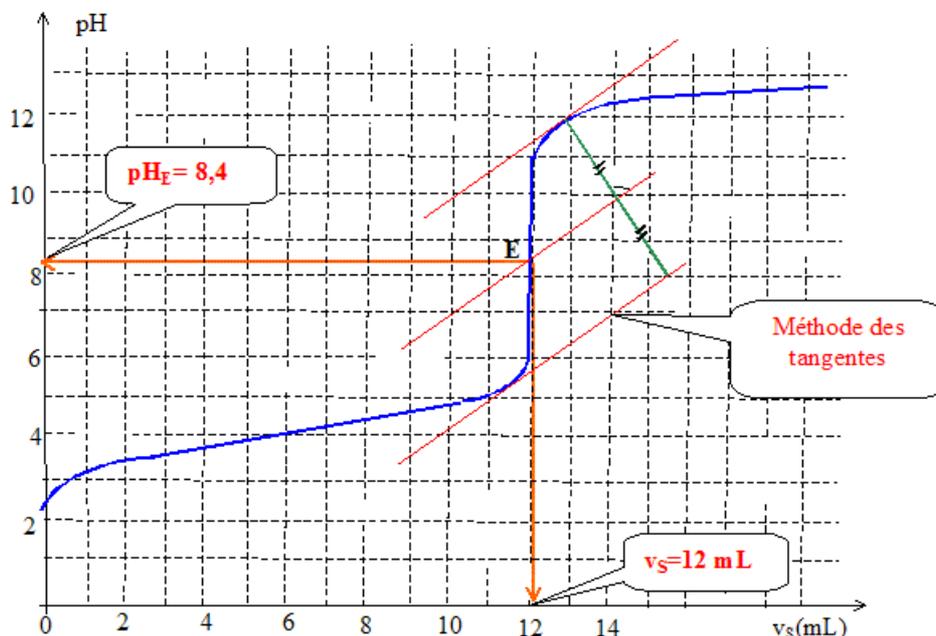
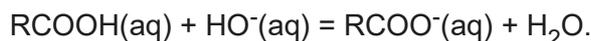
$$K_a = \frac{[\text{RCOO}^-(\text{aq})]_{\text{éq}} [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]_{\text{éq}}}{[\text{RCOOH}(\text{aq})]_{\text{éq}}}$$

$$\text{p}K_a = -\log K_a = -\log 6,3 \cdot 10^{-5} = 4,2.$$

Diagramme de prédominance du couple acide benzoïque / ion benzoate :



2- Equation de la réaction support du titrage :



A l'équivalence les quantités de matière des réactifs mis en présence sont en proportions stoechiométriques.

$$n_1(\text{ac}) = n(\text{soude}) = c_S v_S = 2,0 \cdot 10^{-1} \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

Entre l'hélianthine et la phénolphtaléine, lequel faudrait-il choisir ?

La zone de virage de l'indicateur coloré doit contenir le pH du point équivalent.

La phénolphthaléine convient.

III-Rendement de la synthèse :

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 $v= 10,0$ mL d'éthanol. Calculer la quantité de matière d'acide benzoïque introduit. Calculer la quantité de matière d'éthanol introduit. Etablir le tableau d'avancement molaire avec les expressions littérales. Déterminer la quantité de matière d'ester n (ester) qui s'est formé lorsque la réaction est terminée. Exprimer puis calculer le rendement de la réaction. Citer deux méthodes qui permettraient d'augmenter la vitesse de la réaction.

espèces chimiques	acide benzoïque	benzoate d'éthyle	éthanol
masse molaire (g/mol)	122	150	46

Masse volumique de l'éthanol $\rho = 0,79$ g/mL.

Correction partie II

1-Quantité de matière d'acide benzoïque introduit :

$$n_0(\text{ac}) = m/M = 1,0 / 122 = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

2-Quantité de matière d'éthanol introduit :

$$\text{masse (g)} = \text{volume (mL)} \text{ fois masse volumique (g/mL)} = 10,0 \cdot 0,79 = 7,9 \text{ g.}$$

$$n_0(\text{éth}) = m/M = 7,9/46 = 1,7 \cdot 10^{-1} \text{ mol.}$$

Une mole d'acide réagissant avec une mole d'éthanol, ce dernier est en large excès.

Tableau d'avancement:

	avancement (mol)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	+ $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$	= $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3$	+ H_2O .
initial	0	$n_0(\text{ac})$	$n_0(\text{éth})$	0	0
final	x_f	$n_0(\text{ac})-x_f$	$n_0(\text{éth}) -x_f$	x_f	x_f

Quantité de matière d'ester :

Avec $n_0(\text{ac})-x_f = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ et $n_0(\text{ac}) = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

d'où $x_f = (8,2-2,4) \cdot 10^{-3} = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$

Rendement de la réaction :

$h = x_f / x_{\text{max}}$ avec $x_{\text{max}} = n_0(\text{ac})$, l'éthanol est en excès.

$$H = 5,8 \cdot 10^{-3} / 8,2 \cdot 10^{-3} = 5,8/8,2 = 0,71 \rightarrow (71 \%)$$

Pour accélérer la réaction on peut utiliser un catalyseur (acide sulfurique concentré) ou travailler à température plus élevée (chauffage à reflux).

Bas du formulaire