Bac 2026 Centres étrangers 1 Jour 2 **Correction https://www.labolycee.org**
Spécialité physique chimie

Exercice 3 : Une synthèse non totale, l'estérification (4 points)

1.Mode opératoire de l'estérification

La synthèse de l'ester étudié est réalisée avec le protocole expérimental suivant :
- introduire 0,150 mol d'acide éthanoïque pur et 0,150 mol d'éthanol pur dans un ballon ;
- ajouter un volume de 0,5 mL d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce ;
- adapter un réfrigérant à eau ;
- chauffer l'ensemble à reflux pendant 1 h. Laisser refroidir le mélange réactionnel.

Données :
Masses molaires atomiques : - M(H) = 1,0 g.mol^{-1} ;
- M(C) = 12,0 g.mol^{-1};
- M(O) = 16,0 g.mol^{-1}.

Q.1. Choisir parmi les montages ci-dessus un montage adapté à la synthèse de l'ester. Indiquer l'intérêt de l'élément 1 et celui de l'élément 2 sur le montage choisi.

Le montage 2 correspond à un montage de chauffage à reflux.
L'élément 1 est un chauffe-ballon qui permet d'augmenter la température. Or celle-ci est un facteur cinétique, ainsi on augmente la vitesse de réaction.
L'élément 2 est un réfrigérant à boules, il refroidit les vapeurs formées qui retombent dans le ballon sous forme liquide. Ainsi on évite les pertes de matière.

L'équation de la réaction modélisant l'estérification étudiée est la suivante :

$$CH_3COOH(\ell) + C_2H_5OH(\ell) \rightleftarrows CH_3COOC_2H_5(\ell) + H_2O(\ell)$$
(Acide) (Alcool) (Ester) (Eau)

Q.2. Indiquer le rôle de l'acide sulfurique H_2SO_4(aq) et l'intérêt de son ajout.

L'acide sulfurique n'apparaît pas dans l'équation de la réaction. C'est un catalyseur, qui permet d'augmenter la vitesse de réaction.

Q.3. Calculer la valeur de la masse d'ester si la réaction était totale.

Le candidat peut éventuellement s'aider d'un tableau d'avancement.

D'après l'équation de la réaction la consommation d'une mole d'alcool conduit à la formation d'une mole d'ester de formule brute $C_4H_8O_2$.

$n_{alcool} = n_{ester}$

$$n_{alcool} = \frac{m_{ester}}{M_{ester}}$$

$m_{ester} = n_{alcool} \cdot M_{ester}$

m_{ester} = 0,150 × (4×12,0 + 8×1,0 + 2×16,0) = 0,150 mol × 88,0 g·mol^{-1} = 13,2 g d'ester au maximum.

2. L'estérification : une réaction non totale

Pour cette réaction, le quotient de réaction Q_r peut s'écrire : $Q_r = \frac{n_{ester} \times n_{eau}}{n_{acide} \times n_{alcool}}$.

Q.4. Rappeler la définition du taux d'avancement τ. Montrer ensuite que la constante d'équilibre *K* de l'estérification étudiée peut s'écrire : $K = \frac{\tau^2}{(1-\tau)^2}$.

Par définition $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$

équation chimique		Acide +	Alcool ⇄	Ester +	Eau
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$	n_0	n_0	0	0
En cours de transformation	x	$n_0 - x$	$n_0 - x$	x	x
État final équilibre	x_f	$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$	x_f	x_f
État final si totale	x_{max}	$n_0 - x_{max} = 0$	$n_0 - x_{max} = 0$	x_{max}	x_{max}

$Q_r = \frac{n_{ester} \times n_{eau}}{n_{acide} \times n_{alcool}}$ ainsi dans l'état final d'équilibre $Q_{r,éq} = K = = \frac{(n_{ester})_f \times (n_{eau})_f}{(n_{acide})_f \times (n_{alcool})_f}$

D'après le tableau $(n_{ester})_f = (n_{eau})_f = x_f$ et $(n_{acide})_f = (n_{alcool})_f = n_0 - x_f$

$$K = \frac{x_f \cdot x_f}{(n_0 - x_f)\cdot(n_0 - x_f)}$$

D'après le tableau $x_{max} = n_0$ et $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$, donc $\tau = \frac{x_f}{n_0}$ ainsi $x_f = \tau \cdot n_0$

$$K = \frac{\tau \cdot n_0 \cdot \tau \cdot n_0}{(n_0 - \tau \cdot n_0)\cdot(n_0 - \tau \cdot n_0)} = \frac{n_0^2 \cdot \tau^2}{n_0(1-\tau)\cdot n_0(1-\tau)} = \frac{\tau^2}{(1-\tau)^2}$$

La relation précédente peut s'écrire sous la forme : $(K - 1)\cdot\tau^2 + 2K\cdot\tau + K = 0$

Pour l'estérification étudiée, à la température du milieu réactionnel, la constante d'équilibre *K* est égale à 4,0. Le traitement mathématique du polynôme précédent donne deux solutions :

$\tau_1 = 0{,}67$ et $\tau_2 = 2{,}0$

Q.5. Choisir, en justifiant, parmi les deux solutions τ_1 et τ_2, le taux d'avancement final réel de cette réaction.

$\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$ or $x_f \leq x_{max}$ donc $\tau \leq 1$

Le taux d'avancement final réel est donc $\tau_1 = 0{,}67$.

Q.6. Déterminer la valeur de la masse d'ester produit lors de cette synthèse.

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{n_{ester}}{n_{alcool}} = \frac{n_{ester}}{n_0}$$

$n_{ester} = \tau \cdot n_0$

$m_{ester} = \tau \cdot n_0 . M_{ester}$

$m_{ester} = 0{,}67 \times 0{,}150 \times 88{,}0 = 8{,}8$ g d'ester

Un chimiste souhaite optimiser le rendement ρ de cette estérification en changeant des paramètres expérimentaux.

Q.7. Proposer deux modifications permettant d'atteindre cet objectif.

Le chimiste peut utiliser le montage 3. C'est un Dean-Stark qui permet d'éliminer l'eau au fur et à mesure de sa formation.

Il peut aussi mettre un des deux réactifs en large excès.

Votre relecture nous est précieuse, merci de nous signaler la présence d'éventuelles erreurs à labolycee@labolycee.org.