Etude de l'estérification

Bac S 2003 Liban (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Écrire l'équation de la réaction d'estérification qui se produit dans chaque ampoule. Nommer l'ester formé.

L'acide éthanoïque réagit avec l'éthanol pour donner un ester et de l'eau :

$$CH_3COOH\,(l) + C_2H_5OH\,(l) = CH_3COOC_2H_5\,(l) + H_2O\,(l)$$

L'ester formé est l'**éthanoate d'éthyle**, $CH_3COOC_2H_5$.

PIÈGE
Oublier l'eau parmi les produits, ou écrire une flèche simple : la réaction est limitée, on garde le signe « = » (ou une double flèche).

MÉTHODE
Nom d'un ester : la chaîne venant de l'acide prend la terminaison « -oate » (éthanoate), celle venant de l'alcool devient un groupe alkyle (éthyle).

2 Pourquoi refroidit-on rapidement les ampoules avant chaque dosage ?

La température est un facteur cinétique : en refroidissant brutalement l'ampoule, on rend la vitesse de l'estérification pratiquement nulle. C'est une **trempe**.

La composition du mélange reste figée : le dosage donne bien la quantité d'acide présente à la date t où l'ampoule a été sortie de l'enceinte.

COMPRENDRE
Sans trempe, l'estérification se poursuivrait pendant le dosage et la quantité d'acide mesurée ne correspondrait plus à la date t.

3.a À l'aide du tableau d'avancement de la réaction, déterminer l'avancement maximal x_{max}.

Données utiles $n_0 = 0{,}10$ mol de chaque réactif

(mol)	CH_3COOH	C_2H_5OH	$CH_3COOC_2H_5$	H_2O
initial	$0{,}10$	$0{,}10$	0	0
date t	$0{,}10 - x$	$0{,}10 - x$	x	x
final	$0{,}10 - x_f$	$0{,}10 - x_f$	x_f	x_f

Les réactifs sont en proportions stœchiométriques. Si la transformation était totale, ils seraient tous deux entièrement consommés : $0{,}10 - x_{max} = 0$.

$x_{max} = 0{,}10 \text{ mol} = 100 \text{ mmol}$

COMPRENDRE
x_{max} est une valeur théorique, calculée comme si la réaction était totale. Elle est la même pour les dix ampoules, toutes préparées de façon identique.

3.b Calculer l'avancement final x_f dans chaque ampoule et reporter les valeurs dans le tableau de l'annexe.

Données utiles $n_0 = 100$ mmol ; quantités n d'acide restant (tableau de l'annexe)

D'après le tableau d'avancement, l'acide restant dans une ampoule vaut $n = n_0 - x_f$, donc :

$$x_f = n_0 - n = 100 - n \quad \text{(en mmol)}$$

Exemple, ampoule ouverte à $t = 4$ h : $x_f = 100 - 75 = 25$ mmol.

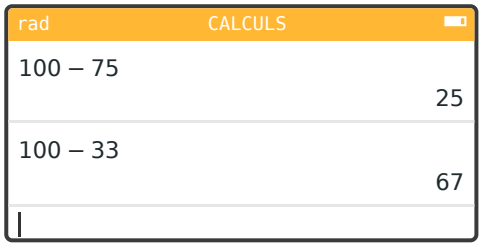
t (h)	n (mmol)	x_f (mmol)	τ
0	100	0	0
4	75	25	0,25
10	64	36	0,36
20	52	48	0,48
40	44	56	0,56
100	36	64	0,64
150	35	65	0,65
200	34	66	0,66
250	33	67	0,67
300	33	67	0,67

$x_f = 100 - n$: de 0 mmol ($t = 0$) à 67 mmol ($t \geqslant 250$ h).

PIÈGE
Recopier n dans la ligne x_f : le dosage donne l'acide **restant**, pas l'acide consommé.

COMPRENDRE
Le sujet appelle « avancement final » l'avancement atteint dans l'ampoule au moment du dosage. Le véritable état final du système n'est atteint que lorsque n ne varie plus (33 mmol).

À LA CALCULATRICE



4 Définir le taux d'avancement final τ. Le calculer pour chaque ampoule et reporter les valeurs dans le tableau de l'annexe.

Données utiles $x_{max} = 100$ mmol (3.a) ; x_f (3.b)

Le taux d'avancement final est le rapport de l'avancement final à l'avancement maximal :

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

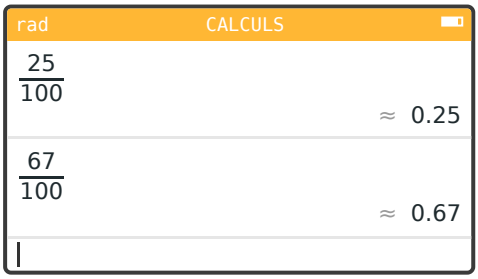
Ici $\tau = \dfrac{x_f}{100}$ avec x_f en mmol. Exemple à $t = 4$ h : $\tau = \dfrac{25}{100} = 0{,}25$.

Les valeurs figurent sur la dernière ligne du tableau de la question 3.b.

$\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}}$; il passe de 0 à 0,67 (soit 67 %).

COMPRENDRE
τ est sans unité, compris entre 0 et 1. Deux chiffres significatifs, comme les quantités dosées. $\tau = 1$ signifierait une transformation totale.

À LA CALCULATRICE



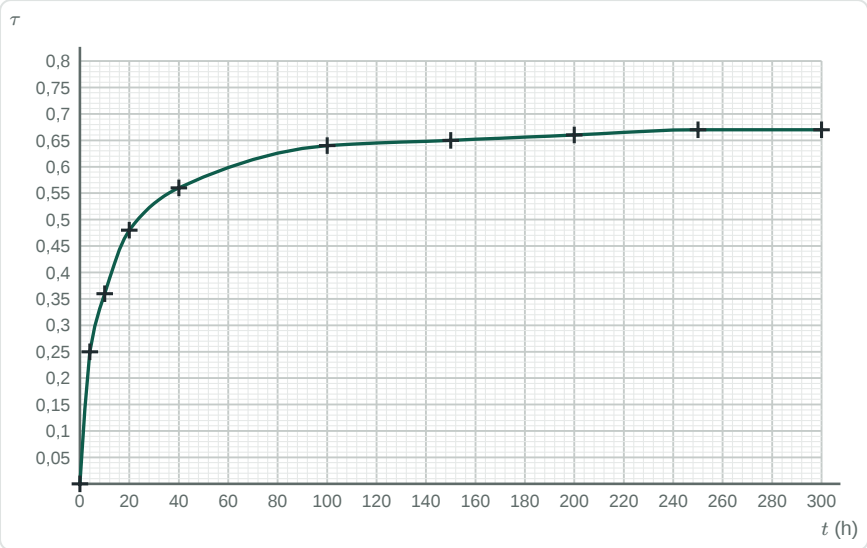
5 Tracer la courbe $\tau(t)$ représentant le taux d'avancement de l'estérification en fonction du temps (1 cm pour 20 h ; 1 cm pour 0,05).

Données utiles valeurs de τ (4)

On place les dix points $(t\,;\,\tau)$ du tableau, puis on trace à la main une courbe régulière passant au plus près des points.

La courbe part de l'origine, croît de moins en moins vite, puis présente un palier horizontal à $\tau = 0{,}67$.

MÉTHODE
Ne pas relier les points à la règle : on trace une courbe lissée. Avec l'échelle imposée, le graphe mesure 15 cm de large et environ 14 cm de haut.



5 · Taux d'avancement de l'estérification en fonction du temps (points du tableau et courbe lissée)

6 À partir de l'allure de la courbe $\tau(t)$, énoncer deux propriétés de la transformation étudiée.

- τ augmente progressivement et ne se stabilise qu'après plus de 200 heures, bien que le mélange soit à 100 °C : la transformation est **lente**.
- La courbe tend vers un palier à $\tau = 0{,}67 < 1$: aucun réactif n'est épuisé dans l'état final, la transformation est **limitée** (non totale).

L'estérification est une transformation lente et limitée.

COMPRENDRE
Le palier correspond à un état d'équilibre : l'ester et l'eau formés réagissent entre eux (hydrolyse) aussi vite que l'acide et l'alcool. La valeur $0{,}67$ est typique d'un mélange équimolaire avec un alcool primaire.

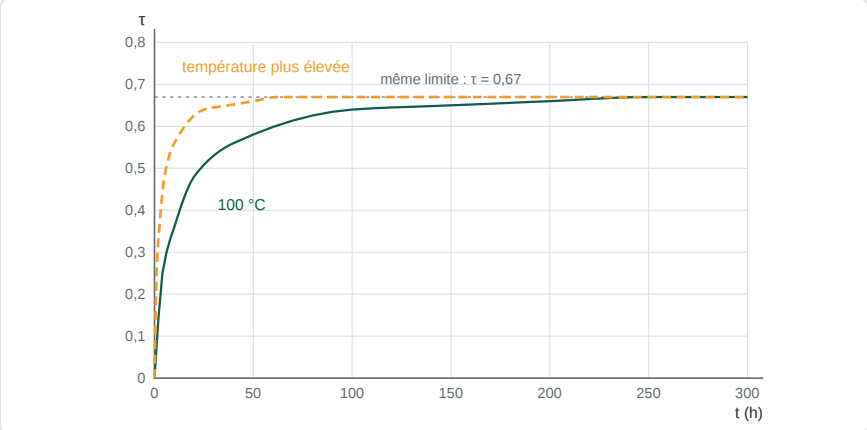
7 Tracer, sur le même graphe, l'allure de la courbe qui serait obtenue à une température plus élevée. Justifier.

La température est un facteur cinétique : à température plus élevée, la transformation est plus rapide. La nouvelle courbe monte donc plus vite (elle est au-dessus de la précédente au départ) et atteint son palier plus tôt.

En revanche, la température ne modifie pas l'état final de l'estérification : le palier reste à $\tau = 0{,}67$.

Même palier $\tau = 0{,}67$, atteint plus rapidement : courbe en tirets orange.

PIÈGE
Dessiner un palier plus haut. Chauffer fait gagner du temps, pas du rendement : la limite de l'estérification ne dépend pas de la température.



7 · Allure de la courbe à température plus élevée (tirets orange) : montée plus rapide, même palier