Fabrication et propriétés d'un savon

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

1 Partie I, mode opératoire. **a)** Nommer l'opération réalisée aux étapes 1 et 3. **b)** Justifier l'emploi de l'eau salée à l'étape 2. **c)** Nommer les éléments (a), (b), (c) du montage ; rôle de (a). **d)** Rôle de la pierre ponce. **e)** Pourquoi opère-t-on à chaud ?

Données utiles savon : soluble dans l'eau, peu soluble dans l'eau salée ; soude : soluble dans l'eau salée

a) Étape 1 : chauffage à reflux. Étape 3 : filtration sous vide (sur entonnoir Büchner).

b) Le savon se dissout dans l'eau, mais très peu dans l'eau salée : versé dans la solution de chlorure de sodium, il précipite et on peut le recueillir par filtration. La soude restante, soluble dans l'eau salée, reste dans le filtrat.

c) (a) : réfrigérant à boules (réfrigérant à eau) ; (b) : ballon ; (c) : chauffe-ballon. Le réfrigérant condense les vapeurs qui s'élèvent du mélange : elles retombent à l'état liquide dans le ballon. On chauffe ainsi sans perdre de matière.

d) La pierre ponce régularise l'ébullition et évite les projections.

e) La température est un facteur cinétique.

Chauffer accélère la transformation : la saponification, très lente à froid, est réalisée en trente minutes.

PIÈGE

Répondre seulement « filtration » ou « chauffage » ne suffit pas : le schéma montre une fiole à vide reliée à une trompe à eau et un réfrigérant vertical, d'où « sous vide » et « à reflux ».

COMPRENDRE

Cette précipitation du savon dans l'eau salée s'appelle le relargage. L'éthanol, lui, dissout à la fois l'oléine et la soude : les réactifs sont dans une même phase et se rencontrent mieux.

2 Partie I, étude quantitative. **a)** Écrire l'équation de la réaction de l'étape 1 avec les formules semi-développées ; nommer les produits 1 et 2. **b)** Compléter le tableau d'avancement de l'annexe et en déduire le réactif limitant. **c)** Définir puis calculer le rendement.

Données utiles $n_0(\text{oléine}) = 2{,}0 \times 10^{-2}$ mol ; $n_1(\text{soude}) = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol ; $m_{\text{exp}} = 10{,}5$ g ; $M(\text{savon}) = 304\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

a) Saponification de l'oléine (un triester) par les ions hydroxyde :

$$\begin{array}{l} C_{17}H_{33}-CO-O-CH_2 \\ C_{17}H_{33}-CO-O-CH \\ C_{17}H_{33}-CO-O-CH_2 \end{array} + 3\,(Na^+ + HO^-) \longrightarrow 3\,(C_{17}H_{33}-COO^- + Na^+) + \begin{array}{l} CH_2-OH \\ CH-OH \\ CH_2-OH \end{array}$$

Produit 1 : oléate de sodium (le savon). Produit 2 : glycérol (propane-1,2,3-triol).

b) Tableau complété : voir l'annexe. L'avancement maximal est la plus petite des deux valeurs :

- oléine épuisée : $n_0 - x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = 2{,}0 \times 10^{-2}$ mol ;
- soude épuisée : $n_1 - 3\,x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = \dfrac{n_1}{3} = \dfrac{5{,}0 \times 10^{-2}}{3} = 1{,}7 \times 10^{-2}$ mol.

Donc $x_{\max} = 1{,}7 \times 10^{-2}$ mol : la soude est le réactif limitant.

c) Le rendement est le quotient de la masse de savon réellement obtenue par la masse maximale que l'on obtiendrait si la transformation était totale et sans perte : $\eta = \dfrac{m_{\text{exp}}}{m_{\max}}$.

$m_{\max} = 3\,x_{\max} \times M(\text{savon}) = n_1 \times M(\text{savon}) = 5{,}0 \times 10^{-2} \times 304 = 15{,}2$ g

$$\eta = \frac{10{,}5}{15{,}2} = 0{,}69$$

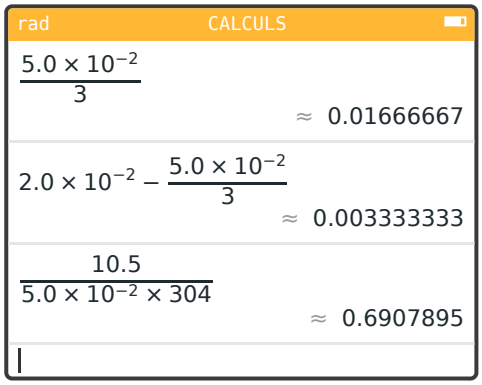
$\eta = 0{,}69$, soit un rendement de 69 %.

PIÈGE
Comparer directement $2{,}0 \times 10^{-2}$ et $5{,}0 \times 10^{-2}$ mol conduit à désigner l'oléine. Il faut diviser chaque quantité par son nombre stœchiométrique : la soude est consommée trois fois plus vite.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les quantités de matière initiales. Dans le calcul, on garde $3\,x_{\max} = n_1$ exactement : reprendre la valeur arrondie $1{,}7 \times 10^{-2}$ fausserait le dernier chiffre.

MÉTHODE
Le rendement se calcule toujours à partir du réactif limitant. Ici, il est inférieur à 1 : transformation peut-être inachevée, savon resté dissous dans l'eau salée, pertes au transvasement et au rinçage.

À LA CALCULATRICE



	Oléine	Soude	Produit 1 savon	Produit 2 glycérol
Quantité de matière dans l'état initial (en mol)	2,0×10⁻²	5,0×10⁻²	0	0
Quantité de matière en cours de transformation (en mol)	2,0×10⁻² − x	5,0×10⁻² − 3x	3x	x
Quantité de matière dans l'état final (en mol)	3,3×10⁻³	0	5,0×10⁻²	1,7×10⁻²

Avancement maximal : 1,7×10⁻² mol (la soude est épuisée)

2 · Annexe complétée : en orange, ce que l'élève écrit

1 Partie II. Sur le schéma de l'ion carboxylate, identifier la partie hydrophile et la partie hydrophobe. Justifier la solubilité du savon dans l'eau.

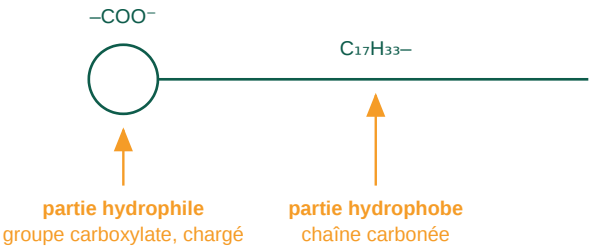
Le cercle représente le groupe carboxylate $-COO-$: il porte une charge et attire les molécules d'eau, qui sont polaires. C'est la partie hydrophile.

Le trait représente la longue chaîne carbonée $C_{17}H_{33}{}^{-}$, non polaire, sans affinité pour l'eau : c'est la partie hydrophobe.

Le savon est soluble dans l'eau grâce à ses têtes hydrophiles, qui s'entourent de molécules d'eau. Les ions se regroupent en micelles : les chaînes se rassemblent au centre, à l'abri de l'eau, et les têtes chargées restent en surface, au contact de l'eau.

Groupe carboxylate (cercle) : hydrophile ; chaîne carbonée (trait) : hydrophobe.

COMPRENDRE
La chaîne hydrophobe a de l'affinité pour les graisses : elle s'y plante pendant que la tête reste dans l'eau. La salissure grasse est ainsi entourée, détachée et emportée par l'eau de rinçage.



1 · Schéma de l'ion carboxylate du sujet, légendé

2 Partie II. Écrire l'équation de la réaction entre l'ion carboxylate et l'eau, en précisant les couples acido-basiques mis en jeu.

L'ion carboxylate est une base : il capte un ion H^+ cédé par l'eau, qui joue le rôle d'acide.

Couples acide / base : $C_{17}H_{33}COOH$ / $C_{17}H_{33}COO^-$ et H_2O / HO^-.

$$C_{17}H_{33}COO^-\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons C_{17}H_{33}COOH\,(aq) + HO^-\,(aq)$$

PIÈGE
Utiliser le couple H_3O^+/H_2O : l'eau y est la base. Face à une base, l'eau intervient comme acide, par le couple H_2O/HO^-.

COMPRENDRE
La réaction produit des ions hydroxyde : c'est ce qui rend l'eau savonneuse basique (pH supérieur à 7). Elle est très limitée, d'où la double flèche (le sujet de 2003 écrit un signe « = »).