

CLASSE : Terminale

VOIE : ☒ Générale

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h53

EXERCICE 3 : 5 points

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : physique-chimie

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui sans mémoire, « type collègue »

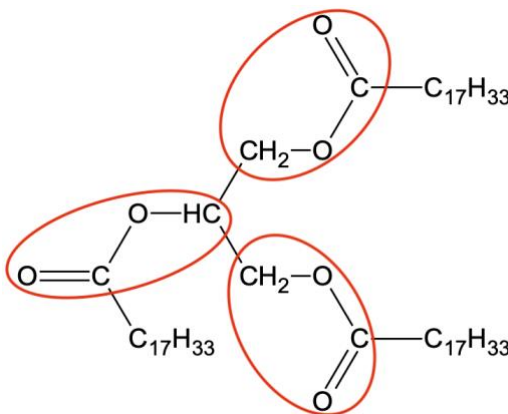
EXERCICE 3 Un savon fait maison

1. Un savon surgras fait maison

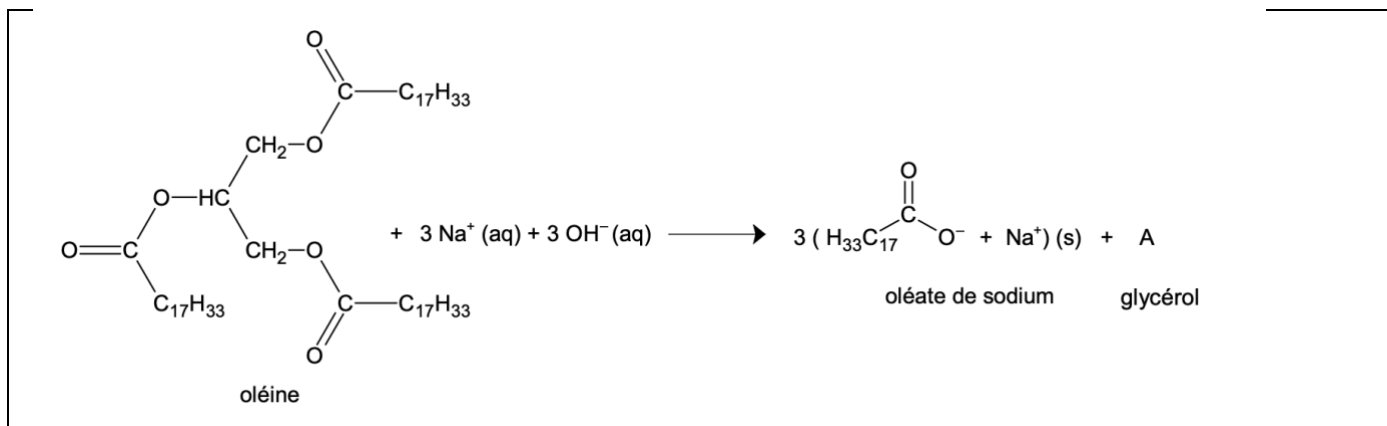
Q1.

Oléine :

- Famille : Ester
- Groupe caractéristique : carboxyle ou ester



Q2.



Réactifs		Produits	
Oléine : $\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$	3 Na^+ et 3 OH^-	3 Oléate de sodium : $3\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2^-$ et 3 Na^+	Glycérol
Bilan d'atomes : 56 C – 107 H – 9 O – 3 Na Charge : nulle		Bilan d'atomes : 54 C – 99 H – 6 O – 3 Na Charge : nulle	

A est constitué de :

- $57 - 54 = 3$ atomes de carbone
- $107 - 99 = 8$ atomes d'hydrogène
- $9 - 6 = 3$ atomes d'oxygène

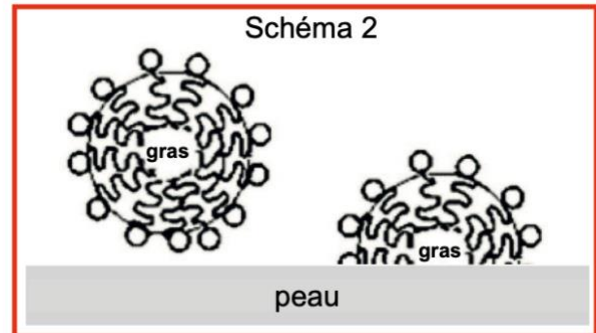
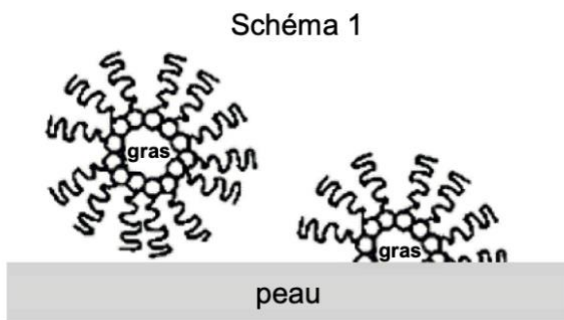
Formule brute du glycérol : $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$

Q3.

La partie hydrophile, entourée sur la figure 1, s'entourera d'eau.

La partie lipophile qui correspond à la chaîne carbonée s'entourera de gras.

Le schéma 2 illustre les propriétés lavantes des savons.

**Q4.**

Concentration en quantité de matière de la solution d'hydroxyde de sodium :

$$C = \frac{n}{V}$$

Or

$$n = \frac{m}{M}$$

Donc

$$C = \frac{m}{M \times V}$$

$$C = \frac{m}{M \times V}$$

$$C = \frac{25}{40 \times 50 \times 10^{-3}}$$

$$C = 13 \text{ mol. L}^{-1}$$

C'est une concentration très élevée. D'où la consigne importante : « la saponification est dangereuse et nécessite de porter une blouse, des lunettes de protection et des gants ».

Q5.

Les ions HO⁻ sont responsable du caractère basique de la solution.

Les ions HO⁻ sont des réactifs, ainsi la concentration des ions HO⁻ diminue au cours de la fabrication du savon : la solution devient moins basique, le pH diminue.

Q6.

Calculons les quantités initiales des réactifs :

$$n_{\text{Na}^+} = n_{\text{HO}^-} = C \times V$$

$$n_{\text{Na}^+} = n_{\text{HO}^-} = 13 \times 50 \times 10^{-3}$$

$$n_{\text{Na}^+} = n_{\text{HO}^-} = 0,65 \text{ mol}$$

$$n_{\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6} = \frac{m_{\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6}}{M_{\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6}}$$

Or

$$\rho_{C_{57}H_{104}O_6} = \frac{m_{C_{57}H_{104}O_6}}{V_{C_{57}H_{104}O_6}}$$

$$\frac{m_{C_{57}H_{104}O_6}}{V_{C_{57}H_{104}O_6}} = \rho_{C_{57}H_{104}O_6}$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6} = \rho_{C_{57}H_{104}O_6} \times V_{C_{57}H_{104}O_6}$$

Donc

$$n_{C_{57}H_{104}O_6} = \frac{\rho_{C_{57}H_{104}O_6} \times V_{C_{57}H_{104}O_6}}{M_{C_{57}H_{104}O_6}}$$

$$n_{C_{57}H_{104}O_6} = \frac{0,91 \times 220}{884}$$

$$n_{C_{57}H_{104}O_6} = 0,23 \text{ mol}$$

	$C_{57}H_{104}O_6$	$+3Na^+(aq)$	$+3HO^-(aq)$	\rightarrow	$3(C_{18}H_{33}O_2^- + Na^+)(s)$	$+C_3H_8O_3$
État initial	0,23	0,65	0,65		0	0
État intermédiaire	$0,23 - x$	$0,65 - 3x$	$0,65 - 3x$		$3x$	x
État final	$0,23 - x_f$	$0,65 - 3x_f$	$0,65 - 3x_f$		$3x_f$	x_f

Calculons x_{\max} :

$$0,23 - x_{\max 1} = 0$$

$$-x_{\max 1} = -0,23$$

$$x_{\max 1} = 0,23 \text{ mol}$$

$$0,65 - 3x_{\max 2} = 0$$

$$-3x_{\max 2} = -0,65$$

$$x_{\max 2} = \frac{-0,65}{-3}$$

$$x_{\max 2} = 0,22 \text{ mol}$$

$$0,65 - 3x_{\max 3} = 0$$

$$-3x_{\max 3} = -0,65$$

$$x_{\max 3} = \frac{-0,65}{-3}$$

$$x_{\max 3} = 0,22 \text{ mol}$$

$$\text{Ainsi } x_{\max} = 0,22 \text{ mol}$$

En considérant la réaction totale : $x_f = x_{\max}$

$$n_{C_{57}H_{104}O_6}^f = 0,23 - x_f$$

$$n_{C_{57}H_{104}O_6}^f = 0,23 - 0,22$$

$$n_{C_{57}H_{104}O_6}^f = 0,01 \text{ mol}$$

Calculons la masse restante d'huile à l'état final :

$$n_{C_{57}H_{104}O_6}^f = \frac{m_{C_{57}H_{104}O_6}^f}{M_{C_{57}H_{104}O_6}}$$

$$\frac{m_{C_{57}H_{104}O_6}^f}{M_{C_{57}H_{104}O_6}} = n_{C_{57}H_{104}O_6}^f$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^f = n_{C_{57}H_{104}O_6}^f \times M_{C_{57}H_{104}O_6}$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^f = 0,01 \times 884$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^f = 9 \text{ g}$$

Remarque : les résultats trouvés au cours des questions donnent lieu à des arrondis. En gardant les expressions littérales et en calculant la masse nous trouvons :

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^f = n_{C_{57}H_{104}O_6}^f \times M_{C_{57}H_{104}O_6}$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^f = (n_{C_{57}H_{104}O_6}^i - x_f) \times M_{C_{57}H_{104}O_6}$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^f = \left(\frac{\rho_{C_{57}H_{104}O_6} \times V_{C_{57}H_{104}O_6}}{M_{C_{57}H_{104}O_6}} - x_{\max} \right) \times M_{C_{57}H_{104}O_6}$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^f = \left(\frac{\rho_{C_{57}H_{104}O_6} \times V_{C_{57}H_{104}O_6}}{M_{C_{57}H_{104}O_6}} - \frac{n_{HO^-}}{3} \right) \times M_{C_{57}H_{104}O_6}$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^f = \left(\frac{\rho_{C_{57}H_{104}O_6} \times V_{C_{57}H_{104}O_6}}{M_{C_{57}H_{104}O_6}} - \frac{m_{NaOH}}{3 \times M_{NaOH}} \right) \times M_{C_{57}H_{104}O_6}$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^f = \left(\frac{0,91 \times 220}{884} - \frac{25}{40} \right) \times 884$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^f = 16 \text{ g}$$

Le résultat est très éloigné du résultat trouvé avec les calculs intermédiaires. Nous calculerons le surgraissage également avec ce résultat dans la question suivante.

Q7.

Calculons la masse initiale d'huile utilisée :

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^i = n_{C_{57}H_{104}O_6}^i \times M_{C_{57}H_{104}O_6}$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^i = 0,23 \times 884$$

$$m_{C_{57}H_{104}O_6}^i = 2,0 \times 10^2 \text{ g}$$

Calculons le surgraissage (pourcentage en masse d'huile non saponifiée) :

$$P = \frac{m_{C_{57}H_{104}O_6}^f}{m_{C_{57}H_{104}O_6}^i} \times 100$$

$$P = \frac{9}{2,0 \times 10^2} \times 100$$

$$P = 5 \%$$

Remarque : les résultats trouvés au cours des questions donnent lieu à des arrondis. En gardant les expressions littérales et en calculant la masse nous trouvons :

$$P = \frac{m_{C_{57}H_{104}O_6}^f}{m_{C_{57}H_{104}O_6}^i} \times 100$$

$$P = \frac{16}{2,0 \times 10^2} \times 100$$

$$P = 8 \%$$

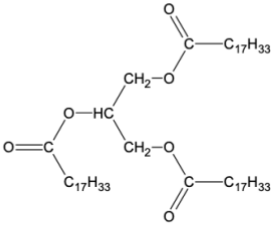

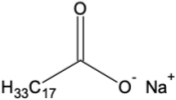
2. Fabrication artisanale du savon

Q8.

Le relargage consiste à ajouter de l'eau salée au milieu réactionnel.

Le savon (oléate de sodium) est insoluble dans l'eau salée contrairement au glycérol.

Ainsi le relargage permet de séparer les produits de la saponification.

Nom	Formule	Masse molaire (g·mol ⁻¹)	Solubilité dans l'eau	Solubilité dans l'eau salée	Pictogramme de sécurité
Oléine		884	insoluble	insoluble	-
Hydroxyde de sodium	(Na ⁺ ; OH ⁻)	40	très soluble	très soluble	
Glycérol (molécule A)	voir question Q2	92	très soluble	très soluble	-
Oléate de sodium		304	moyennement soluble	insoluble	-

Q9.

La stratégie choisie permettant

d'optimiser le procédé par rapport à celle de la fabrication maison du savon de la partie 1 consiste à augmenter la vitesse de réaction grâce à différents facteurs cinétiques :

- Température : on chauffe pendant une dizaine d'heure
- Réactif en excès : la soude est en excès

Q10.

Masse d'oléate de sodium présente dans le « savon épuré » :

$$m_{\text{oléate de sodium}}^{\text{finale}} = P \times m_{\text{savon}}$$

$$m_{\text{oléate de sodium}}^{\text{finale}} = \frac{50,2}{100} \times 1350$$

$$m_{\text{oléate de sodium}}^{\text{finale}} = 678 \text{ g}$$

Calculons les quantités initiales des réactifs :

$$n_{\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6} = \frac{m_{\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6}}{M_{\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6}}$$

$$n_{\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6} = \frac{1000}{884}$$

$$n_{\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6} = 1,13 \text{ mol}$$

	$\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$	$+3\text{Na}^+(\text{aq})$	$+3\text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow$	$3(\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2^- + \text{Na}^+)(\text{s})$	$+ \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
État initial	1,13	excès	excès	0	0
État intermédiaire	$1,13 - x$	excès	excès	$3x$	x
État final	$1,13 - x_f$	excès	excès	$3x_f$	x_f

Calculons x_{max} :

$$1,13 - x_{\text{max}} = 0$$

$$-x_{\text{max}} = -1,13$$

$$x_{\text{max}} = 1,13 \text{ mol}$$

Calculons la masse maximale théorique d'oléate de sodium :

$$n_{\text{oléate de sodium}}^{\text{théorique}} = \frac{m_{\text{oléate de sodium}}^{\text{théorique}}}{M_{\text{oléate de sodium}}}$$

$$\frac{m_{\text{oléate de sodium}}^{\text{théorique}}}{M_{\text{oléate de sodium}}} = n_{\text{oléate de sodium}}^{\text{théorique}}$$

$$m_{\text{oléate de sodium}}^{\text{théorique}} = n_{\text{oléate de sodium}}^{\text{théorique}} \times M_{\text{oléate de sodium}}$$

Avec :

$$n_{\text{oléate de sodium}}^{\text{théorique}} = 3x_{\text{max}}$$

$$m_{\text{oléate de sodium}}^{\text{théorique}} = 3x_{\text{max}} \times M_{\text{oléate de sodium}}$$

$$m_{\text{oléate de sodium}}^{\text{théorique}} = 3 \times 1,13 \times 304$$

$$m_{\text{oléate de sodium}}^{\text{théorique}} = 1,03 \times 10^3 \text{ g}$$

Calculons le rendement :

$$\eta = \frac{m_{\text{oléate de sodium}}^{\text{finale}}}{m_{\text{oléate de sodium}}^{\text{théorique}}}$$

$$\eta = \frac{678}{1,03 \times 10^3}$$

$$\eta = 0,658$$

Le rendement maximal de la fabrication du savon obtenu par le procédé artisanal à pour valeur 0,658 soit 65,8%.