

## Fabrication et propriétés d'un savon

### I. La fabrication du savon

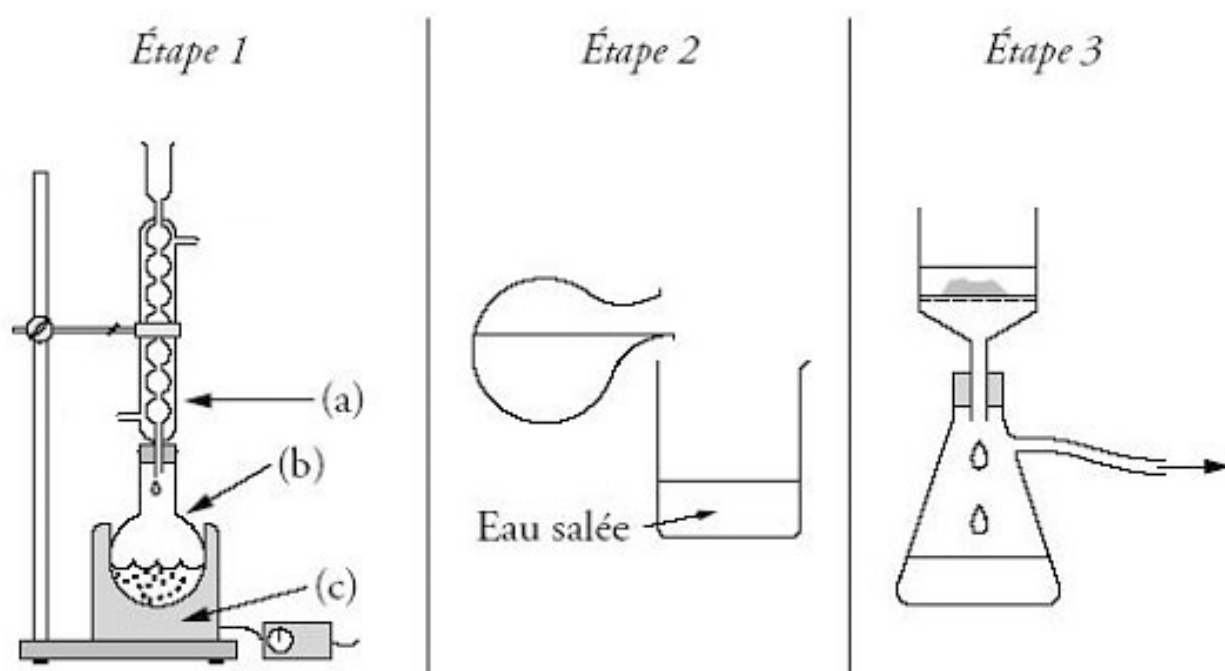
La fabrication du savon est l'une des plus anciennes utilisations des corps gras. Jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, elle se réalisait dans des chaudrons, en milieu aqueux. L'opération était longue et fastidieuse. En travaux pratiques, on la réalise plus rapidement, en solution alcoolique, selon les mêmes étapes.

**Étape 1 :** on chauffe pendant trente minutes un mélange de :

- $2,0 \cdot 10^{-2}$  mol d'huile de soja (essentiellement constituée d'oléine),
- $5,0 \cdot 10^{-2}$  mol d'hydroxyde de sodium (soude),
- 2 mL d'éthanol,
- quelques grains de pierre ponce.

**Étape 2 :** on laisse refroidir le mélange quelques minutes puis on le transvase dans un becher contenant une solution aqueuse concentrée de chlorure de sodium.

**Étape 3 :** le précipité obtenu est filtré, rincé à l'eau salée, séché puis pesé. La masse expérimentale obtenue est  $m_{\text{exp}} = 15,5$  g.



**Données :**

- Formule de l'oléine :  
$$\begin{array}{c} \text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_2 \\ | \\ \text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{CO} - \text{O} - \text{CH} \\ | \\ \text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_2 \end{array}$$

Réactif	Oléine	Hydroxyde de sodium (soude)	Savon
Solubilité dans l'eau	insoluble	soluble	soluble
Solubilité dans l'éthanol	soluble	soluble	
Solubilité dans l'eau salée	insoluble	soluble	peu soluble
Masse molaire moléculaire (g.mol <sup>-1</sup> )	884	40	304

## I. Etude préliminaire de la saponification.

Les savons durs sont des carboxylates de sodium que nous représenterons par la formule générale  $\text{RCOONa}$  où  $R$  est une chaîne carbonée linéaire comportant de 10 à 20 atomes de carbone.

Ils sont préparés par action de la soude (solution aqueuse d'hydroxyde de sodium) sur les corps gras qui sont des triesters du glycérol. Dans la suite du sujet, nous nous intéresserons uniquement à la synthèse du savon obtenu en faisant réagir l'oléine avec la soude. Mais nous allons d'abord nous intéresser dans un premier temps à la synthèse de l'oléine.

### 1. Synthèse de l'oléine.

L'oléine est un corps gras présent naturellement dans l'huile d'olive. Mais cette molécule peut aussi être synthétisée : elle résulte de l'action de l'acide « oléique » sur le glycérol. On peut donc imaginer dans un laboratoire, avant de synthétiser le savon, de synthétiser dans un premier temps l'oléine qui nous sera nécessaire pour fabriquer le savon.

**I.1.1.** Sur la formule semi-développée donnée dans l'énoncé de l'oléine, entourer les groupements fonctionnels.

**I.1.2.** À quelle famille de composés organiques l'oléine appartient-il ?

Formule semi-développée du glycérol :

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-OH} \\ | \\ \text{CH-OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{-OH} \end{array}$$

**I.1.3.** Donner le nom en nomenclature officielle du glycérol.

**I.1.4.** En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation de synthèse de l'oléine obtenu en faisant réagir le glycérol avec un réactif A. Nommer le réactif A. A quelle famille appartient-il ?

**I.1.5.** Comment appelle-t-on cette réaction ? Quelles sont ses caractéristiques ?

**I.1.6.** Comment peut-on améliorer son rendement ? Comment peut-on accélérer cette réaction ?

### 2. Synthèse du savon : A propos du mode opératoire

Dans la suite du sujet, nous nous intéresserons uniquement à la synthèse du savon obtenu en faisant réagir l'oléine avec la soude.

**I.2.1.** Préciser le nom de l'opération réalisée aux étapes 1 et 3.

**I.2.2.** Justifier, en vous aidant du tableau des solubilités, l'emploi de l'eau salée dans l'étape 2.

**I.2.3.** Nommer les éléments (a), (b), (c), du montage utilisé dans l'étape 1. Quel est le rôle de l'élément (a) ?

**I.2.4.** Indiquer le sens de circulation de l'eau en utilisant deux des lettres d, e et f.

**I.2.5.** Quel est le rôle de la pierre ponce ?

**I.2.6.** Pourquoi opère-t-on à chaud ?

### 3. Synthèse du savon : Étude quantitative

**I.3.1.** La synthèse du savon consiste donc, en milieu très basique (soude concentrée) et à chaud, à faire subir à l'huile une hydrolyse basique. Quel est l'autre nom donné à cette transformation chimique ?

**I.3.2.** Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation qui a lieu dans l'étape 1 en utilisant les formules semi-développées. Nommer les produits obtenus (1 et 2).

**I.3.3.** Compléter le tableau d'avancement donné **en annexe à rendre avec la copie**. En déduire le réactif limitant.

**I.3.4.** Définir puis calculer le rendement de cette transformation. La réaction est-elle limitée ou totale ?

**I.3.5.** Quelles espèces sont présentes dans le ballon lorsque le système chimique n'évolue plus ?

## II. Étude expérimentale de la cinétique de la saponification par conductimétrie.

À un instant choisi comme date  $t = 0$ , on introduit de l'oléine dans un bécher contenant une solution de soude. On obtient un volume  $V = 100,0 \text{ mL}$  de solution où les concentrations de toutes les espèces chimiques valent  $c_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = 10 \text{ mol.m}^{-3}$ . La température est maintenue égale à  $30^\circ\text{C}$ . On plonge dans le mélange la sonde d'un conductimètre qui permet de mesurer à chaque instant la conductivité  $\sigma$  de la solution. Le tableau ci-dessous regroupe quelques valeurs.

t en min	0	5	9	13	20	27	$\infty$
$\sigma$ en $\text{S.m}^{-1}$	0,250	0,210	0,192	0,178	0,160	0,148	0,091

### 1. La conductimétrie

Soit  $x(t)$  l'avancement de la transformation à un instant  $t$ . On pose  $t = \infty$  correspond à un instant de date très grande où la transformation chimique est supposée terminée.

II.1.1. Quelles sont les espèces chimiques responsables du caractère conducteur de la solution ?

II.1.2. Pourquoi la conductivité de la solution diminue-t-elle ?

Données : conductivités molaires ioniques  $\lambda$  en  $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$

ion  $\text{Na}^+(\text{aq})$  :  $\lambda_{\text{Na}^+} = 5,0 \times 10^{-3}$  ; ion  $\text{HO}^-(\text{aq})$  :  $\lambda_{\text{HO}^-} = 2,0 \times 10^{-2}$  ; ion  $\text{A}^-(\text{aq})$  :  $\lambda_{\text{A}^-} = 4,1 \times 10^{-3}$

II.1.3. Exprimer  $\sigma_t$ , valeur de la conductivité de la solution à un instant  $t$  en fonction de  $c_0$ ,  $V$ ,  $x(t)$  et des conductivités molaires ioniques.

II.1.4. Les expressions de  $\sigma_0$  et  $\sigma_\infty$ , valeurs de la conductivité de la solution à l'instant  $t = 0$  et au bout d'une durée très grande, sont :  $\sigma_0 = (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{HO}^-}) \cdot c_0$  ;  $\sigma_\infty = (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{A}^-}) \cdot c_0$

Justifier ces expressions.

II.1.5. Montrer que l'avancement  $x(t)$  peut être calculé par l'expression :

$$x(t) = \frac{C_0 V (\sigma_0 - \sigma_t)}{3 (\sigma_0 - \sigma_\infty)}$$

### 2. Etude cinétique.

Le graphe fourni en annexe à rendre avec la copie représente l'évolution de l'avancement  $x(t)$  en fonction du temps lors de la saponification.

II.2.1. Donner l'expression de la vitesse volumique de réaction en précisant les unités.

II.2.2. Expliquer la méthode permettant d'évaluer graphiquement cette vitesse à un instant donné.

II.2.3. Comment évolue cette vitesse au cours de la transformation chimique ? Quel est le facteur cinétique mis en jeu ?

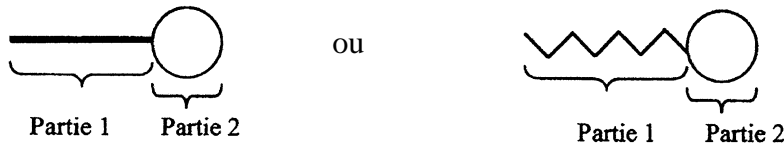
II.2.4. On reproduit la même expérience à une température de  $20^\circ\text{C}$  maintenue constante au cours de la précédente saponification.

Tracer, sur le graphe fourni en annexe à rendre avec la copie, l'allure de la courbe obtenue. On justifiera le tracé.

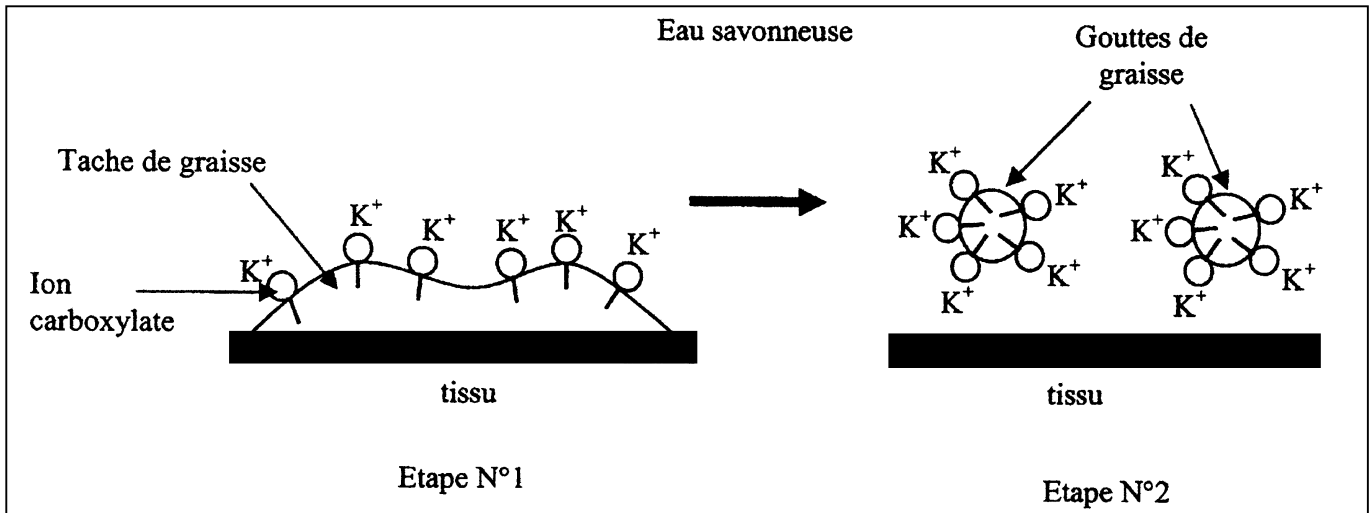
### III. Les propriétés du savon

On souhaite étudier les qualités détergentes du savon sur une tache de graisse.

Le savon est composé d'ions carboxylates qui peuvent être modélisés des deux façons suivantes:

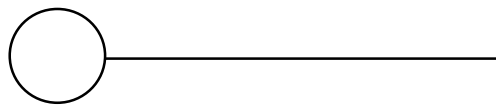


Le schéma ci-dessous représente une tache de graisse à la surface d'un tissu plongé dans l'eau savonneuse (étape N°1) et sa dislocation par action du savon synthétisé précédemment (étape N°2).



Les ions carboxylates modélisés ont été représentés, correctement orientés par rapport à l'eau et à la graisse, sur chacune des étapes N°1 et N°2.

**III.1.** En vous aidant du schéma précédent, identifier la composition et la propriété de chacune des deux parties de l'ion carboxylate modélisé.



La partie rectiligne représente la chaîne carbonée, la partie circulaire le groupe carboxylate.

**III.2.** L'eau savonneuse a un pH supérieur à 7 du fait des propriétés basiques de l'ion carboxylate.

Écrire l'équation de la réaction entre l'ion carboxylate et l'eau en précisant les couples acido-basiques qui interviennent.

**Annexe à rendre avec la copie**

*tableau d'avancement à compléter*

	Oléine	Soude	Produit 1	Produit 2
Quantité de matière dans l'état initial (en mol)				
Quantité de matière en cours de transformation (en mol)				
Quantité de matière dans l'état final (en mol)				

