Histoire des savons

Bac S 2008 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Quelles caractéristiques différencient la saponification (hydrolyse basique) et l'hydrolyse d'un ester, en termes de cinétique et d'avancement final ?

Hydrolyse d'un ester (par l'eau) : transformation **lente** et **limitée**, car l'estérification se produit en sens inverse ; $x_f < x_{max}$.

Saponification (par les ions HO^-) : transformation **rapide** à chaud et **totale** ; $x_f = x_{max}$.

Hydrolyse : lente et limitée ($x_f < x_{max}$) ; saponification : rapide et totale ($x_f = x_{max}$).

COMPRENDRE
L'ion carboxylate formé en milieu basique ne réagit pas avec l'alcool : la réaction inverse est impossible, d'où le caractère total de la saponification.

1.2.1 Choisir, parmi les trois montages de la figure 7, celui à utiliser pour réaliser une saponification.

Le ballon chauffé doit être surmonté d'un réfrigérant vertical, sans récipient de récupération.

Il faut utiliser le **montage (b)**.

PIÈGE
Les montages (a) et (c) sont des distillations : le réfrigérant incliné envoie les vapeurs condensées dans un erlenmeyer, hors du ballon. Ils servent à séparer, pas à synthétiser.

1.2.2 Donner le nom de ce montage.

C'est un montage de **chauffage à reflux**.

1.2.3 Quel est l'intérêt d'un tel montage ?

Chauffer accélère la transformation, la température étant un facteur cinétique.

Les vapeurs qui montent se liquéfient dans le réfrigérant à boules et retombent dans le ballon : aucune perte de réactifs ni de produits.

Le chauffage à reflux accélère la réaction sans perte de matière.

MÉTHODE
Pour justifier un reflux, toujours donner deux arguments : la durée (on chauffe) et la conservation de la matière (on condense les vapeurs).

1.3.1 Justifier, à l'aide du tableau des données, l'utilisation d'eau salée dans l'étape 2.

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

D'après le tableau, le savon se dissout dans l'eau mais très peu dans l'eau salée. En versant le contenu du ballon dans l'eau salée, le savon précipite, alors que la potasse en excès reste en solution.

L'eau salée fait apparaître le savon à l'état solide (relargage) et le sépare de la potasse restante.

COMPRENDRE
Cette opération s'appelle le relargage. Le glycérol, très soluble dans l'eau, reste lui aussi dans la phase aqueuse.

1.3.2 Quel est le nom du dispositif utilisé à l'étape 3 ? Quel est son intérêt ?

L'entonnoir Büchner est posé sur une fiole à vide reliée à une trompe à eau : c'est une filtration sous vide (ou sur Büchner).

L'aspiration rend la filtration plus rapide qu'une filtration par gravité et le solide recueilli est mieux essoré.

Filtration sous vide sur Büchner : plus rapide et plus efficace qu'une filtration simple.

1.4.1 Écrire une formule semi-développée du savon noté Sav dans l'équation.

Chaque groupe ester $-O-CO^-$ est rompu entre O et CO : la chaîne libérée porte un groupe carboxylate, associé à un ion K^+.

Sav : $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COO^- + K^+$ (oléate de potassium)

PIÈGE
Écrire l'acide $-COOH$: en milieu basique, c'est l'ion carboxylate qui se forme.

COMPRENDRE
Vérification : $C_{18}H_{33}O_2K$ donne $18\times12+33+2\times16+39=320\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, la valeur M_{Sav} du tableau.

1.4.2 La potasse étant en excès, calculer la quantité de matière maximale de savon n_{Sav} obtenue par saponification de 884 kg d'huile.

Données utiles $m_{Olé}=884\ \text{kg}$; $M_{Olé}=884\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

L'oléine est le réactif limitant et la transformation est totale. D'après l'équation, une mole d'oléine fournit trois moles de savon :

$$n_{Sav}=3\,n_{Olé}=3\,\frac{m_{Olé}}{M_{Olé}}$$

$$n_{Sav}=3\times\frac{884\times10^3}{884}=3\times1{,}00\times10^3$$

$n_{Sav}=3{,}00\times10^3\ \text{mol}$

PIÈGE
Laisser la masse en kilogrammes avec une masse molaire en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, ou oublier le coefficient 3 de l'équation.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les données 884 kg et $884\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; le coefficient 3 est un nombre exact.

1.4.3 Montrer que la masse maximale de savon m_{Sav} susceptible d'être obtenue est 960 kg.

Données utiles $n_{Sav}=3{,}00\times10^3$ mol (1.4.2) ; $M_{Sav}=320\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$$m_{Sav}=n_{Sav}\times M_{Sav}$$

$$m_{Sav}=3{,}00\times10^3\times320=9{,}60\times10^5\ \text{g}$$

$m_{Sav}=9{,}60\times10^2\ \text{kg}=960\ \text{kg}$: c'est bien la valeur attendue.

1.4.4 Quelle est la masse de savon réellement obtenue m_r si le rendement de l'expérience est égal à 90 % ?

Données utiles $m_{Sav}=960$ kg (1.4.3) ; rendement $\eta=0{,}90$; aide au calcul : $9{,}6\times0{,}9\approx8{,}6$

Le rendement est le rapport de la masse obtenue à la masse maximale : $\eta=\dfrac{m_r}{m_{Sav}}$, donc

$$m_r=\eta\times m_{Sav}=0{,}90\times9{,}60\times10^2$$

$m_r\approx8{,}6\times10^2\ \text{kg}$

PIÈGE
Diviser par 0,90 : on trouverait une masse supérieure à la masse maximale, ce qui est impossible.

MÉTHODE
Sans calculatrice, écrire les nombres en notation scientifique pour faire apparaître une ligne de l'aide au calcul : ici $9{,}6\times0{,}9$. Les deux autres lignes de l'aide sont des leurres.

2.1 Attribuer aux termes « savons » et « graisses de mouton, de bœuf ou de chèvre » la famille chimique correspondante parmi : triester d'acides gras, acide carboxylique, carboxylate de potassium.

Les graisses animales sont des corps gras, comme l'oléine étudiée dans la partie 1. La lessive de cendres apporte les ions potassium du savon.

Savons : **carboxylate de potassium** ; graisses : **triester d'acides gras**.

2.2 Quel facteur cinétique a permis d'améliorer la recette de Galien au XVe siècle ?

Le texte indique qu'au XVe siècle le savon est fabriqué « par ébullition » du corps gras et de la base : le mélange est chauffé.

Le facteur cinétique est la **température**.

2.3 Recopier la formule semi-développée du glycol, entourer le ou les groupes caractéristiques et nommer la fonction correspondante.

La molécule porte deux groupes hydroxyle $-\mathrm{OH}$, chacun lié à un atome de carbone tétraédrique.

Deux groupes hydroxyle : fonction **alcool** (le glycol est un diol).

PIÈGE
Confondre le groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$ d'une molécule avec l'ion hydroxyde $\mathrm{HO^-}$, ou nommer le groupe sans nommer la fonction demandée.



2.3 · Formule du glycol : les deux groupes hydroxyle sont entourés

3.1 Identifier la partie hydrophile et la partie hydrophobe de l'ion carboxylate.

La partie 2, le groupe $-\mathrm{COO^-}$, est chargée : elle a une forte affinité pour l'eau, solvant polaire. La partie 1 ne porte aucune charge et n'a pas d'affinité pour l'eau.

Partie 2 : **hydrophile** ; partie 1 : **hydrophobe**.

COMPRENDRE
La partie 1, hydrophobe, est aussi lipophile : elle se fixe dans les graisses pendant que la partie 2 reste dans l'eau. C'est l'origine du pouvoir nettoyant.

3.2 Que représente la partie 1 de l'ion carboxylate ?

Dans cette écriture topologique, chaque sommet de la ligne brisée est un atome de carbone, lié à des atomes d'hydrogène non dessinés.

La partie 1 est une **longue chaîne carbonée** (carbone et hydrogène), linéaire.