Utilisons le beurre pour dissoudre une tache de graisse!

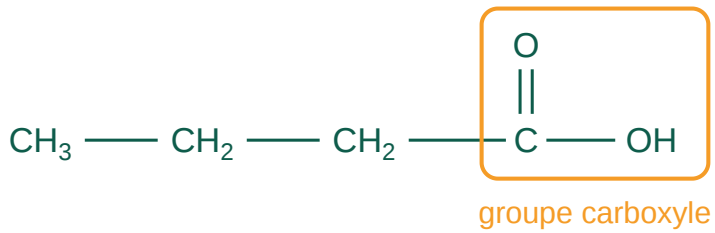
Bac S 2005 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Nommer le groupe caractéristique de l'acide butanoïque et l'encadrer sur la formule semi-développée.

Le groupe caractéristique est le groupe $-COOH$ situé en bout de chaîne (voir la formule ci-dessous).

Groupe **carboxyle**.

PIÈGE
Encadrer seulement $-OH$ ou seulement $C=O$: le groupe carboxyle réunit les deux, portés par le même atome de carbone. « Acide carboxylique » est le nom de la famille, pas celui du groupe.



1.1 · Formule semi-développée de l'acide butanoïque, groupe carboxyle encadré

1.2.1 Nommer le produit C. À quelle famille appartient-il ?

Données utiles C : $CH_3-CH_2-CH_2-COO-CH_2-CH_2-CH_3$

La molécule C contient le groupe $-COO-$ lié à deux chaînes carbonées : c'est un ester.

La chaîne qui porte le carbone du groupe compte 4 atomes de carbone (butanoate) ; la chaîne liée à l'oxygène en compte 3 (propyle).

C est le **butanoate de propyle**, de la famille des **esters**.

MÉTHODE
Nom d'un ester : la partie venant de l'acide (côté $C=O$) donne le terme en « -oate », la partie venant de l'alcool (côté O) donne le terme en « -yle ».

1.2.2 Écrire la formule semi-développée du réactif B et donner son nom.

Un ester s'obtient par action d'un acide carboxylique sur un alcool. Le groupe propyle $-CH_2-CH_2-CH_3$ de C provient de l'alcool, dont le groupe hydroxyle est en bout de chaîne.

B : $CH_3-CH_2-CH_2-OH$, le **propan-1-ol**.

PIÈGE
Répondre « propanol » sans indice de position : le propan-2-ol donnerait un ester ramifié, différent de C.

1.2.3 Quelle est la nature du produit D ?

L'estérification s'écrit : acide carboxylique + alcool = ester + eau.

$$C_3H_7-COOH + C_3H_7-OH = C_3H_7-COO-C_3H_7 + H_2O$$

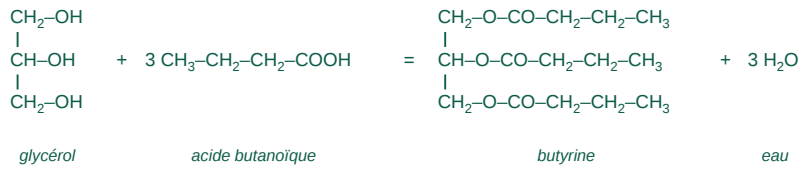
D est de l'**eau**, H_2O.

2.1 En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation de synthèse de la butyrine.

Le glycérol possède trois groupes hydroxyle : chacun réagit avec une molécule d'acide butanoïque (estérification) et libère une molécule d'eau.

Glycérol + 3 acide butanoïque = butyrine + 3 H_2O (formules semi-développées ci-dessous).

PIÈGE
Oublier les nombres stœchiométriques 3 devant l'acide et devant l'eau : un triester demande trois molécules d'acide et libère trois molécules d'eau.



2.1 · Équation de la synthèse de la butyrine

2.2 Le mélange réalisé est-il stœchiométrique ?

Données utiles $m_1 = 39{,}6$ g d'acide ; $n_2 = 0{,}150$ mol de glycérol ; $M(\text{acide butyrique}) = 88{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Quantité de matière d'acide : $n_1 = \dfrac{m_1}{M(\text{acide})} = \dfrac{39{,}6}{88{,}0} = 0{,}450$ mol.

D'après l'équation, il faut 3 mol d'acide pour 1 mol de glycérol. Le mélange est stœchiométrique si $\dfrac{n_1}{3} = \dfrac{n_2}{1}$.

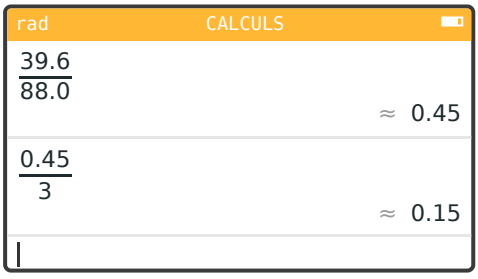
$\dfrac{n_1}{3} = \dfrac{0{,}450}{3} = 0{,}150$ mol et $n_2 = 0{,}150$ mol.

$\dfrac{n_1}{3} = n_2 = 0{,}150$ mol : le mélange est **stœchiométrique**.

PIÈGE
Comparer directement n_1 et n_2 : ce sont les quantités divisées par les nombres stœchiométriques qu'il faut comparer.

COMPRENDRE
Les données ont trois chiffres significatifs : on écrit $0{,}450$ mol et non $0{,}45$ mol. La masse molaire du glycérol ne sert pas, puisque n_2 est déjà donnée.

À LA CALCULATRICE



2.3 Parmi les montages (1), (2) et (3) de l'annexe 2, lequel utiliser pour réaliser cette synthèse ?

La synthèse se fait en chauffant, sans perdre de matière : il faut un chauffage à reflux. Le réfrigérant vertical condense les vapeurs, qui retombent dans le ballon. Les montages (1) et (2) sont des montages de distillation.

Le **montage (3)**, chauffage à reflux.

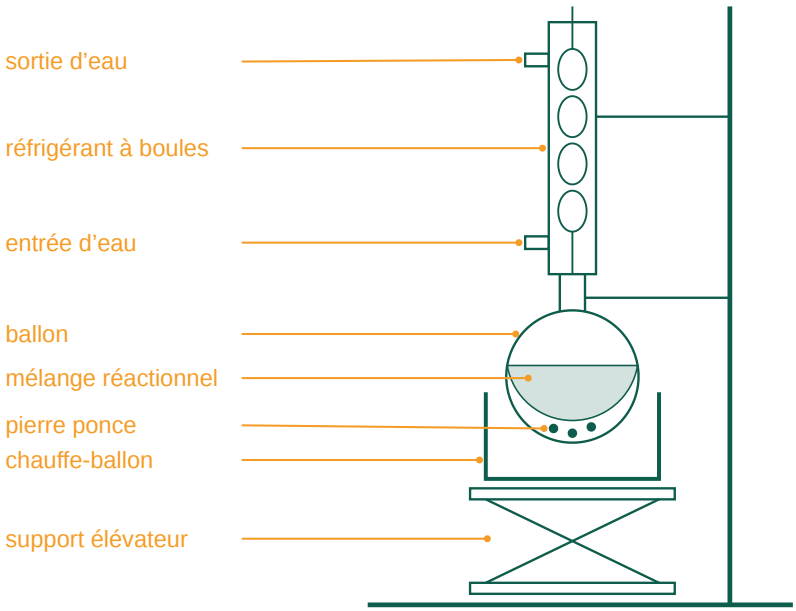
COMPRENDRE
Chauffer accélère la transformation (la température est un facteur cinétique) ; le reflux évite les pertes de réactifs et de produits par évaporation.

2.4 Légender le schéma du montage choisi.

Les légendes sont portées sur le schéma du montage (3) ci-dessous. L'eau du réfrigérant entre par le bas et sort par le haut.

Montage (3) légendé : réfrigérant à boules, ballon, mélange réactionnel, pierre ponce, chauffe-ballon, support élévateur, entrée et sortie d'eau.

PIÈGE
Inverser l'entrée et la sortie d'eau : l'eau entre toujours par le bas, pour que le réfrigérant reste entièrement rempli.



2.4 · Annexe 2 : montage (3) légendé

2.5 On obtient une masse m de butyrine. Calculer le rendement r de la réaction.

Données utiles $m = 29{,}0$ g ; $M(\text{butyrine}) = 302\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $n_2 = 0{,}150$ mol ; mélange stœchiométrique (2.2)

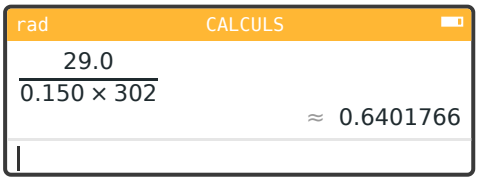
Si la transformation était totale, le mélange étant stœchiométrique, il se formerait $n_{\max} = n_2 = 0{,}150$ mol de butyrine, soit une masse $m_{\max} = n_2 \times M(\text{butyrine})$.

$$r = \frac{m}{m_{\max}} = \frac{m}{n_2 \times M(\text{butyrine})} = \frac{29{,}0}{0{,}150 \times 302} = 0{,}640$$

$r = 0{,}640$, soit $64{,}0\ \%$.

COMPRENDRE
Le rendement est inférieur à $100\ \%$ car l'estérification est une transformation limitée : elle conduit à un état d'équilibre où réactifs et produits coexistent.

À LA CALCULATRICE

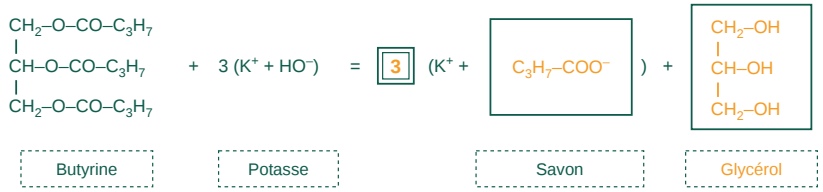


3.1 Nommer la réaction qui conduit à la formation du précipité observé et compléter son écriture en annexe 3.

La butyrine, triester, réagit avec les ions hydroxyde HO^- de la potasse : c'est une hydrolyse basique d'ester. Elle donne trois ions carboxylate (ici butanoate, associés à K^+ dans le savon) et du glycérol.

Réaction de **saponification** ; annexe 3 complétée ci-dessous.

PIÈGE
Écrire l'acide C_3H_7-COOH dans le cadre du savon : en milieu basique, on obtient l'ion carboxylate $C_3H_7-COO^-$.



3.1 · Annexe 3 complétée (en orange : les cadres remplis)

3.2 Donner deux caractéristiques de cette transformation à chaud.

À chaud, la saponification est **rapide** et **totale**.

COMPRENDRE
C'est la différence avec l'estérification et l'hydrolyse d'un ester par l'eau, qui sont lentes et limitées.

3.3 Le rendement après filtration n'est que de 85 %. Calculer la masse de savon produite à partir de la butyrine.

Données utiles $m_{\text{beurre}} = 20$ g ; butyrine : 35 % en masse ; $M(\text{butyrine}) = 302\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{savon}) = 126\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; potasse en excès

Masse de butyrine dans le beurre : $m_{\text{but}} = 0{,}35 \times m_{\text{beurre}}$.

Quantité de butyrine : $n_{\text{but}} = \dfrac{0{,}35 \times m_{\text{beurre}}}{M(\text{butyrine})}$.

La potasse est en excès, la butyrine est le réactif limitant. D'après l'équation, 1 mol de butyrine donne 3 mol de savon : $n_{\text{savon, max}} = 3\,n_{\text{but}}$.

Avec un rendement de 85 % : $m_{\text{savon}} = 0{,}85 \times 3\,n_{\text{but}} \times M(\text{savon})$

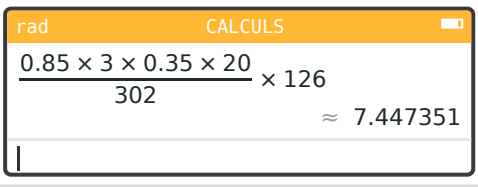
$$m_{\text{savon}} = 0{,}85 \times 3 \times \frac{0{,}35 \times 20}{302} \times 126$$

$m_{\text{savon}} = 7{,}4$ g

PIÈGE
Oublier le facteur 3 (on trouverait 2,5 g), ou partir des 20 g de beurre alors que seuls 35 % sont de la butyrine.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme 20 g, 35 % et 85 %. La calculatrice affiche 7,447, qui s'arrondit à 7,4 g.

À LA CALCULATRICE



4 En s'aidant du schéma, identifier la composition et la propriété de chacune des deux parties de l'ion carboxylate modélisé.

Sur le schéma, la partie 1 (le trait) plonge dans la graisse et la partie 2 (le cercle) reste au contact de l'eau.

Partie 1 : la chaîne carbonée, ici $C_3H_7^-$. Elle a de l'affinité pour la graisse et fuit l'eau : elle est lipophile et hydrophobe.

Partie 2 : le groupe carboxylate $-COO-$, chargé négativement. Il a de l'affinité pour l'eau et fuit la graisse : il est hydrophile et lipophobe.

Partie 1 : chaîne carbonée, **lipophile (hydrophobe)** ; partie 2 : groupe $-COO-$, **hydrophile (lipophobe)**.

COMPRENDRE
Les chaînes s'enfoncent dans la graisse, les têtes chargées restent dans l'eau : la tache se fragmente en gouttes entourées d'ions, qui se repoussent et sont emportées par l'eau.