

CLASSE : Terminale

VOIE : Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h35

EXERCICE 1 : 9 points

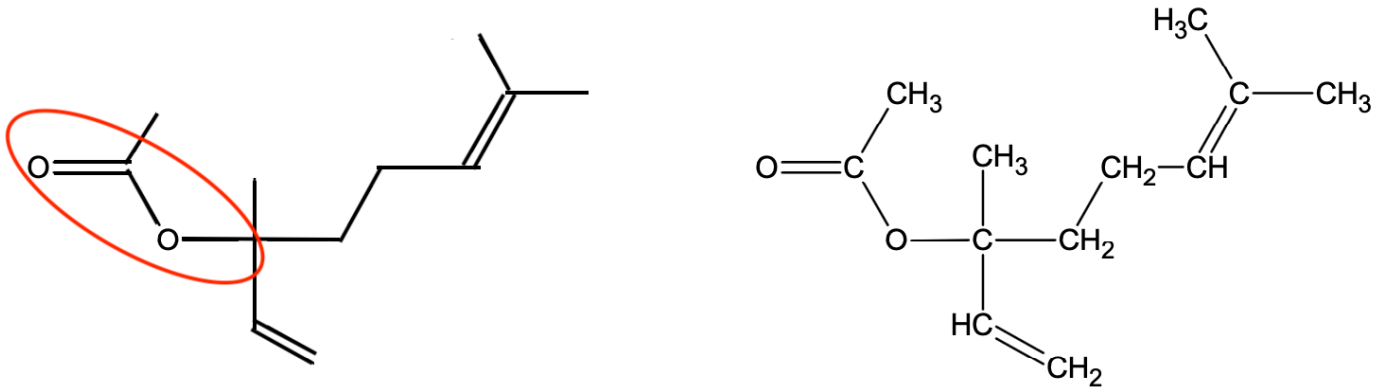
ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE-CHIMIE

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui « type collègue »

EXERCICE 1 - Savon parfum, synthèse et utilisation

1. Utilisation de l'acide éthanoïque pour la synthèse de l'éthanoate de linalyle

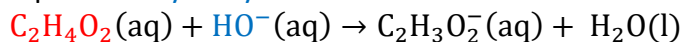
Q1.



Famille fonctionnelle correspondante : Ester.

Q2.

On titre la quantité de matière d'**acide éthanoïque** restant dans le milieu réactionnel, par une solution aqueuse d'**hydroxyde de sodium**



Q3.

$$K_e = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_f \times [\text{HO}^-]_f}{(c^0)^2}$$

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_f \times [\text{HO}^-]_f}{(c^0)^2} = K_e$$

$$[\text{HO}^-]_f = \frac{K_e \times (c^0)^2}{[\text{H}_3\text{O}^+]_f}$$

Or

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = c^0 \times 10^{-\text{pH}}$$

D'où

$$[\text{HO}^-]_f = \frac{K_e \times (c^0)^2}{c^0 \times 10^{-\text{pH}}}$$

$$[\text{HO}^-]_f = \frac{K_e \times c^0}{10^{-\text{pH}}}$$

$$[\text{HO}^-]_f = \frac{10^{-14} \times 1}{10^{-4,6}}$$

$$[\text{HO}^-]_f = 4,0 \times 10^{-10} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$[\text{HO}^-]_f = \frac{n_f(\text{HO}^-)}{V_A + V_B}$$

$$\frac{n_f(\text{HO}^-)}{V_A + V_B} = [\text{HO}^-]_f$$

$$n_f(\text{HO}^-) = [\text{HO}^-]_f \times (V_A + V_B)$$

$$n_f(\text{HO}^-) = 4,0 \times 10^{-10} \times (50,0 \times 10^{-3} + 5,0 \times 10^{-3})$$

$$n_f(\text{HO}^-) = 2,2 \times 10^{-11} \text{ mol}$$

Q4.

Calculons la quantité d'ions hydroxyde introduite initialement :

$$c_B = \frac{n_i(\text{HO}^-)}{V_B}$$

$$\frac{n_i(\text{HO}^-)}{V_B} = c_B$$

$$n_i(\text{HO}^-) = c_B \times V_B$$

$$n_i(\text{HO}^-) = 1,0 \times 10^{-2} \times 5,0 \times 10^{-3}$$

$$n_i(\text{HO}^-) = 5,0 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

Comparons la quantité de matière d'ions hydroxyde à l'état initial à celle finale :

$$\frac{n_i(\text{HO}^-)}{n_f(\text{HO}^-)} = \frac{5,0 \times 10^{-5}}{2,2 \times 10^{-11}}$$

$$\frac{n_i(\text{HO}^-)}{n_f(\text{HO}^-)} = 2,3 \times 10^6$$

La quantité de matière d'ions hydroxyde à l'état initial est très supérieure à celle finale : la réaction est totale.

Q5.

$$v_{\text{ester}} = \frac{d[\text{Ester}]_{(t)}}{dt}$$

Or

$$[\text{Ester}]_{(t)} = \frac{n_{\text{ester}}}{V}$$

D'où

$$v_{\text{ester}} = \frac{d \frac{n_{\text{ester}}}{V}}{dt}$$

$$v_{\text{ester}} = \frac{1}{V} \times \frac{dn_{\text{ester}}}{dt}$$

Q6.

$$v_{\text{ester}} = \frac{1}{V} \times \frac{dn_{\text{ester}}}{dt}$$

La dérivée se calcul en trouvant le coefficient directeur de la tangente en un point de la courbe.

Graphiquement, le coefficient directeur de la tangente diminue au cours du temps. Ainsi, la vitesse volumique d'apparition de l'éthanoate de linalyle diminue au cours du temps.

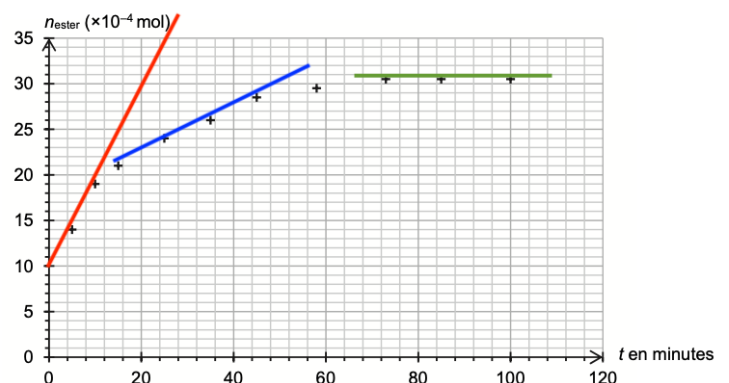


Figure 1. Courbe représentant l'évolution temporelle de n_{ester}

Un facteur cinétique à l'origine de cette évolution est la concentration.

Au cours de la réaction, la concentration des réactifs diminue. Ainsi, la vitesse volumique d'apparition de l'éthanoate de linalyle diminue au cours du temps.

Q7.

$$K = \frac{n(\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_2)_{\text{eq}} \times n(\text{H}_2\text{O})_{\text{eq}}}{n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)_{\text{eq}} \times n(\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O})_{\text{eq}}}$$

$$Q_r = \frac{n(\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_2) \times n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) \times n(\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O})}$$

En éliminant l'eau au cours de la synthèse, $Q_r=0$.

Ainsi, Q_r sera toujours inférieur à K . L'état d'équilibre ne sera jamais atteint : la réaction se déroulera dans le sens direct. La réaction sera totale.

Ainsi, l'élimination de l'eau au cours de la synthèse permet d'améliorer le rendement.

2. Utilisation de l'anhydride éthanoïque pour la synthèse de l'éthanoate de linalyle

Q8.

Étape n°2 :

- verser doucement 30 mL d'eau distillée

Nom de l'espèce chimique	Anhydride éthanoïque	Linalol	Éthanoate de linalyle	Acide éthanoïque	Eau
Formule brute	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$	$\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_2$	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	H_2O
Masse volumique $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	1,08	0,87	0,89	1,05	1,00
Masse molaire en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	102	154	196	60	18
Solubilité dans l'eau	Bonne	Assez faible	Très faible	Très bonne	

D'après le tableau l'éthanoate de linalyle est très faiblement soluble dans l'eau. Il ne se trouve donc dans l'eau. Il se trouve dans la phase organique.

La masse volumique de l'éthanoate de linalyle $0,89 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ est plus faible que celle de l'eau $1,00 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$.

Ainsi l'éthanoate de linalyle est situé au-dessus.

Q9.

Le dépôt C (phase organique obtenue) montre 2 taches. Une des taches est au même niveau que le linalol et l'autre est au même niveau que l'éthanoate de linalyle.

Ainsi, les espèces présentes dans la phase organique sont le linalol et l'éthanoate de linalyle.

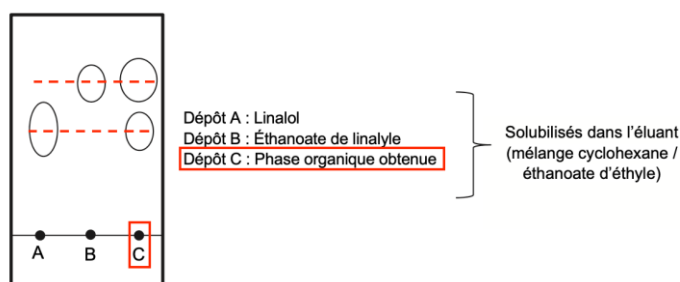


Figure 2. Reproduction du chromatogramme obtenu expérimentalement

Q10.

Avec l'ajout d'APTS dans le milieu réactionnel, Le dépôt C (phase organique obtenue) montre une tache qui est au même niveau que l'éthanoate de linalyle.

Une seule espèce est présente dans la phase organique : l'éthanoate de linalyle.

Ainsi, l'ajout d'APTS dans le milieu réactionnel permet de rendre insoluble le linalol dans la phase organique.

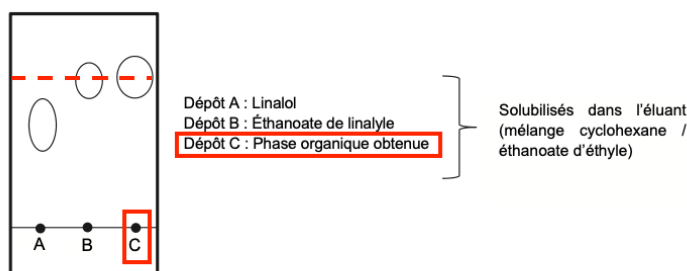


Figure 3. Chromatogramme obtenu expérimentalement après la deuxième synthèse

Q11.

Calculons les quantités initiales des réactifs :

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

Or

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\frac{m}{V} = \rho$$

$$m = \rho \times V$$

$$n = \frac{\rho \times V}{M}$$

Ainsi :

$$n_{\text{linalol}} = \frac{\rho_{\text{linalol}} \times V_{\text{linalol}}}{M_{\text{linalol}}}$$

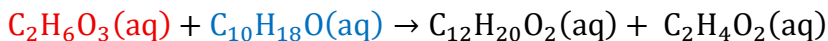
$$n_{\text{linalol}} = \frac{0,87 \times 10}{154}$$

$$n_{\text{linalol}} = 5,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{\text{anhydrique éthanoïque}} = \frac{\rho_{\text{anhydrique éthanoïque}} \times V_{\text{anhydrique éthanoïque}}}{M_{\text{anhydrique éthanoïque}}}$$

$$n_{\text{anhydrique éthanoïque}} = \frac{1,08 \times 10}{102}$$

$$n_{\text{anhydrique éthanoïque}} = 1,1 \times 10^{-1} \text{ mol}$$



$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_3(\text{aq})$: anhydrique éthanoïque et $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}(\text{aq})$: linalol

$$x_{\text{max}1} = \frac{n_{\text{anhydrique éthanoïque}}}{1} = \frac{1,1 \times 10^{-1}}{1} = 1,1 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

$$x_{\text{max}2} = \frac{n_{\text{linalol}}}{1} = \frac{5,6 \times 10^{-2}}{1} = 5,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$x_{\text{max}2} < x_{\text{max}1}$: $x_{\text{max}} = x_{\text{max}2} = 5,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$, le linalol est le réactif limitant ans la transformation chimique étudiée.

Calcul du rendement de la synthèse avec ajout d'APTS.

$$\eta = \frac{n_{\text{ethanoate de linalyle}}^{\text{exp}}}{n_{\text{ethanoate de linalyle}}^{\text{th}}}$$

Avec :

$$n_{\text{ethanoate de linalyle}}^{\text{th}} = x_{\text{max}}$$

$$n_{\text{ethanoate de linalyle}}^{\text{th}} = 5,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{\text{ethanoate de linalyle}}^{\text{exp}} = \frac{\rho_{\text{ethanoate de linalyle}} \times V_{\text{ethanoate de linalyle}}}{M_{\text{ethanoate de linalyle}}}$$

$$n_{\text{ethanoate de linalyle}}^{\text{exp}} = \frac{0,89 \times 9,4}{196}$$

$$n_{\text{ethanoate de linalyle}}^{\text{exp}} = 4,3 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\eta = \frac{n_{\text{ethanoate de linalyle}}^{\text{exp}}}{n_{\text{ethanoate de linalyle}}^{\text{th}}}$$

$$\eta = \frac{4,3 \times 10^{-2}}{5,6 \times 10^{-2}}$$

$$\eta = 0,77$$

$$\eta = 77\%$$

Le rendement de la synthèse avec ajout d'APTS est de 77%.

3. Synthèse et pouvoir moussant d'un savon - Dureté d'une eau

Q12.

L'électronégativité de l'atome d'oxygène est supérieure à celle du carbone.

Les atomes d'oxygène sont donneurs d'électrons et l'atome de carbone est site accepteur d'électrons (site électrophile) de la molécule d'ester.

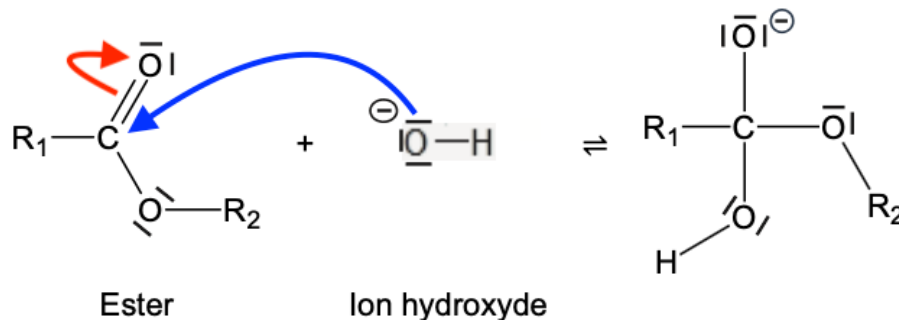
Atome	C	O	H
Électronégativité	2,6	3,4	2,2

Q13.

Lors d'une formation de liaison, le doublet d'électrons se déplace du site donneur (ici l'atome d'oxygène qui possède une charge négative) vers le site accepteur (ici l'atome de carbone).

Lors d'une rupture de liaison, la flèche part de la liaison vers l'atome le plus électro-négatif (ici l'atome d'oxygène).

Première étape :



Q14.

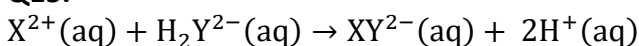
Première étape : Addition

Deuxième étape : Élimination

Troisième étape : réaction Acide base

Dureté d'une eau et pouvoir moussant d'un savon

Q15.



A l'équivalence :

$$\frac{n_{X^{2+}}^i}{1} = \frac{n_{H_2Y^{2-}}^{eq}}{1}$$

$$[X^{2+}] \times V_{\text{eau}} = c \times V_E$$

$$[X^{2+}] = \frac{c \times V_E}{V_{\text{eau}}}$$

Q16.

Calculons la valeur du titre hydrotimétrique TH de l'eau étudiée

D'après les données : la dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique (TH) est essentiellement due à la présence d'ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} . Elle s'exprime en degré français (°f) et s'obtient par la relation :

$$\text{TH} = 10^4 \cdot [\text{X}^{2+}]$$

$$\text{TH} = 10^4 \times [\text{X}^{2+}]$$

Or

$$[\text{X}^{2+}] = \frac{c \times V_E}{V_{\text{eau}}}$$

D'où

$$\text{TH} = 10^4 \times \frac{c \times V_E}{V_{\text{eau}}}$$

$$\text{TH} = 10^4 \times \frac{5,00 \times 10^{-3} \times 17,6 \times 10^{-3}}{50,00 \times 10^{-3}}$$

$$\text{TH} = 17,6 \text{ °f}$$

Déterminons l'incertitude-type $u(\text{TH})$ associée à cette mesure :

$$u(\text{TH}) = \text{TH} \times \sqrt{\left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(c)}{c}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{eau}})}{V_{\text{eau}}}\right)^2}$$

$$u(\text{TH}) = 17,6 \times \sqrt{\left(\frac{0,1}{17,6}\right)^2 + \left(\frac{0,06 \times 10^{-3}}{5,00 \times 10^{-3}}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{50,00}\right)^2}$$

$$u(\text{TH}) = 0,3$$

Q17.

L'eau titrée à une dureté de 17,6 °f.

D'après l'énoncé :

- La dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique (TH) est essentiellement due à la présence d'ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+}
- En présence d'ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} , les ions carboxylate présents dans un savon forment un précipité entraînant la diminution de son pouvoir moussant.

Ainsi, le pouvoir moussant d'un savon dans l'eau titrée est supérieur à celui dans une eau dont la dureté serait de 30 °f.