

CLASSE : Terminale

VOIE : Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h45

EXERCICE 1 : 11 points

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE-CHIMIE

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui « type collège »

EXERCICE 1 Fabrication et aromatisation d'un yaourt maison

Partie A : Fabrication d'un yaourt

1. Étude de la cinétique de la fermentation lactique

Q1.

D'après le texte en introduction de l'exercice : « La yaourtière permet un chauffage doux et progressif du lait additionné des ferments afin de stimuler le processus de fermentation lactique ».

En augmentant la température, la yaourtière augmente la vitesse de réaction de fermentation.

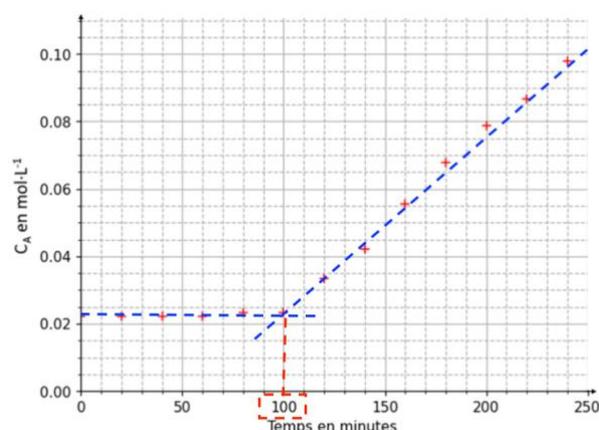
Ainsi, l'utilisation de la yaourtière favorise la fermentation lactique. Le facteur cinétique mis en jeu est la température.

Q2.

D'après le texte en introduction de l'exercice : « la fermentation lactique ... fait intervenir des ferments et conduit à la transformation chimique du glucose en acide lactique. L'acide lactique, naturellement présent dans le lait voit son taux augmenter. »

Le temps marquant le début de la fermentation est le moment où la concentration en acide lactique augmente.

Graphiquement, le temps marquant le début de la fermentation est $t=100$ min.



Document 2. Évolution de la concentration en acide lactique dans le yaourt en fonction du temps

Q3.

D'après le texte en introduction de l'exercice : « L'acide lactique, naturellement présent dans le lait. »
 Explication à la présence d'acide lactique à l'instant $t = 0$: Il est naturellement présent dans le lait.

Q4.

$$v_{app} = \frac{d[A]_{(t)}}{dt}$$

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

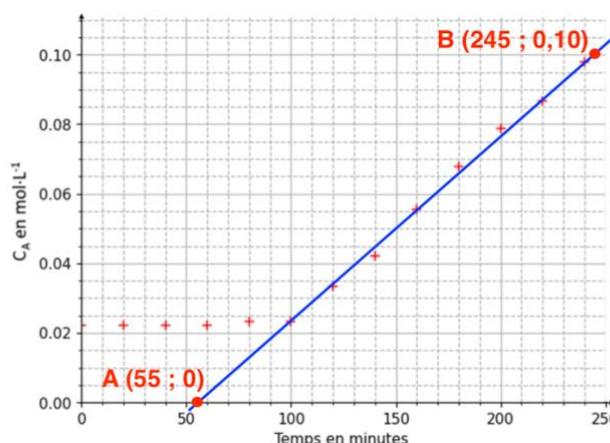
Par exemple pour $t=600$ h :

$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$k = \frac{0,10 - 0}{245 - 55}$$

$$k = 5,3 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v_{app} = \frac{d[A]_{(t)}}{dt} = k = 5,3 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$



Document 2. Évolution de la concentration en acide lactique dans le yaourt en fonction du temps

2. Caractérisation du yaourt maison

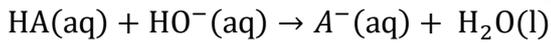
Q5.

D'après le sujet :

- « Un yaourt ferme est caractérisé par un degré Dornic compris entre 80 et 100 °D et un yaourt brassé par un degré Dornic compris entre 100 et 120 °D. »
- « Un degré Dornic (noté °D) correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de yaourt. »

Pour déterminer si le yaourt testé est ferme ou brassé, il faut déterminer son degré Dornic donc sa masse d'acide lactique par litre de yaourt.

L'équation de la réaction support du titrage est :



A l'équivalence :

$$\frac{n_{\text{HA}}^i}{1} = \frac{n_{\text{HO}^-}^{\text{eq}}}{1}$$

$$C_A \times V_A = C_B \times V_E$$

$$C_A = \frac{C_B \times V_E}{V_A}$$

On détermine graphiquement le volume à l'équivalence à l'intersection des droites de l'évolution de la conductivité : $V_E = 8,3 \text{ mL}$

$$C_A = \frac{C_B \times V_E}{V_A}$$

$$C_A = \frac{0,150 \times 8,3 \times 10^{-3}}{10,0 \times 10^{-3}}$$

$$C_A = 1,25 \times 10^{-1} \text{ mol. L}^{-1}$$

Calculons la concentration massique en acide lactique dans le lait :

$$C_m = C_A \times M$$

$$C_m = 1,25 \times 10^{-1} \times 90,1$$

$$C_m = 11,2 \text{ g. L}^{-1}$$

Déterminons le nombre de degré Dornic du lait.

Un degré Dornic (1 °D) correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait.

1 °D	0,1 g.L ⁻¹
N	11,2 g.L ⁻¹

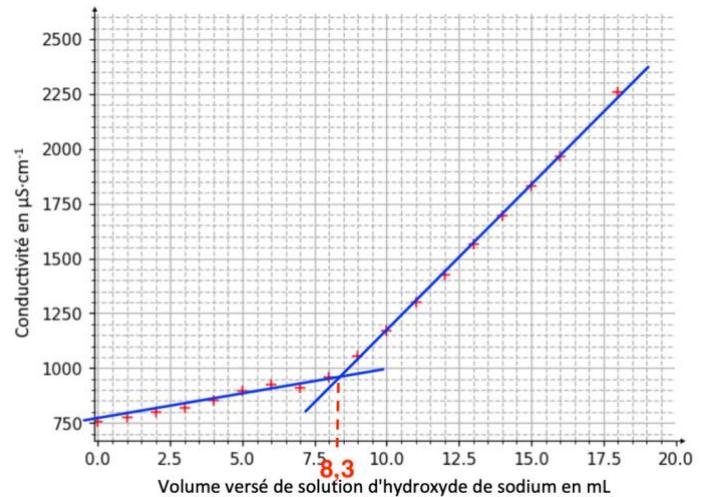
$$N = \frac{11,2 \times 1}{0,1}$$

$$N = 112 \text{ °D}$$

D'après l'énoncé : « Un yaourt ferme est caractérisé par un degré Dornic compris entre 80 et 100 °D et un yaourt brassé par un degré Dornic compris entre 100 et 120 °D. »

Le yaourt testé à un degré Dornic de 112 donc compris entre 100 et 120 °D

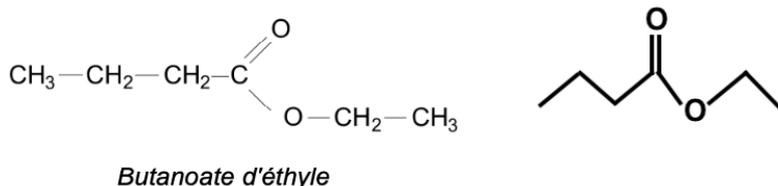
Ainsi, le yaourt testé est brassé.



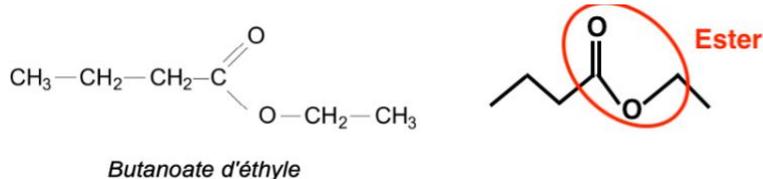
Partie B : Aromatiser le yaourt avec un arôme d'ananas

1. Étude des espèces chimiques de la synthèse

Q6.



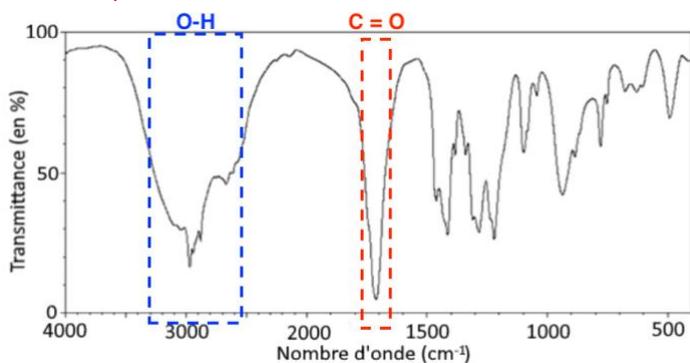
Q7.



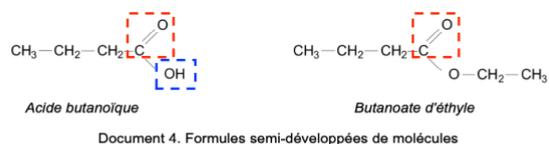
Q8.

Le spectre d'absorption IR de l'échantillon présente :

- Une bande correspondant à une liaison C = O acide carboxylique (nombre d'onde compris entre 1680 et 1710 cm^{-1})
- Une bande correspondant à une liaison O-H acide carboxylique (nombre d'onde compris entre 2500 et 3200 cm^{-1})



Document 6. Spectre infrarouge (Source : d'après *mediachimie.org*)



Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité
O-H alcool	3200 - 3700	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
C = C	1620 - 1690	fine, moyenne
C = O ester	1700 - 1740	forte
C = O aldéhyde et cétone	1650 - 1730	forte
C = O acide	1680 - 1710	forte
C - H aldéhyde	2700 - 3100	moyenne

Document 5. Table de données des spectres infrarouge (IR)

Ces deux liaisons sont caractéristiques de la famille des acides carboxyliques. Ainsi, le spectre correspond à celui de l'acide butanoïque.

2. Synthèse de l'arôme d'ananas

Q9.

Les opérations permettant d'optimiser la vitesse de formation de l'arôme d'ananas sont :

- Mettre un réactif en excès
- Mettre un catalyseur (acide sulfurique concentré qui est ajouté et n'apparaît pas dans l'équation de réaction).
- Augmenter la température (Chauffer à reflux)

Q10.

Solvant	Eau	Eau salée	Éthanol	Cyclohexane
Solubilité du butanoate d'éthyle	Faible	Très faible	Bonne	Moyenne
Masse volumique ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	1,00	> 1,00	0,79	0,78
Miscibilité avec l'eau		Miscible	Miscible	Non miscible

Document 7. Propriétés physico-chimiques de quelques solvants extracteurs

La molécule à extraire, le butanoate d'éthyle est moyennement soluble dans le cyclohexane.

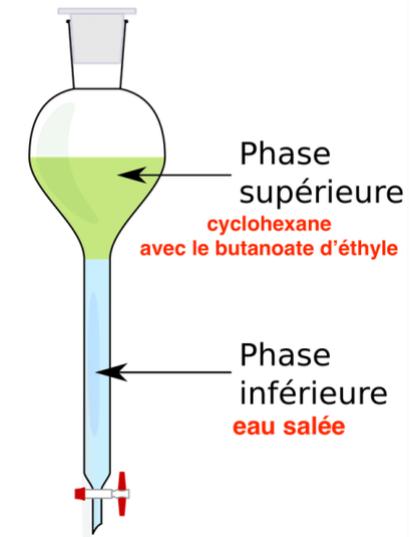
Le cyclohexane est non miscible avec le solvant initial (l'eau).

Ainsi, le cyclohexane ne se mélangera pas avec l'eau et le butanoate d'éthyle (l'espèce à extraire) migrera de l'eau salée vers le cyclohexane.

Q11.

La masse volumique du cyclohexane $0,78 \text{ g.mL}^{-1}$ est inférieure à celle de l'eau salée ($>1,00 \text{ g.mL}^{-1}$).

Le cyclohexane contenant le butanoate d'éthyle sera donc au-dessus de l'eau salée.



Q12.

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 :

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

$$n_{\text{éthanol}} = \frac{0,79 \times 40,0}{46,0}$$

$$n_{\text{éthanol}} = 6,9 \times 10^{-1} \text{ mol}$$



$$x_{\text{max}1} = \frac{n_{\text{éthanol}}}{1} = \frac{6,9 \times 10^{-1}}{1} = 6,9 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

$$x_{\text{max}2} = \frac{n_{\text{acide}}}{1} = \frac{4,4 \times 10^{-1}}{1} = 4,4 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

$x_{\text{max}2} < x_{\text{max}1}$: $x_{\text{max}} = x_{\text{max}2} = 4,4 \times 10^{-1} \text{ mol}$, l'acide butanoïque est le réactif limitant.

Ainsi, l'éthanol est bien le réactif en excès.

Q13.

$$\eta = \frac{m_{\text{ester}}^{\text{exp}}}{m_{\text{ester}}^{\text{th}}}$$

Avec :

$$m_{ester}^{th} = n_{ester}^{th} \times M_{ester}$$

$$m_{ester}^{th} = x_{max} \times M_{ester}$$

$$m_{ester}^{th} = 4,4 \times 10^{-1} \times 116,0$$

$$m_{ester}^{th} = 51 \text{ g}$$

$$\eta = \frac{m_{ester}^{exp}}{m_{ester}^{th}}$$

$$\eta = \frac{33,7}{51}$$

$$\eta = 0,66$$

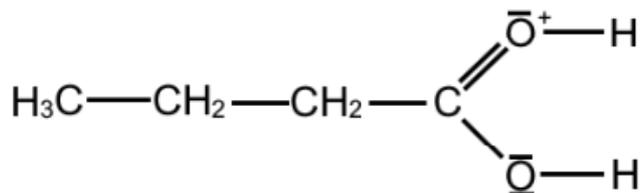
$$\eta = 66\%$$

Le rendement est inférieur à 100% : la réaction n'est pas totale.

Q14.

Un intermédiaire réactionnel est une espèce formée à une étape et consommée à l'étape suivante.

Un intermédiaire réactionnel est :



Q15.

Lors d'une formation de liaison, le doublet d'électrons se déplace du site donneur (ici l'atome d'oxygène qui possède des doublets non liants) vers un site accepteur (ici l'ion H^+).

