

**Objectifs**

- Décrire évolution des quantités de matière des espèces au cours d'une transformation
- Etablir tableau avancement
- Déterminer composition finale lorsque réaction totale
- Comparer avancement maximal et avancement final

Les esters sont des composés organiques, souvent à l'origine de l'arôme naturel des fruits.

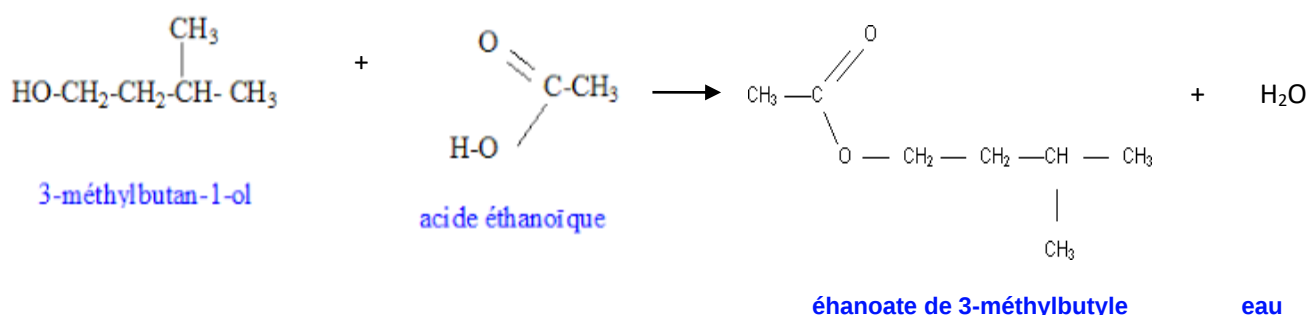
À côté de leur production naturelle, ils sont aussi synthétisés pour satisfaire les besoins de l'industrie agroalimentaire, de la parfumerie et d'autres secteurs industriels.

L'estérification est le nom donné à la réaction qui permet d'obtenir un ester.

Une classe de lycée travaille sur la synthèse de l'éthanoate de 3-méthylbutyle, qui possède une odeur de banane.

Cette synthèse est réalisée par réaction de l'acide éthanoïque ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) avec un alcool : le 3-méthylbutan-1-ol ($\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$)

La formation de cet ester s'accompagne aussi de la formation d'eau (H_2O).

**DOCUMENTS****DOC 1 : Equation de la réaction d'estérification****DOC 2 : Masses volumiques et masses molaires**

Masse volumique de l'acide éthanoïque : $\rho_{\text{ac}} = 1,05 \text{ g.mL}^{-1}$

Masse volumique de l'alcool : $\rho_{\text{al}} = 0,810 \text{ g.mL}^{-1}$

Masse molaire moléculaire de l'acide éthanoïque : $M_{\text{ac}} = 60,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse molaire moléculaire de l'alcool : $M_{\text{al}} = 88,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse molaire moléculaire de l'ester : $M_{\text{est}} = 130 \text{ g.mol}^{-1}$

DOC 3 : Rendement d'une synthèse

Le rendement d'une synthèse est noté R

Le rendement est égal au **quotient** de la quantité de matière (nombre de moles) de produit obtenu réellement $n_{\text{réel}}$ par la quantité de matière maximale de produit attendu n_{max}

DOC 4 : Résultats d'expériences

Les élèves ont réalisé les expériences et ont noté leurs résultats dans le tableau ci-dessous.

Volume initial d'acide	Volume initial d'alcool	Masse d'ester réellement formé
4,0 mL	5,0 mL	4,4 g

QUESTIONS

1	Rappeler la relation entre la quantité de matière n , la masse m et de la masse molaire M $n = m/M$
2	Rappeler la relation entre masse m , la masse volumique ρ et du volume V $\rho = m/V$
3	Déduire des deux réponses précédentes l'expression de la quantité de matière n en fonction de ρ , V et M $n = \rho V / M$
4	Calculer les quantités de matière initiales des deux réactifs dans l'expérience faite par les élèves. $n^{\circ}(\text{alcool}) = \rho_{\text{alcool}} \times V_{\text{alcool}} / M_{\text{alcool}}$ $= 0,810 \times 5,0 / 88,0$ $= 4,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$ $n^{\circ}(\text{acide}) = \rho_{\text{acide}} \times V_{\text{acide}} / M_{\text{acide}}$ $= 1,05 \times 4,0 / 60,0$ $= 7,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$
5	Compléter le tableau d'avancement de cette réaction, Déterminer le(s) réactif(s) limitant(s) Calculer les quantités de matières finales

Equation		$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	+	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	$\rightarrow$	$\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$	+	H_2O
Initial	$x = 0$	$4,6 \times 10^{-2}$		$7,0 \times 10^{-2}$		0		0
Intermédiaire	x	$4,6 \times 10^{-2} - x$		$7,0 \times 10^{-2}$		x		x
Final	x_{max}	$4,6 \times 10^{-2} - x_{\text{max}}$		$7,0 \times 10^{-2} - x_{\text{max}}$		x_{max}		x_{max}

✓ On cherche le réactif limitant :

- Si le réactif limitant est $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$:

Alors : $4,6 \times 10^{-2} - x_{\text{max}} = 0 \text{ mol}$

$$x_{\text{max}} = 4,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Si le réactif limitant est $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$:

Alors : $7,0 \times 10^{-2} - x_{\text{max}} = 0 \text{ mol}$

$$x_{\text{max}} = 7,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Donc : le réactif limitant est $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$:

Donc $x_{\text{max}} = 4,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$

✓ Calcul des quantités de matières finales

$n(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}) = 0 \text{ mol}$

$n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = 7,0 \times 10^{-2} - 4,6 \times 10^{-2} = 2,4 \times 10^{-2} \text{ mol}$

$n(\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2) = 4,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$

$n(\text{H}_2\text{O}) = 4,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$

6	Calculer la quantité de matière réellement obtenue dans l'expérience faite par les élèves notée $n_{\text{ester-réel}}$ $n_{\text{ester réel}} = m_{\text{ester}} / M_{\text{ester}}$ $= 4,4 / 130$ $= 3,4 \times 10^{-2} \text{ mol}$					
7	Comparer les deux valeurs $n_{\text{ester réel}}$ et $n_f(\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2)$ $n_{\text{ester réel}} = 3,4 \times 10^{-2} \text{ mol}$ $n_f(\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2) = 4,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$ $n_{\text{ester réel}} < n_f(\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2)$ Compléter la phrase suivante : La quantité de matière d'ester réellement formée étant plus petite que la quantité de matière obtenue si la réaction avait totale on en déduit donc que la réaction n'est pas totale .					
8	Compléter un nouveau tableau d'avancement en respectant la réelle quantité d'ester formée lors de l'expérience.					
Equation		$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O} + \text{C}_2\text{H}_4\text{O} \rightarrow \text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$				
Initial	$x = 0$	$4,6 \times 10^{-2}$		$7,0 \times 10^{-2}$	0	0
Intermédiaire	x	$4,6 \times 10^{-2} - x$		$7,0 \times 10^{-2}$	x	x
Final	x_f	$4,6 \times 10^{-2} - x_f$		$7,0 \times 10^{-2} - x_f$	$x_f = 3,4 \times 10^{-2}$	x_f
9	Calculer les quantités de matières réelles de toutes les espèces en fin de réaction lors de l'expérience. $n_f \text{ réel } (\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}) = 4,6 \times 10^{-2} - 3,4 \times 10^{-2} = 1,2 \times 10^{-2} \text{ mol}$ $n_f \text{ réel } (\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = 7,0 \times 10^{-2} - 3,4 \times 10^{-2} = 3,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$ $n_f \text{ réel } (\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2) = 3,4 \times 10^{-2} \text{ mol}$ $n_f \text{ réel } (\text{H}_2\text{O}) = 3,4 \times 10^{-2} \text{ mol}$					
10	Calculer le rendement en ester de cette expérience $R = n_f \text{ réel } (\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2) / n(\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2)$ $= 3,4 \times 10^{-2} / 4,6 \times 10^{-2}$ $= 0,74$					

A RETENIR

- Lorsqu'une réaction est totale il y a **disparition totale d'au moins 1 des réactifs** lorsque la réaction est terminée
- L'avancement est alors noté x_{max}
- Lorsqu'une réaction n'est pas totale **des réactifs et des produits coexistent** lorsque la réaction est terminée
- L'avancement est alors noté x_f
- $x_f < x_{\text{max}}$

