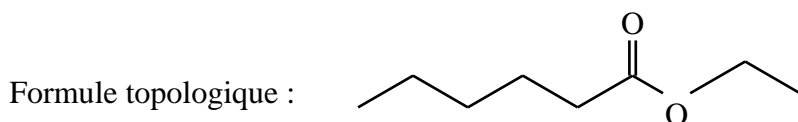


Correction de l'exercice
"Préparation d'une bière brune aromatisée"
(sauf les questions 6 et 7)
(Bac Spécialité Physique-Chimie - Afrique - juin 2021)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie
 © <http://b.louchart.free.fr>

Partie 1. Synthèse d'un ester au laboratoire

1. Son nom est l'hexanoate d'éthyle.



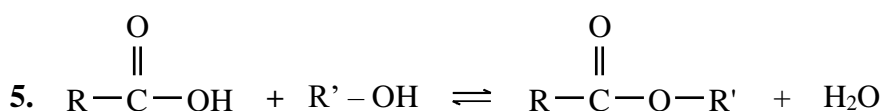
2. A est l'acide hexanoïque : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{OH}$

B est l'éthanol : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

3. Le montage de chauffage à reflux permet :

- de chauffer le milieu réactionnel pour diminuer la durée de la transformation
- d'éviter les pertes de matière grâce au réfrigérant à eau qui liquéfie les vapeurs formées, les empêchant ainsi de s'échapper du montage.

4. Un catalyseur est une espèce chimique qui diminue la durée d'une transformation chimique, sans figurer dans l'équation-bilan comme réactif.



▪ Détermination du réactif limitant :

$$n_i(\text{A}) = \frac{m_i(\text{A})}{M(\text{A})} = \frac{\rho(\text{A}) \times V_{\text{acide}}}{M(\text{A})} = \frac{0,930 \times 43,0}{116,2} = 0,344 \text{ mol}$$

$$n_i(\text{B}) = \frac{\rho(\text{B}) \times V_{\text{alcool}}}{M(\text{B})} = \frac{0,789 \times 20,0}{46,1} = 0,342 \text{ mol}$$

$$\frac{n_i(\text{A})}{1} \simeq \frac{n_i(\text{B})}{1} \Rightarrow \text{les r\u00e9actifs ont \u00e9t\u00e9 introduits dans des proportions pratiquement st\u00e9chiom\u00e9triques}$$

- Calculons la quantit\u00e9 maximale th\u00e9orique d'ester que l'on pourrait obtenir si la transformation \u00e9tait totale.

D'apr\u00e8s l'\u00e9quation-bilan, $n_{\text{ester form\u00e9}} = n_{\text{B ayant r\u00e9agi}}$

Les r\u00e9actifs ont \u00e9t\u00e9 introduits dans des proportions stoechiom\u00e9triques, donc si la transformation \u00e9tait totale, alors on aurait :

$$n_{\text{B ayant r\u00e9agi}} = n_{\text{B initial}} = 0,342 \text{ mol}$$

Finalement, la quantit\u00e9 maximale th\u00e9orique d'ester attendue si la transformation \u00e9tait totale est :

$$n_{\text{ester max th}} = 0,342 \text{ mol}$$

- La quantit\u00e9 de mati\u00e8re d'ester obtenue exp\u00e9rimentalement vaut quant \u00e0 elle :

$$n_{\text{ester exp}} = \frac{m_{\text{ester exp}}}{M(\text{ester})} = \frac{33,1}{144,2} = 0,230 \text{ mol}$$

- On en d\u00e9duit le rendement de cette synth\u00e8se :

$$\eta = \frac{m_{\text{ester exp}}}{m_{\text{ester max th}}} = \frac{0,230}{0,342} = 0,671 = 67,1 \%$$

8. L'alcool poss\u00e8de une liaison O-H_{alcool li\u00e9} : son spectre doit donc comporter une bande d'absorption entre 3200 et 3400 cm⁻¹.

Le spectre 1 \u00e9tant le seul \u00e0 pr\u00e9senter cette bande, il correspond \u00e0 l'alcool B.

L'acide hexano\u00efque A poss\u00e8de une liaison O-H_{acide carboxylique} : son spectre doit donc poss\u00e9der une bande d'absorption entre 2500 et 3200 cm⁻¹.

A correspond donc au spectre 3, qui est le seul \u00e0 avoir cette bande.

Par \u00e9limination, l'ester E correspond au spectre 2.

Partie 2. \u00c9tude de l'eau de brassage d'une bi\u00e8re brune

\u00c9tude de la r\u00e9action support du titrage

9.

▪

\u00c9quation chimique		Ag ⁺ _(aq)	+	Cl ⁻ _(aq)	\u2192	AgCl _(s)
\u00c9tat du syst\u00e8me	Avancement	quantit\u00e9s de mati\u00e8re				
\u00c9tat initial	0	C ₁ V ₁		C ₂ V ₂		0
\u00c9tat final r\u00e9el	x _{\u00e9q}	C ₁ V ₁ - x _{\u00e9q}		C ₂ V ₂ - x _{\u00e9q}		x _{\u00e9q}

$$K = \frac{(C^0)^2}{[Ag^+]_{\text{éq}} \times [Cl^-]_{\text{éq}}}, \quad \text{avec} \quad [Ag^+]_{\text{éq}} = \frac{n_{\text{éq}}(Ag^+)}{V_{\text{total}}} = \frac{C_1 V_1 - x_{\text{éq}}}{V_1 + V_2}$$

$$\text{et} \quad [Cl^-]_{\text{éq}} = \frac{C_2 V_2 - x_{\text{éq}}}{V_1 + V_2}$$

On obtient donc :

$$K = \frac{(C^0)^2}{\frac{C_1 V_1 - x_{\text{éq}}}{V_1 + V_2} \times \frac{C_2 V_2 - x_{\text{éq}}}{V_1 + V_2}} = \frac{(C^0)^2 \times (V_1 + V_2)^2}{(C_1 V_1 - x_{\text{éq}})(C_2 V_2 - x_{\text{éq}})}$$

- Une quantité de matière est nécessairement positive ou nulle, donc $n_{\text{éq}}(Ag^+) \geq 0$ et $n_{\text{éq}}(Cl^-) \geq 0$
 $\Rightarrow C_1 V_1 - x_{\text{éq}} \geq 0$ et $C_2 V_2 - x_{\text{éq}} \geq 0$
 $\Rightarrow x_{\text{éq}} \leq C_1 V_1$ et $x_{\text{éq}} \leq C_2 V_2$

Or $C_1 V_1 = 5,00 \times 10^{-2} \times 2,0 \times 10^{-3} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$
 $C_2 V_2 = 4,25 \times 10^{-2} \times 2,0 \times 10^{-3} = 8,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$

Il faut donc que $x_{\text{éq}} \leq 8,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$.

Parmi les 2 valeurs possibles ($1 \times 10^{-4} \text{ mol}$ et $8,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$), seule la 2^{ème} respecte cette condition.

La solution qui peut être retenue pour ce système chimique est donc $x_{\text{éq}} = 8,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$.

- $n_f(Cl^-) = C_2 V_2 - x_{\text{éq}} = 8,5 \times 10^{-5} - 8,5 \times 10^{-5} = 0 \text{ mol}$

Dans l'état final, un des réactifs a totalement disparu. La transformation étudiée est donc totale.

- 10.** Comme rappelé dans l'énoncé, pour qu'une réaction soit adaptée pour réaliser le titrage, il faut que la transformation associée soit rapide et totale.

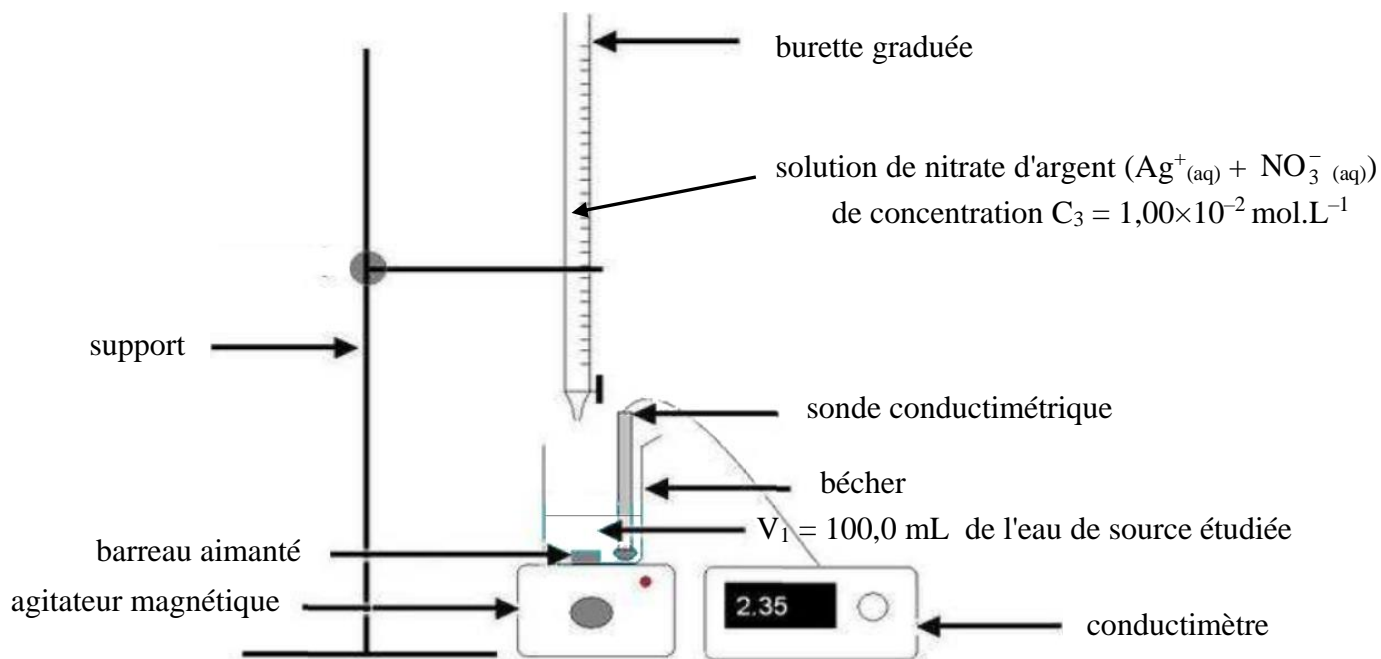
La question 9 a montré que la transformation est bien totale.

De plus, il est indiqué dans les données qu'après le mélange des solutions contenant les réactifs, "on observe la formation immédiate d'un précipité blanc". La transformation est donc rapide.

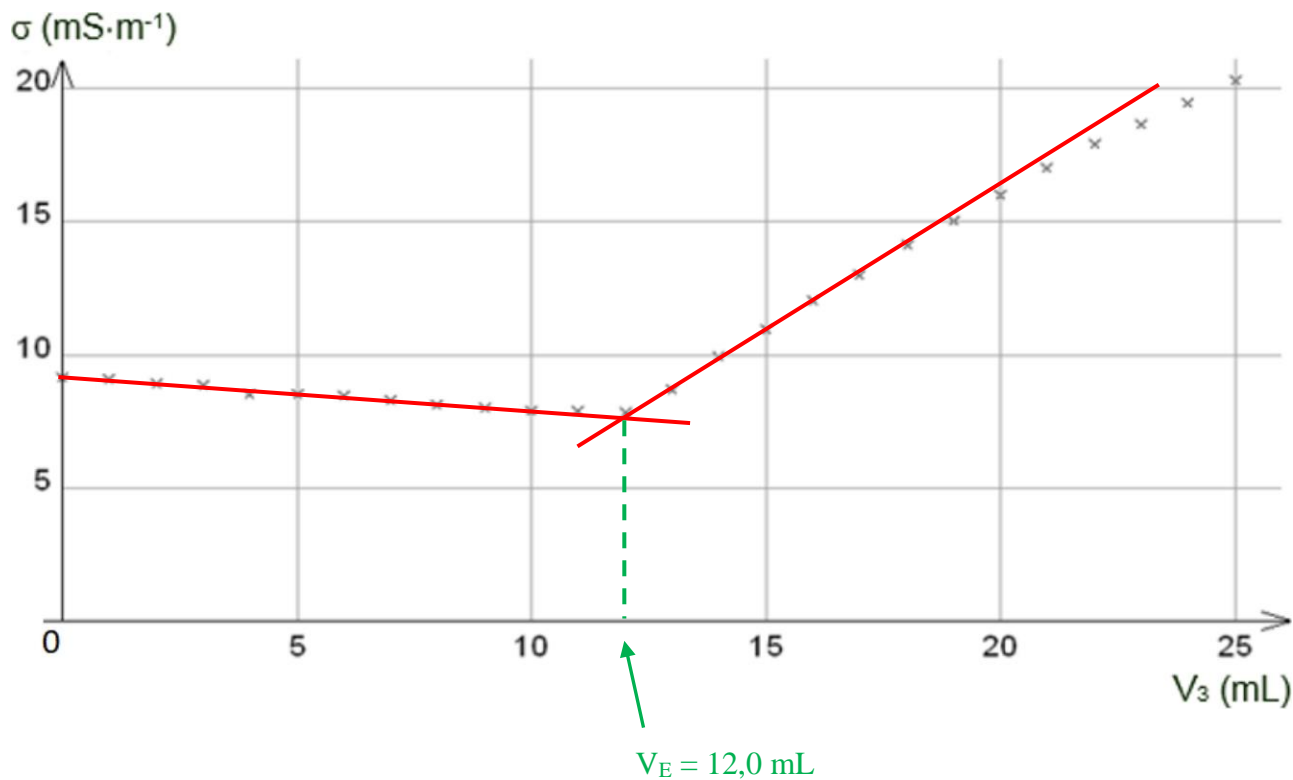
Les 2 conditions étant réunies, on en déduit que cette réaction est adaptée au titrage des ions chlorure.

Dosage par titrage de l'eau de source envisagée pour le brassage

11.

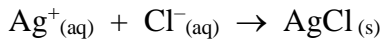


12.



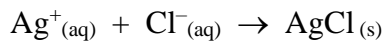
Quand le volume V ajouté augmente, la courbe est décroissante, puis elle devient croissante.
Le point équivalent correspond au point d'intersection des 2 droites.
Sur la courbe, on obtient $V_E = 12,0 \text{ mL}$.

Justification de l'allure de la courbe :



▪ Pour $V < V_E$:

Tant qu'il reste des ions $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ dans la solution du bécher, quand on ajoute de la solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$), on a :



Des ions $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ sont donc consommés.

Et même si on a également ajouté des ions $\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$, comme $\lambda_{\text{NO}_3^-} < \lambda_{\text{Cl}^-}$, σ diminue.

▪ Pour $V = V_E$:

C'est l'équivalence.

Il y a changement de réactif limitant :

- avant l'équivalence, c'est $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$
- après l'équivalence, c'est $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$

▪ Pour $V > V_E$:

On continue d'ajouter de la solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$).

On ajoute des ions (qui restent dans le bécher).

$\Rightarrow \sigma$ augmente

13. À l'équivalence, le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage.

$$\Rightarrow \frac{n_{\text{Ag}^+ \text{ ajouté à l'équivalence}}}{1} = \frac{n_{\text{Cl}^- \text{ initial}}}{1}$$

$$\Rightarrow C_3 V_E = [\text{Cl}^-]_1 \times V_1$$

$$\Rightarrow [\text{Cl}^-]_1 = \frac{C_3 V_E}{V_1} = \frac{1,00 \times 10^{-2} \times 12,0}{100,0} = 1,20 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

La concentration massique des ions Cl^- dans l'eau de source étudiée vaut donc :

$$c_m(\text{Cl}^-) = \frac{m(\text{Cl}^-)}{V_1} = \frac{n(\text{Cl}^-) \times M(\text{Cl})}{V_1} = [\text{Cl}^-]_1 \times M(\text{Cl}) = 1,20 \times 10^{-3} \times 35,5 = 0,0426 \text{ g.L}^{-1} = 42,6 \text{ mg.L}^{-1}$$

Elle n'est pas comprise entre 100 et 200 mg.L^{-1} , donc l'eau analysée ne peut pas convenir pour la fabrication de la bière brune.