

Préparation d'une bière brune aromatisée

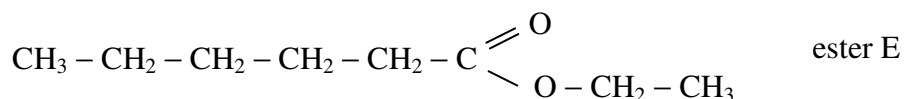
Depuis l'antiquité, les bières sont produites selon le même procédé à partir de quatre constituants : l'eau, le malt, le houblon et les levures. L'origine des ingrédients et les différentes étapes de transformation vont apporter à la bière sa couleur, sa saveur ou encore son amertume.

Entre 250 et 300 espèces chimiques présentes dans la bière proviennent des huiles essentielles du houblon, parmi lesquelles plus de 60 esters différents dont les plus importants sont l'acétate d'éthyle, l'acétate d'isoamyle, l'acétate d'isobutyle, l'acétate de phényle, l'hexanoate d'éthyle et le caprylate d'éthyle.

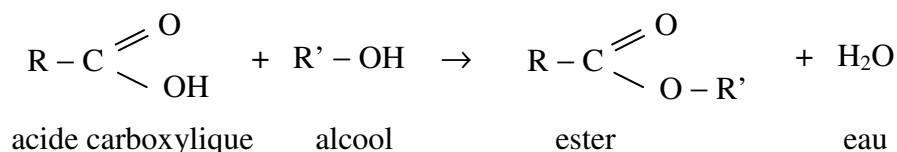
Afin d'intensifier la saveur fruitée d'une bière, on peut rajouter, en fin de fabrication, un ester dont la réaction de synthèse va être étudiée dans un premier temps (partie 1). La qualité de l'eau utilisée étant très importante dans la fabrication de la bière, l'analyse d'une eau de brassage sera effectuée dans un second temps (partie 2).

1 Synthèse d'un ester au laboratoire

L'ester, noté E, dont la formule semi-développée est représentée ci-après, permet d'obtenir un arôme de fruits rouges qui peut servir pour intensifier le goût d'une bière.



Cet ester peut être synthétisé au laboratoire à partir d'un acide carboxylique et d'un alcool. La réaction modélisant cette synthèse est appelée réaction d'estérification. L'équation de la réaction d'estérification, écrite dans le cas général avec R et R' chaînes carbonées, est la suivante :



Données

préfixes utilisés dans les règles de nomenclature

nombre d'atomes de carbone	1	2	3	4	5	6	7	8
préfixe	méth-	éth-	prop-	but-	pent-	hex-	hept-	oct-

masse volumique ρ (en g.cm^{-3}) à 25 °C

acide carboxylique A	alcool B
0,930	0,789

masse molaire (en g.mol^{-1})

acide A	alcool B	ester noté E
116,2	46,1	144,2

extrait d'une table de spectroscopie infrarouge

liaison	nombre d'onde (cm^{-1})	intensité
O-H alcool libre	3500 – 3700	forte, fine
O-H alcool lié	3200 – 3400	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 – 3200	forte à moyenne, large
Ctri - H	3000 – 3100	moyenne
Ctét - H	2800 – 3000	forte

C = O	1680 – 1740	forte
-------	-------------	-------

Remarques

Ctri signifie que l'atome de carbone est trigonal, c'est-à-dire relié à trois voisins.

Cté signifie que l'atome de carbone est tétraédrique, c'est-à-dire relié à quatre voisins.

- 1 Nommer l'ester E et représenter sa formule topologique.
- 2 Ecrire les formules semi-développées de l'acide carboxylique A et de l'alcool B intervenant dans la synthèse de l'ester E et nommer chacun d'eux.

Pour obtenir l'ester E, on chauffe à reflux un volume d'alcool $V_{\text{alcool}} = 20,0$ mL avec un volume d'acide carboxylique $V_{\text{acide}} = 43,0$ mL, en présence d'acide sulfurique. On obtient, après séparation, rinçage et séchage, une masse $m_E = 33,1$ g d'ester E.

- 3 Justifier le double intérêt d'un chauffage à reflux.
- 4 L'acide sulfurique joue le rôle de catalyseur lors de cette synthèse. Citer la définition d'un catalyseur.
- 5 Montrer que les réactifs sont dans des proportions pratiquement stœchiométriques et déterminer la valeur du rendement de cette synthèse.

Pour améliorer le rendement de la synthèse, on réalise trois synthèses en faisant varier différents paramètres expérimentaux. Pour chaque synthèse, un suivi temporel de la concentration en acide carboxylique est réalisé par titrage. Ce suivi conduit aux tracés des courbes représentant l'évolution de la concentration de l'acide carboxylique en fonction du temps (figure 1).

	volume d'acide	volume d'alcool	catalyseur	température
synthèse 1	43 mL	20 mL	oui	50 °C
synthèse 2	43 mL	25 mL	oui	50 °C
synthèse 3	43 mL	20 mL	oui	70 °C

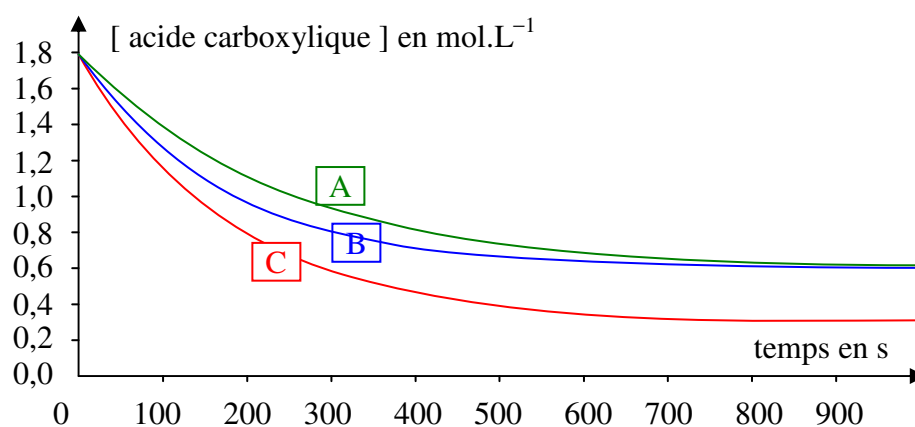
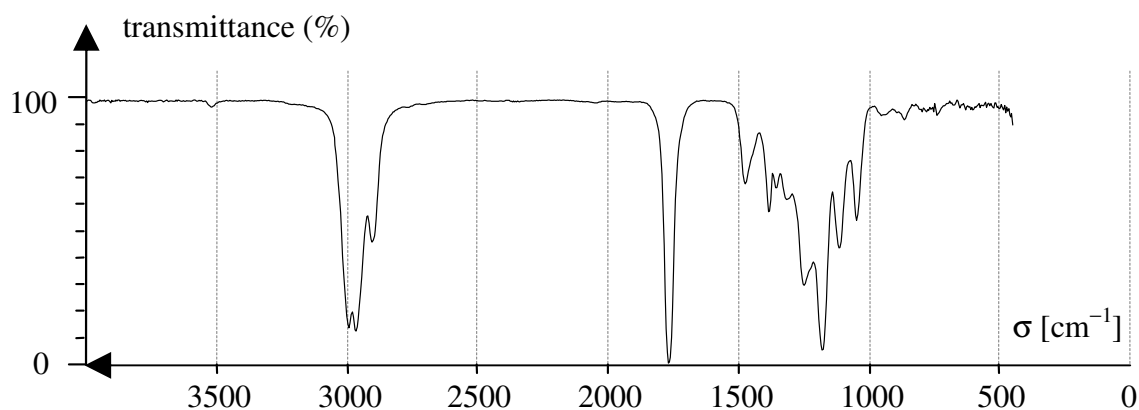
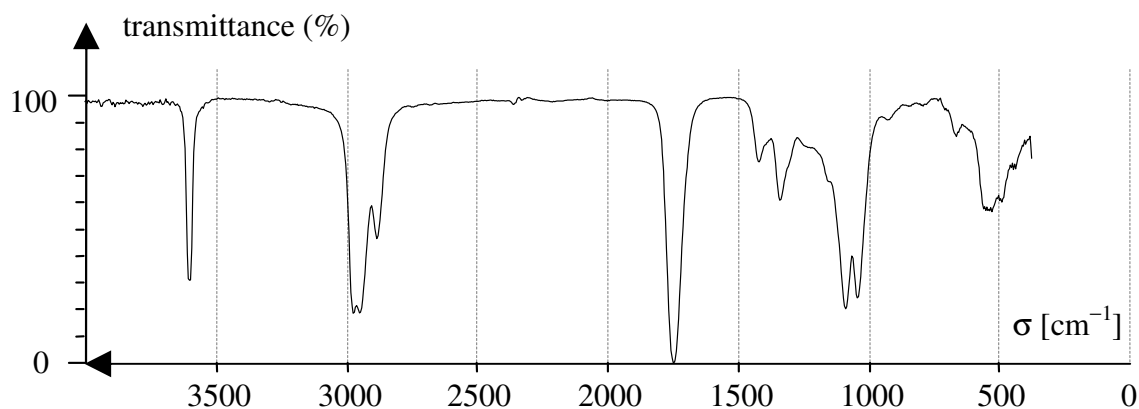
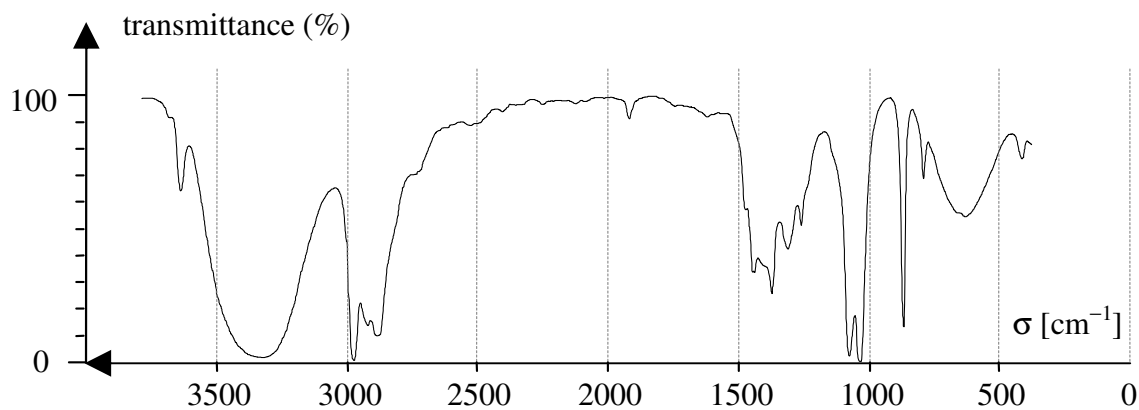


figure 1
évolutions temporelles de la concentration en acide carboxylique

- 6 Identifier les conditions expérimentales, en précisant le numéro de la synthèse, pour lesquelles la réaction d'estérification est la plus lente. Préciser la courbe associée.
- 7 Identifier les conditions expérimentales, en précisant le numéro de la synthèse, pour lesquelles le rendement de la réaction d'estérification est amélioré. Préciser la courbe associée.

Les spectres infrarouge de chacun des réactifs avant la synthèse et du produit organique isolé et purifié après la synthèse ont été réalisés. Ils sont reproduits ci-après.

- 8 Parmi ces trois spectres infrarouge, identifier celui de l'ester E en précisant la démarche suivie.



2 Etude de l'eau de brassage d'une bière brune

La composition de l'eau utilisée pour la fabrication d'une bière a une influence sur sa saveur ou sa couleur. Dans le cas de la bière brune, l'eau utilisée doit contenir, entre autres, des ions chlorure à une concentration massique comprise entre 100 et 200 mg.L⁻¹.

Dans cette partie, on souhaite savoir si une eau de source peut convenir au brassage d'une bière. A cette fin, les ions chlorure présents dans cette eau de source sont titrés par une solution de nitrate d'argent. Le titrage est suivi par conductimétrie.

Données

- conductivités molaires ioniques à 25°C :

ions	ion nitrate NO ₃ ⁻	ion chlorure Cl ⁻	ion argent Ag ⁺	ion sodium Na ⁺
σ (mS.m ² .mol ⁻¹)	7,1	7,7	6,2	5,0

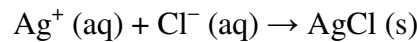
- masse molaire atomique du chlore : M (Cl) = 35,5 g.mol⁻¹

Etude de la réaction support du titrage

Pour que la réaction entre les ions argent et les ions chlorure soit adaptée pour réaliser le titrage, il faut que la transformation associée soit rapide et totale. On souhaite s'assurer qu'elle respecte ces conditions. Pour cela, on mélange, dans un tube à essai :

- un volume $V_1 = 2,0$ mL de solution aqueuse de chlorure de sodium (Na^+ (aq), Cl^- (aq)) de concentration $C_1 = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- et un volume $V_2 = 2,0$ mL de solution aqueuse de nitrate d'argent (Ag^+ (aq), NO_3^- (aq)) de concentration $C_2 = 4,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

On observe la formation immédiate d'un précipité blanc, solide identifié comme étant du chlorure d'argent. L'équation de la réaction modélisant cette transformation est :



La valeur de la constante d'équilibre de cette réaction à 25°C est $K(T) = 6,4 \cdot 10^9$.

- 9 Montrer qu'à l'équilibre du système chimique, l'avancement à l'équilibre $x_{\text{éq}}$ peut être déterminé par la résolution de l'équation :

$$K(T) = \frac{(V_1 + V_2)^2 * c^{\circ 2}}{(V_1 * C_1 - x_{\text{éq}}) * (V_2 * C_2 - x_{\text{éq}})} \quad \text{avec } c^\circ = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

Cette équation du second degré en $x_{\text{éq}}$ admet deux solutions dont les valeurs arrondies sont :

$$x_1 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol. et } x_2 = 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$$

Indiquer la solution qui peut être retenue pour ce système chimique.

- 10 Discuter si cette transformation est adaptée au titrage des ions chlorure.

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

On prélève un volume $V_1 = 100,0$ mL d'eau de source que l'on introduit dans un grand béccher dans lequel on plonge une cellule conductimétrique. A l'aide d'une burette graduée, on ajoute progressivement une solution aqueuse de nitrate d'argent (Ag^+ (aq), NO_3^- (aq)) de concentration $C_3 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

La conductivité σ du mélange dans le béccher, maintenu sous une agitation régulière, évolue en fonction du volume V_3 de la solution de nitrate d'argent ajouté. Le tracé de cette évolution est représenté en figure 2.

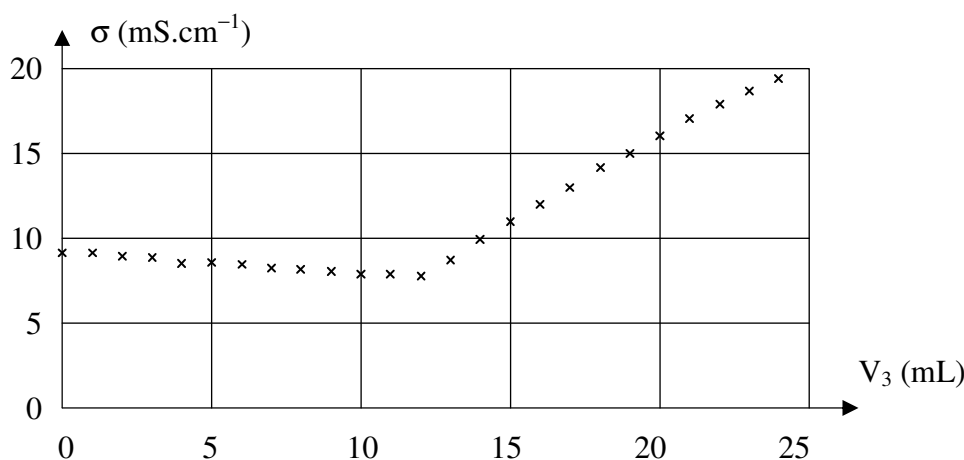


figure 2
évolution de la conductivité σ du mélange dans le béccher en fonction du volume V_3 de solution de nitrate d'argent versé

- 11 Faire un schéma légendé du dispositif utilisé lors de ce titrage.
- 12 Justifier les évolutions de la conductivité σ de la solution contenue dans le béccher avant et après l'équivalence.

13 Indiquer si la teneur en ions chlorure de l'eau analysée peut convenir pour la fabrication de la bière brune.

Le candidat est invité à prendre des initiatives, à indiquer les hypothèses qu'il est amené à formuler et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Corrigé

Préparation d'une bière brune aromatisée

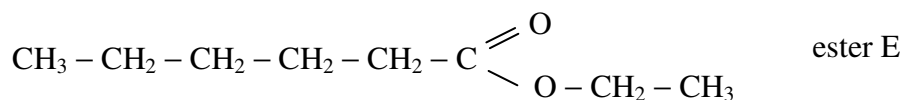
Depuis l'antiquité, les bières sont produites selon le même procédé à partir de quatre constituants : l'eau, le malt, le houblon et les levures. L'origine des ingrédients et les différentes étapes de transformation vont apporter à la bière sa couleur, sa saveur ou encore son amertume.

Entre 250 et 300 espèces chimiques présentes dans la bière proviennent des huiles essentielles du houblon, parmi lesquelles plus de 60 esters différents dont les plus importants sont l'acétate d'éthyle, l'acétate d'isoamyle, l'acétate d'isobutyle, l'acétate de phényle, l'hexanoate d'éthyle et le caprylate d'éthyle.

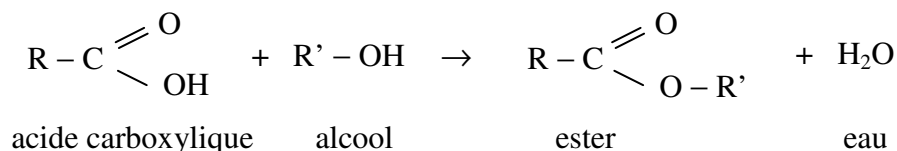
Afin d'intensifier la saveur fruitée d'une bière, on peut rajouter, en fin de fabrication, un ester dont la réaction de synthèse va être étudiée dans un premier temps (partie 1). La qualité de l'eau utilisée étant très importante dans la fabrication de la bière, l'analyse d'une eau de brassage sera effectuée dans un second temps (partie 2).

1 Synthèse d'un ester au laboratoire

L'ester, noté E, dont la formule semi-développée est représentée ci-après, permet d'obtenir un arôme de fruits rouges qui peut servir pour intensifier le goût d'une bière.



Cet ester peut être synthétisé au laboratoire à partir d'un acide carboxylique et d'un alcool. La réaction modélisant cette synthèse est appelée réaction d'estérification. L'équation de la réaction d'estérification, écrite dans le cas général avec R et R' chaînes carbonées, est la suivante :



Données

préfixes utilisés dans les règles de nomenclature

nombre d'atomes de carbone	1	2	3	4	5	6	7	8
préfixe	méth-	éth-	prop-	but-	pent-	hex-	hept-	oct-

masse volumique ρ (en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) à 25 °C

acide carboxylique A	alcool B
0,930	0,789

masse molaire (en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)

acide A	alcool B	ester noté E
116,2	46,1	144,2

extrait d'une table de spectroscopie infrarouge

liaison	nombre d'onde (cm^{-1})	intensité
O-H alcool libre	3500 – 3700	forte, fine
O-H alcool lié	3200 – 3400	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 – 3200	forte à moyenne, large

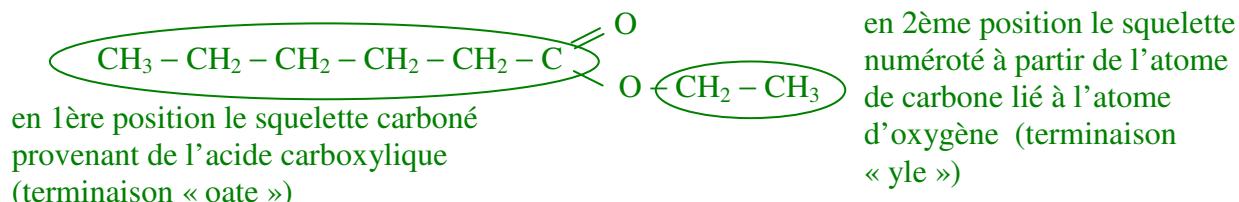
Ctri - H	3000 – 3100	moyenne
Ctét - H	2800 – 3000	forte
C = O	1680 – 1740	forte

Remarques

Ctri signifie que l'atome de carbone est trigonal, c'est-à-dire relié à trois voisins.

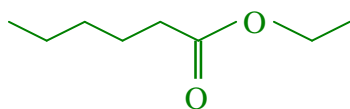
Ctét signifie que l'atome de carbone est tétragonal, c'est-à-dire relié à quatre voisins.

- 1 Nommer l'ester E et représenter sa formule topologique.

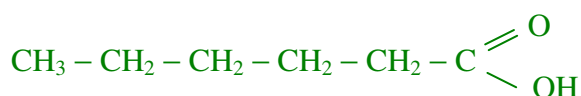


hexanoate d'éthyle

la formule topologique est semblable à la formule semi-développée mais les atomes de carbone et les atomes d'hydrogène liés à ces atomes de carbone ne sont pas représentés.



- 2 Ecrire les formules semi-développées de l'acide carboxylique A et de l'alcool B intervenant dans la synthèse de l'ester E et nommer chacun d'eux.



A : acide hexanoïque



B : éthanol

Pour obtenir l'ester E, on chauffe à reflux un volume d'alcool $V_{\text{alcool}} = 20,0$ mL avec un volume d'acide carboxylique $V_{\text{acide}} = 43,0$ mL, en présence d'acide sulfurique. On obtient, après séparation, rinçage et séchage, une masse $m_E = 33,1$ g d'ester E.

- 3 Justifier le double intérêt d'un chauffage à reflux.

chauffage

les vitesses d'apparition des produits ou de disparition des réactifs augmente quand la température du système augmente (facteur cinétique)

reflux

liquéfier les espèces chimiques volatiles qui se sont vaporisées dans le ballon (pas de pertes de réactifs ou de produits et maintien de la qualité de l'air dans le laboratoire)

- 4 L'acide sulfurique joue le rôle de catalyseur lors de cette synthèse. Citer la définition d'un catalyseur.

un catalyseur est une substance dont la présence dans le système augmente les vitesses d'apparition des produits ou de disparition des réactifs

- 5 Montrer que les réactifs sont dans des proportions pratiquement stœchiométriques et déterminer la valeur du rendement de cette synthèse.

$$n_i(\text{A}) = \rho(\text{A}) * V(\text{A}) / M(\text{A}) = 0,930 * 43,0 / 116,2 = 3,44.10^{-1} \text{ mol.}$$

$$n_i(\text{B}) = \rho(\text{B}) * V(\text{B}) / M(\text{B}) = 0,789 * 20,0 / 46,1 = 3,42.10^{-1} \text{ mol.}$$

$$\frac{n_i(\text{A})}{1} \approx \frac{n_i(\text{B})}{1} \text{ c'est à dire les conditions stœchiométriques}$$

avancement maximal de la transformation

$$x_{\text{max}} = \min \left(\frac{n_i(\text{A})}{1}, \frac{n_i(\text{B})}{1} \right) = 3,42.10^{-1} \text{ mol.}$$

quantité maximale d'ester attendue

$$n(\text{E}) = x_{\text{max}} = 3,42.10^{-1} \text{ mol.}$$

masse maximale d'ester attendue

$$m(\text{E}) = n(\text{E}) * M(\text{E}) = 3,42.10^{-1} * 144,2 = 49,3 \text{ g}$$

le rendement « η » de la synthèse est donné par le quotient de la masse finale d'ester obtenue par la masse maximale d'ester attendue

$$\eta = \frac{m(\text{ester})}{m_{\text{max}}(\text{ester})} = \frac{33,1}{49,3} = 0,68$$

Pour améliorer le rendement de la synthèse, on réalise trois synthèses en faisant varier différents paramètres expérimentaux. Pour chaque synthèse, un suivi temporel de la concentration en acide carboxylique est réalisé par titrage. Ce suivi conduit aux tracés des courbes représentant l'évolution de la concentration de l'acide carboxylique en fonction du temps (figure 1).

	volume d'acide	volume d'alcool	catalyseur	température
synthèse 1	43 mL	20 mL	oui	50 °C
synthèse 2	43 mL	25 mL	oui	50 °C
synthèse 3	43 mL	20 mL	oui	70 °C

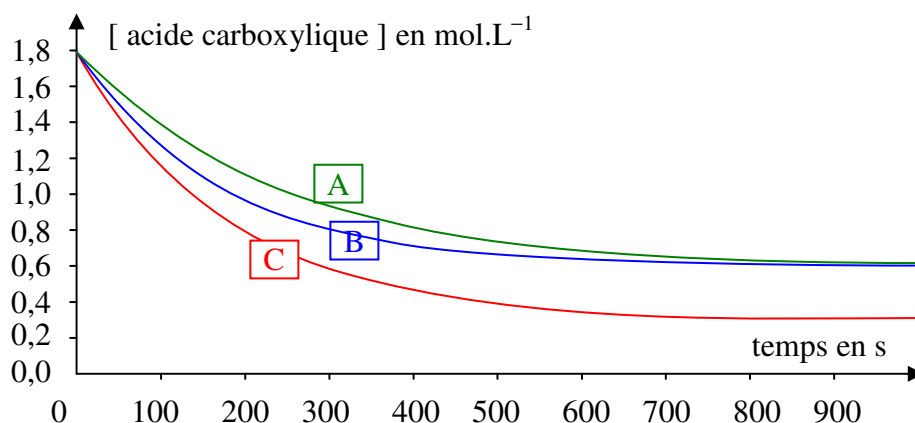
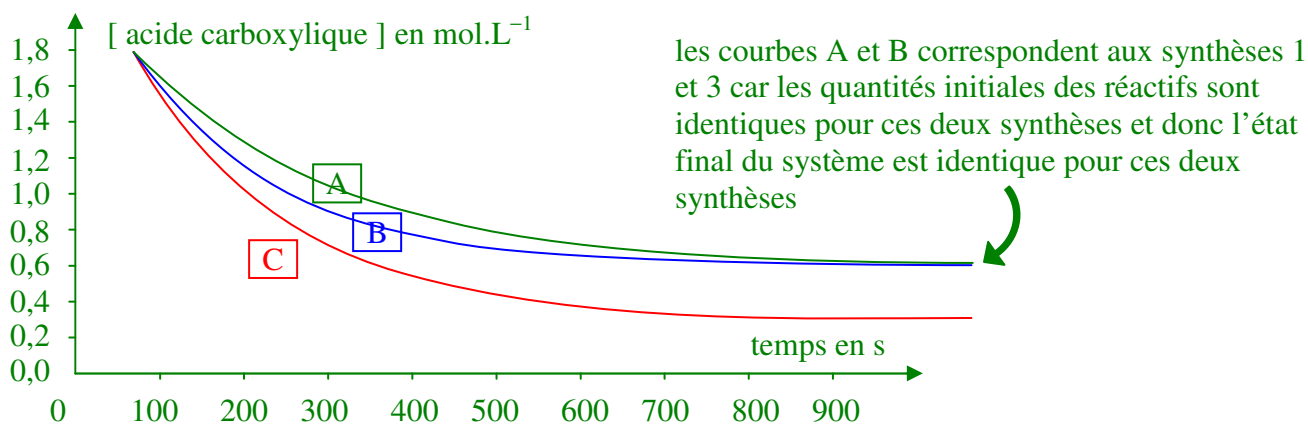


figure 1
évolutions temporelles de la concentration en acide carboxylique

- 6 Identifier les conditions expérimentales, en précisant le numéro de la synthèse, pour lesquelles la réaction d'estérification est la plus lente. Préciser la courbe associée.



réaction d'estérification la plus lente (associée à la courbe A) : synthèse 1
(la synthèse 3 est plus rapide car elle se fait à température plus élevée)

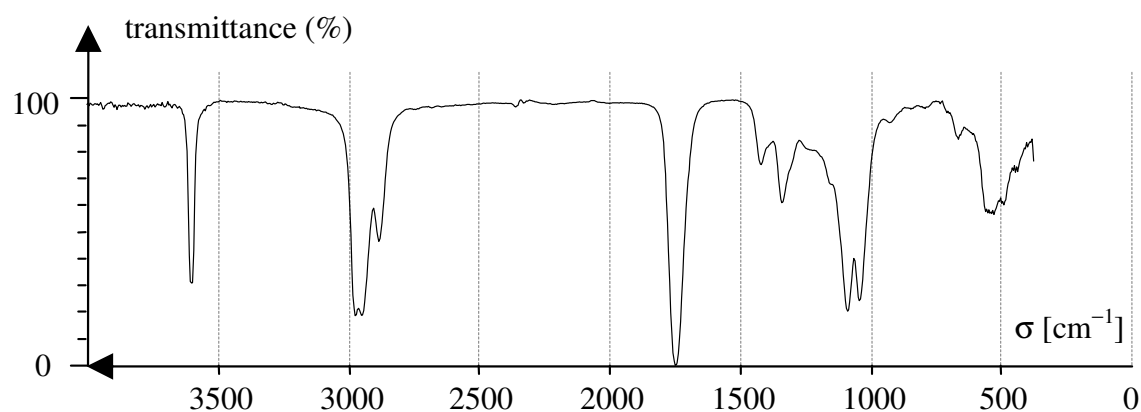
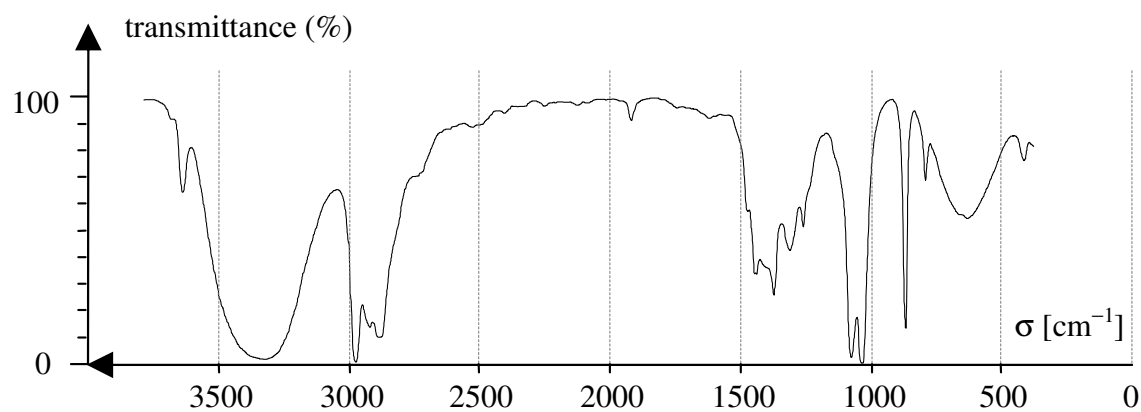
- 7 Identifier les conditions expérimentales, en précisant le numéro de la synthèse, pour lesquelles le rendement de la réaction d'estérification est amélioré. Préciser la courbe associée.

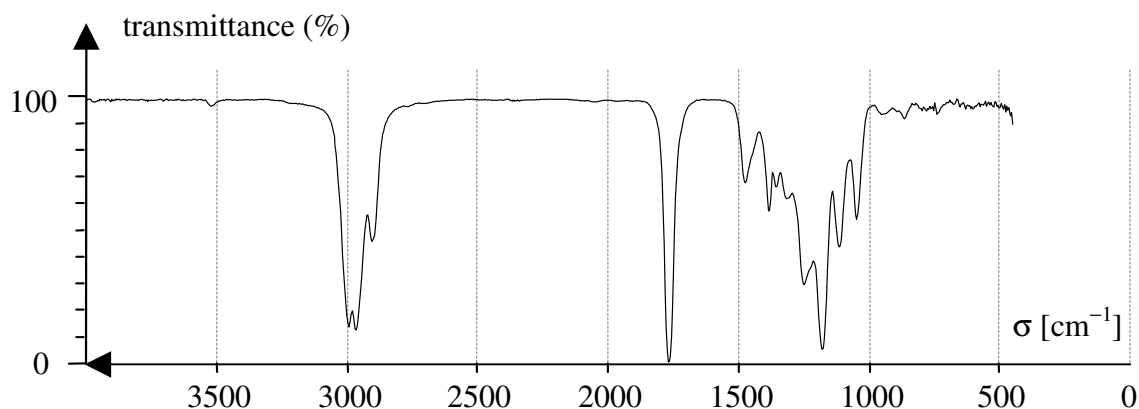
déplacer l'équilibre c'est faire évoluer le mélange vers un nouvel état d'équilibre où les proportions des constituants sont différentes

en augmentant la quantité de B l'équilibre est déplacé dans le sens direct (apparition de plus de E)
rendement amélioré pour la synthèse 2 (associée à la courbe C)

Les spectres infrarouge de chacun des réactifs avant la synthèse et du produit organique isolé et purifié après la synthèse ont été réalisés. Ils sont reproduits ci-après.

- 8 Parmi ces trois spectres infrarouge, identifier celui de l'ester E en précisant la démarche suivie.





l'ester E possède une liaison C = O dont on devrait voir un fort pic d'absorption vers 1680 – 1740 cm^{-1}

le spectre n°1 ne possède pas un tel pic d'absorption

l'ester E ne possède pas de liaison O – H qui correspond à un fort pic d'absorption vers 3500 – 3700 cm^{-1} (fine si alcool libre) ou 3200 – 3400 cm^{-1} (large si O-H alcool lié) ou 2500 – 3200 cm^{-1} (large si acide carboxylique)

les spectre n°1 et n°2 possèdent un tel pic d'absorption

le spectre de l'ester est donc le spectre 3

2 Etude de l'eau de brassage d'une bière brune

La composition de l'eau utilisée pour la fabrication d'une bière a une influence sur sa saveur ou sa couleur. Dans le cas de la bière brune, l'eau utilisée doit contenir, entre autres, des ions chlorure à une concentration massique comprise entre 100 et 200 mg.L^{-1} .

Dans cette partie, on souhaite savoir si une eau de source peut convenir au brassage d'une bière. A cette fin, les ions chlorure présents dans cette eau de source sont titrés par une solution de nitrate d'argent. Le titrage est suivi par conductimétrie.

Données

- conductivités molaires ioniques à 25°C :

ions	ion nitrate NO_3^-	ion chlorure Cl^-	ion argent Ag^+	ion sodium Na^+
σ ($\text{mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$)	7,1	7,7	6,2	5,0

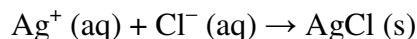
- masse molaire atomique du chlore : $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Etude de la réaction support du titrage

Pour que la réaction entre les ions argent et les ions chlorure soit adaptée pour réaliser le titrage, il faut que la transformation associée soit rapide et totale. On souhaite s'assurer qu'elle respecte ces conditions. Pour cela, on mélange, dans un tube à essai :

- un volume $V_1 = 2,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse de chlorure de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq})$, $\text{Cl}^-(\text{aq})$) de concentration $C_1 = 5,00.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- et un volume $V_2 = 2,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+(\text{aq})$, $\text{NO}_3^-(\text{aq})$) de concentration $C_2 = 4,25.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

On observe la formation immédiate d'un précipité blanc, solide identifié comme étant du chlorure d'argent. L'équation de la réaction modélisant cette transformation est :



La valeur de la constante d'équilibre de cette réaction à 25°C est $K(T) = 6,4 \cdot 10^9$.

9 Montrer qu'à l'équilibre du système chimique, l'avancement à l'équilibre $x_{\text{éq}}$ peut être déterminé par la résolution de l'équation :

$$K(T) = \frac{(V_1 + V_2)^2 * c^{\circ 2}}{(V_1 * C_1 - x_{\text{éq}}) * (V_2 * C_2 - x_{\text{éq}})} \quad \text{avec } c^{\circ} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

tableau d'avancement

		$\text{Ag}^+ (\text{aq})$	+	$\text{Cl}^- (\text{aq})$	=	$\text{AgCl} (\text{s})$
état initial	0	$n_i (\text{Ag}^+)$		$n_i (\text{Cl}^-)$		0,0
état final	$x_{\text{éq}}$	$n_i (\text{Ag}^+) - x_{\text{éq}}$		$n_i (\text{Cl}^-) - x_{\text{éq}}$		$n_{\text{éq}} (\text{FeSCN}^{2+}) = x_{\text{éq}}$

$$n_{\text{éq}} (\text{Ag}^+) = n_i (\text{Ag}^+) - x_{\text{éq}} = C_2 * V_2 - x_{\text{éq}}$$

$$n_{\text{éq}} (\text{Cl}^-) = n_i (\text{Cl}^-) - x_{\text{éq}} = C_1 * V_1 - x_{\text{éq}}$$

concentration molaire des réactifs à l'équilibre

$$[\text{Ag}^+]_{\text{éq}} = n_{\text{éq}} (\text{Ag}^+) / V_{\text{solution}} = (C_2 * V_2 - x_{\text{éq}}) / (V_1 + V_2)$$

$$[\text{Cl}^-]_{\text{éq}} = n_{\text{éq}} (\text{Cl}^-) / V_{\text{solution}} = (C_1 * V_1 - x_{\text{éq}}) / (V_1 + V_2)$$

constante d'équilibre

$$K(T) = \frac{c^{\circ 2}}{[\text{Ag}^+]_{\text{éq}} * [\text{Cl}^-]_{\text{éq}}} = \frac{c^{\circ 2}}{(C_2 * V_2 - x_{\text{éq}}) * (C_1 * V_1 - x_{\text{éq}})} = \frac{(V_1 + V_2)^2 * c^{\circ 2}}{(V_1 * C_1 - x_{\text{éq}}) * (V_2 * C_2 - x_{\text{éq}})}$$

Cette équation du second degré en $x_{\text{éq}}$ admet deux solutions dont les valeurs arrondies sont :

$$x_1 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol. et } x_2 = 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$$

Indiquer la solution qui peut être retenue pour ce système chimique.

calcul de l'avancement maximal

$$x_{\text{max}} = \min \left(\frac{n_i (\text{Ag}^+)}{1}, \frac{n_i (\text{Cl}^-)}{1} \right) = \min \left(\frac{C_2 * V_2}{1}, \frac{C_1 * V_1}{1} \right) = \min (8,5 \cdot 10^{-5}, 1,0 \cdot 10^{-4})$$

$$x_{\text{max}} = 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$$

conclusion

seule la valeur $x_2 = 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$ peut être acceptée pour valeur de l'avancement à l'équilibre car l'autre valeur est > à l'avancement maximal

10 Discuter si cette transformation est adaptée au titrage des ions chlorure.

critères pour une transformation adaptée au titrage

« pour que la réaction entre les ions argent et les ions chlorure soit adaptée pour réaliser le titrage, il faut que la transformation associée soit rapide et totale » (énoncé)

la transformation est rapide

« on observe la formation immédiate d'un précipité blanc, solide identifié comme étant du chlorure d'argent » (énoncé)

la transformation est totale

l'avancement à l'équilibre est égal à l'avancement maximal donc la réaction est totale

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

On prélève un volume $V_1 = 100,0$ mL d'eau de source que l'on introduit dans un grand bécher dans lequel on plonge une cellule conductimétrique. A l'aide d'une burette graduée, on ajoute progressivement une solution aqueuse de nitrate d'argent (Ag^+ (aq), NO_3^- (aq)) de concentration $C_3 = 1,00 \cdot 10^{-2}$ mol.L⁻¹.

La conductivité σ du mélange dans le bécher, maintenu sous une agitation régulière, évolue en fonction du volume V_3 de la solution de nitrate d'argent ajouté. Le tracé de cette évolution est représenté en figure 2.

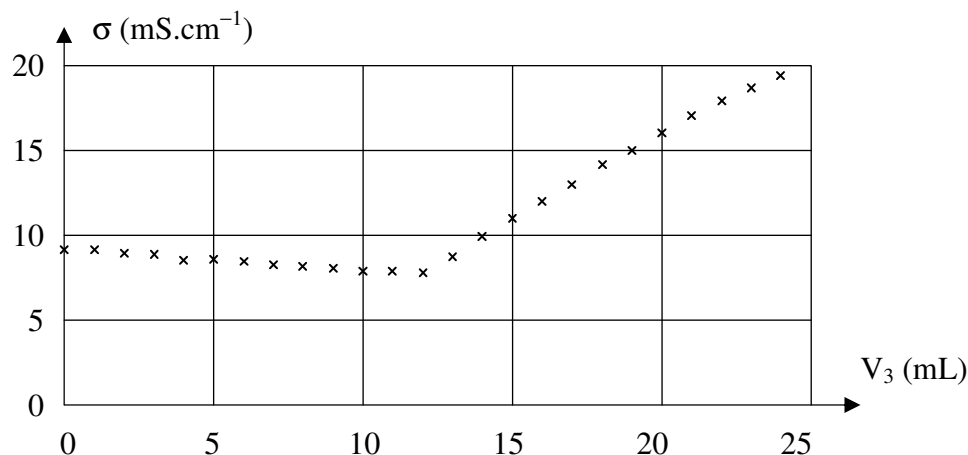
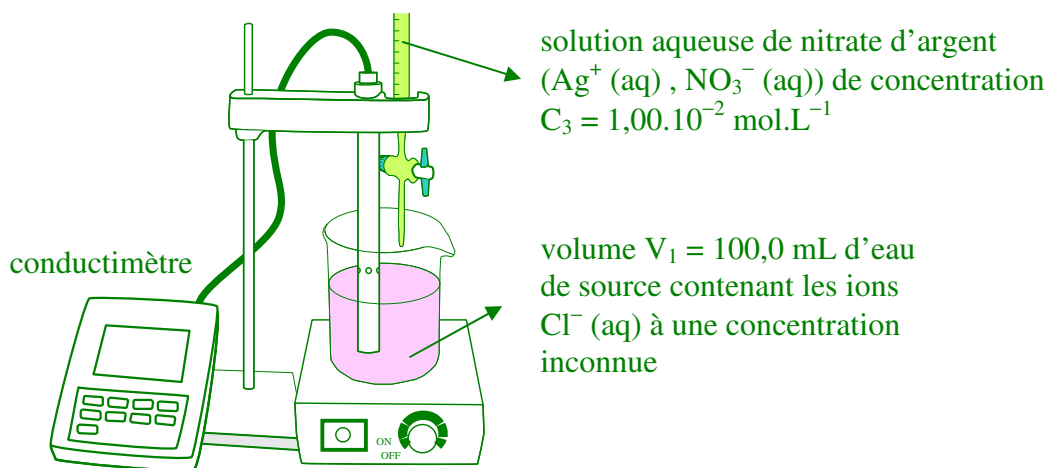


figure 2

évolution de la conductivité σ du mélange dans le bécher en fonction du volume V_3 de solution de nitrate d'argent versé

11 Faire un schéma légendé du dispositif utilisé lors de ce titrage.



12 Justifier les évolutions de la conductivité σ de la solution contenue dans le bécher avant et après l'équivalence.

la solution présente initialement dans le bécher contient des ions et notamment des ions chlorure Cl^- .

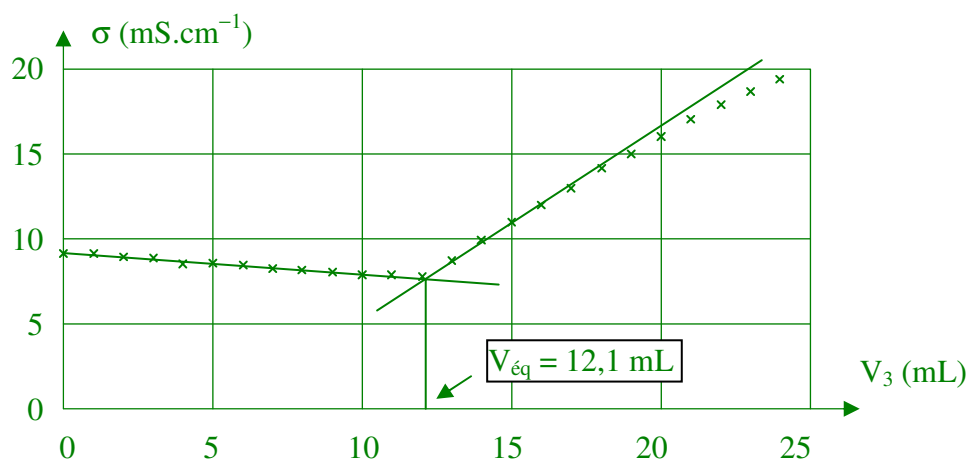
Avant l'équivalence, à mesure que l'on ajoute dans le bécher la solution contenant les ions argent Ag^+ et nitrate NO_3^- , la transformation élimine des ions chlorure Cl^- et les ions argent Ag^+ . Cela revient à remplacer un ion chlorure Cl^- par un ion nitrate NO_3^- dans le bécher : la conductivité diminue légèrement : $\sigma(\text{NO}_3^-) < \sigma(\text{Cl}^-)$

Après équivalence, la transformation est terminée. Les ajouts de solution contenant les ions argent Ag^+ et nitrate NO_3^- ne font qu'ajouter des ions à la solution contenue dans le bécher. La conductivité augmente.

- 13 Indiquer si la teneur en ions chlorure de l'eau analysée peut convenir pour la fabrication de la bière brune.

Le candidat est invité à prendre des initiatives, à indiquer les hypothèses qu'il est amené à formuler et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

détermination du volume de nitrate d'argent versé à l'équivalence



à l'équivalence

$$\frac{n_i(\text{Cl}^-)}{1} = \frac{C_3 * V_{\text{eq}}}{1}$$

$$n_i(\text{Cl}^-) = C_3 * V_{\text{eq}} = 1,00 \cdot 10^{-2} * 12,1 \cdot 10^{-3} = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ mol.}$$

concentration massique des ions chlorure dans l'eau

$$[\text{Cl}^-] = n_i(\text{Cl}^-) * M(\text{Cl}^-) / V_1 = n_i(\text{Cl}^-) * M(\text{Cl}) / V_1 = 1,21 \cdot 10^{-4} * 35,5 / 0,1000 = 0,0430 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$$

conclusion

$$43 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} < 100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$$

la concentration massique des ions chlorure est insuffisante