

CLASSE : Terminale

VOIE : Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h45

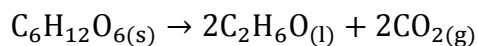
EXERCICE 1 : commun à tous les candidats (10 points)

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ: PHYSIQUE-CHIMIE

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui « type collège »

EXERCICE 1 commun à tous les candidats
Fermentation de la pâte à pizza napolitaine (10 points)

1.1.



Élément	Evolution temporelle	Analyse	Cohérence										
Ethanol C_2H_6O	<table border="1"> <caption>Data for Ethanol Quantity</caption> <thead> <tr> <th>durée de fermentation (min)</th> <th>Quantité d'éthanol (mmol)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>60</td><td>30</td></tr> <tr><td>120</td><td>70</td></tr> <tr><td>180</td><td>115</td></tr> </tbody> </table>	durée de fermentation (min)	Quantité d'éthanol (mmol)	0	0	60	30	120	70	180	115	La quantité augmente au cours du temps	L'éthanol est un produit, sa quantité augmente au cours du temps.
durée de fermentation (min)	Quantité d'éthanol (mmol)												
0	0												
60	30												
120	70												
180	115												
Glucose $C_6H_{12}O_6$	<table border="1"> <caption>Data for Glucose Quantity</caption> <thead> <tr> <th>durée de fermentation (min)</th> <th>Quantité de glucose (mmol)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>38</td></tr> <tr><td>60</td><td>28</td></tr> <tr><td>120</td><td>13</td></tr> <tr><td>180</td><td>5</td></tr> </tbody> </table>	durée de fermentation (min)	Quantité de glucose (mmol)	0	38	60	28	120	13	180	5	La quantité diminue au cours du temps	Le glucose est un réactif, sa quantité diminue au cours du temps.
durée de fermentation (min)	Quantité de glucose (mmol)												
0	38												
60	28												
120	13												
180	5												
Dioxyde de carbone CO_2	<table border="1"> <caption>Data for Carbon Dioxide Quantity</caption> <thead> <tr> <th>durée de fermentation (min)</th> <th>Quantité de dioxyde de carbone (mmol)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>60</td><td>12</td></tr> <tr><td>120</td><td>35</td></tr> <tr><td>180</td><td>55</td></tr> </tbody> </table>	durée de fermentation (min)	Quantité de dioxyde de carbone (mmol)	0	0	60	12	120	35	180	55	La quantité augmente au cours du temps	Le dioxyde de carbone est un produit, sa quantité augmente au cours du temps.
durée de fermentation (min)	Quantité de dioxyde de carbone (mmol)												
0	0												
60	12												
120	35												
180	55												

1.2.

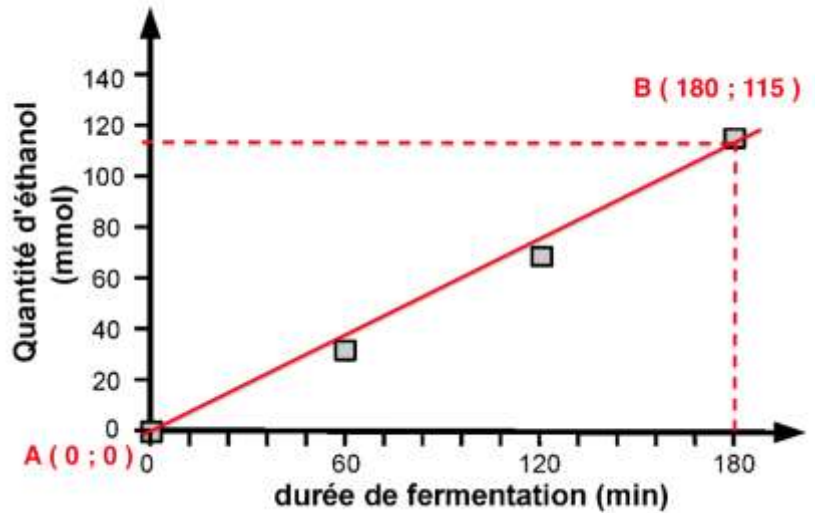
L'espèce responsable de l'augmentation de la hauteur de la pâte est le $CO_2(g)$: c'est un gaz produit qui fait gonfler la pâte.

1.3.

$$V_{\text{éthanol}} = \frac{1}{V} \frac{dn_{\text{éthanol}}(t)}{dt}$$

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

$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$
$$k = \frac{115 \cdot 10^{-3} - 0}{180 - 0}$$
$$k = 6,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

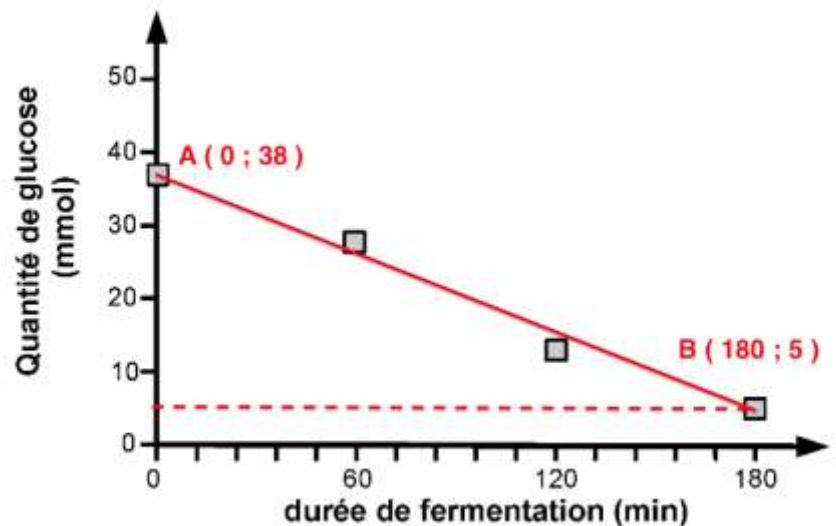


$$V_{\text{éthanol}} = \frac{1}{V} \frac{dn_{\text{éthanol}}(t)}{dt}$$
$$V_{\text{éthanol}} = \frac{1}{1} \times 6,4 \cdot 10^{-4}$$
$$V_{\text{éthanol}} = 6,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$V_{\text{glucose}} = -\frac{1}{V} \frac{dn_{\text{glucose}}(t)}{dt}$$

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

$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$
$$k = \frac{5 \cdot 10^{-3} - 38 \cdot 10^{-3}}{180 - 0}$$
$$k = -1,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$



$$V_{\text{glucose}} = -\frac{1}{V} \frac{dn_{\text{glucose}}(t)}{dt}$$
$$V_{\text{glucose}} = -\frac{1}{1} \times -1,8 \cdot 10^{-4}$$
$$V_{\text{glucose}} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

1.4.

$$\frac{V_{\text{éthanol}}}{V_{\text{glucose}}} = \frac{6,4 \cdot 10^{-4}}{1,8 \cdot 10^{-4}}$$
$$\frac{V_{\text{éthanol}}}{V_{\text{glucose}}} = 3,6$$

D'après l'équation de réaction : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{l}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$

Pour une molécule de glucose ayant réagi, deux molécules d'éthanol sont produites.

Le rapport des vitesses devrait être de 2 pour la modélisation proposée.

1.5.

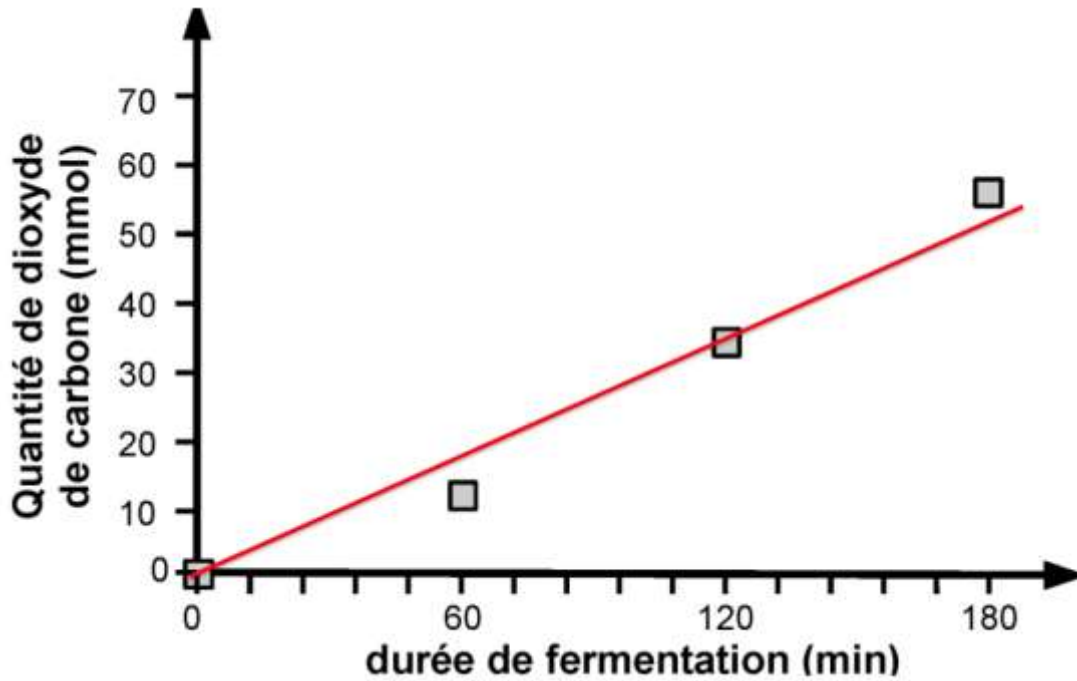
La vitesse de disparation du glucose est plus faible que celle attendue.

D'après le texte : « l'une des transformation chimique responsable du gonflement... »

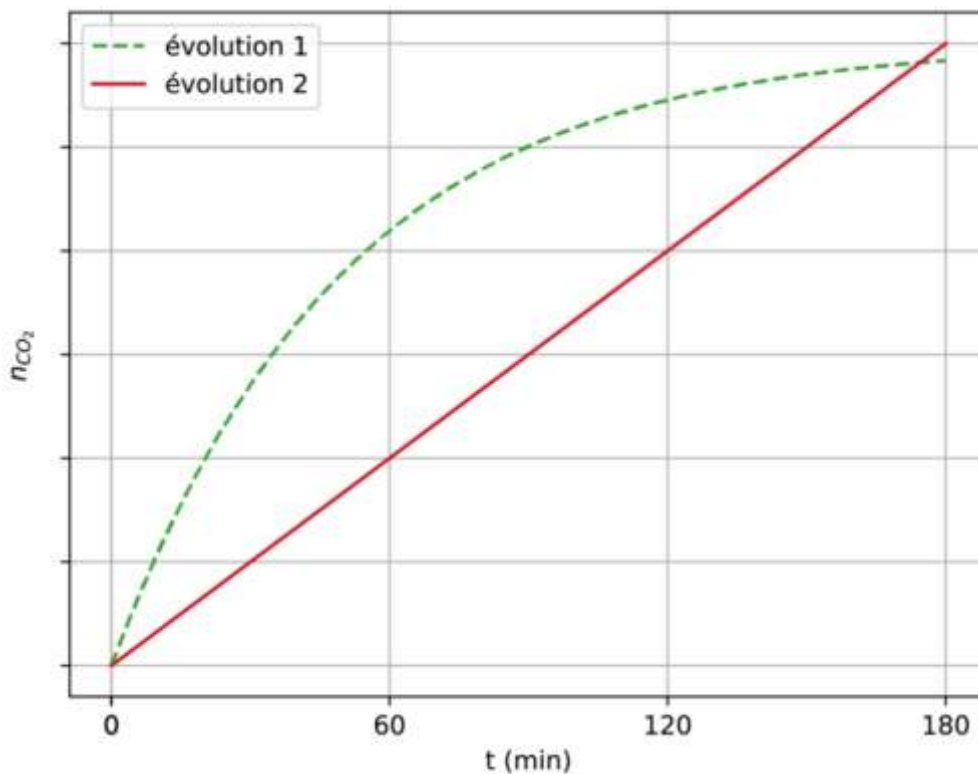
Le glucose participe certainement à une ou des autres réactions chimiques.

1.6.

1.6.1.



Expérimentalement la quantité de dioxyde de carbone en fonction du temps ressemble à une droite passant par l'origine.



L'évolution 2 modélise le mieux les résultats expérimentaux.

1.6.2.

$$v_{\text{dioxyde de carbone}} = \frac{1}{V} \frac{dn_{\text{dioxyde de carbone}}(t)}{dt}$$

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

La courbe est une droite passant par l'origine $n_{\text{dioxyde de carbone}}(t) = K \times t$

$$v_{\text{dioxyde de carbone}} = \frac{1}{V} \frac{dn_{\text{dioxyde de carbone}}(t)}{dt}$$

$$v_{\text{dioxyde de carbone}} = \frac{1}{V} \frac{dK \times t}{dt}$$

$$v_{\text{dioxyde de carbone}} = \frac{1}{V} \times K$$

Ainsi $v_{\text{dioxyde de carbone}}$ ne dépend pas du temps $v_{\text{dioxyde de carbone}} = \text{constante}$.

1.6.3.

Dans le cas d'une loi de vitesse d'ordre 1, la relation existant entre la vitesse volumique de disparition v du glucose, la concentration en glucose $[\text{glucose}]$ et une constante de vitesse notée k est :

$$v_d = k \times [\text{glucose}]_{(t)}$$

Dans le cas d'une loi de vitesse d'ordre 1, la relation existant entre la vitesse volumique de d'appariation v_a du dioxyde de carbone, la concentration en dioxyde de carbone $[\text{dioxyde de carbone}]$ et une constante de vitesse notée k est :

$$v_a = A - k \times [\text{dioxyde de carbone}]_{(t)}$$

La vitesse d'appariation du dioxyde de carbone diminue au cours du temps.

1.6.4.

L'évolution 2 donne une vitesse constante (question 1.6.2.)

$$v_{\text{dioxyde de carbone}} = \frac{1}{V} \frac{dn_{\text{dioxyde de carbone}}(t)}{dt}$$

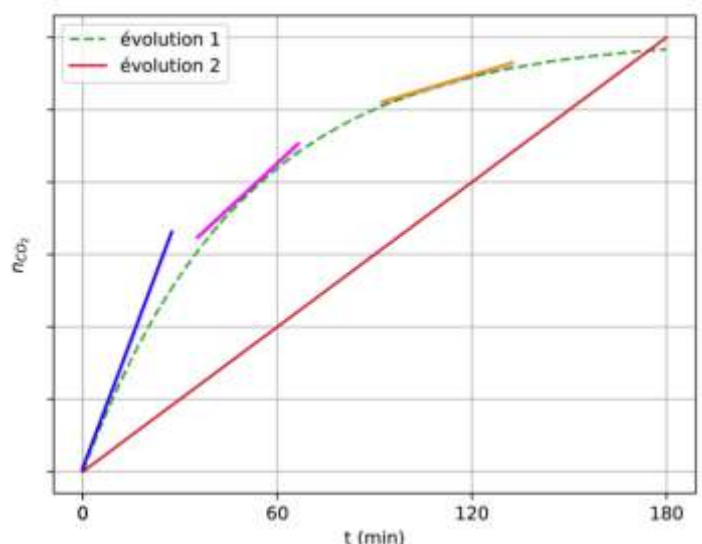
La dérivée se calcul en trouvant le coefficient directeur de la tangente en un point de la courbe.

La pente décroît au cours du temps. Ainsi la vitesse d'appariation du dioxyde de carbone diminue au cours du temps.

L'évolution 1 peut modéliser une loi de vitesse d'ordre 1.

1.6.5.

La réaction de production du dioxyde de carbone est modélisée par l'évolution 2. Ainsi la réaction de production du dioxyde de carbone ne suit pas une loi de vitesse d'ordre 1.

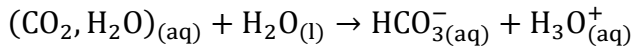


2.

2.1.

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c^0}\right)$$

Le dioxyde de carbone produit, réagit pour donner du H_3O^+ selon l'équation :



Ainsi, la quantité de H_3O^+ et donc le pH diminue.

2.2.

$$Q_{r,\text{eq}} = K$$

$$K_A = \frac{[\text{HCO}_3^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}} \times c^0}$$

2.3.

	$(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O})_{(\text{aq})}$	$+\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow$	$\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$	$+\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$
Etat initial	CV	Solvant	0	0
Etat final	$\text{CV} - x_{\text{eq}}$	Solvant	x_{eq}	x_{eq}

$$[\text{HCO}_3^-]_{\text{eq}} = \frac{x_{\text{eq}}}{V}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = \frac{x_{\text{eq}}}{V}$$

Ainsi :

$$[\text{HCO}_3^-]_{\text{eq}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$$

2.4.

$$K_A = \frac{[\text{HCO}_3^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}} \times c^0}$$

$$[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}} = \frac{[\text{HCO}_3^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{K_A \times c^0}$$

Or :

$$[\text{HCO}_3^-]_{\text{eq}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$$

$$[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}} = \frac{([\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}})^2}{K_A \times c^0}$$

Or

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

$$K_A = 10^{-\text{p}K_A}$$

$$[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}} = \frac{(c^0 \times 10^{-\text{pH}})^2}{10^{-\text{p}K_A} \times c^0}$$

$$[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}} = \frac{(1,0 \times 10^{-5,8})^2}{10^{-6,37} \times 1,0}$$

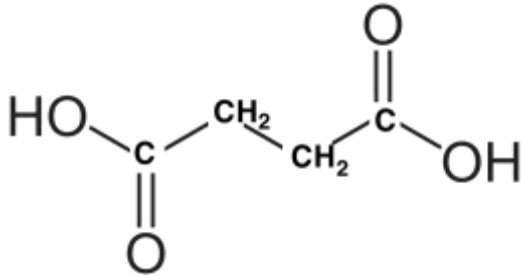
$$[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}} = 5,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La concentration initiale est $c=7,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$, à l'équilibre $[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}} = 5,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$: la dioxyde de carbone a réagit, sa concentration diminue.

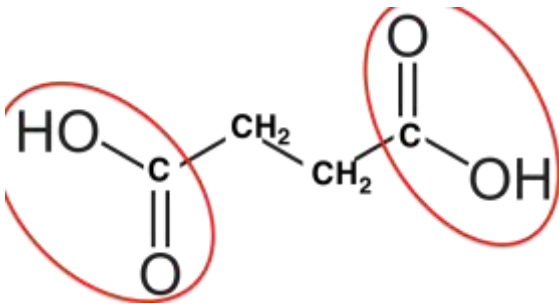
3.

3.1.

Formule semi-développée de l'acide succinique :



Cet acide est qualifié de « diacide » car il possède 2 fois la fonction carboxyle. Il peut donc donner deux H^+ : c'est un diacide.



3.2.

Proposition 3 : Acide butanedioïque

butane : 4 carbones dans la chaîne

Acide ...oïque : Présence du groupe carboxyle COOH

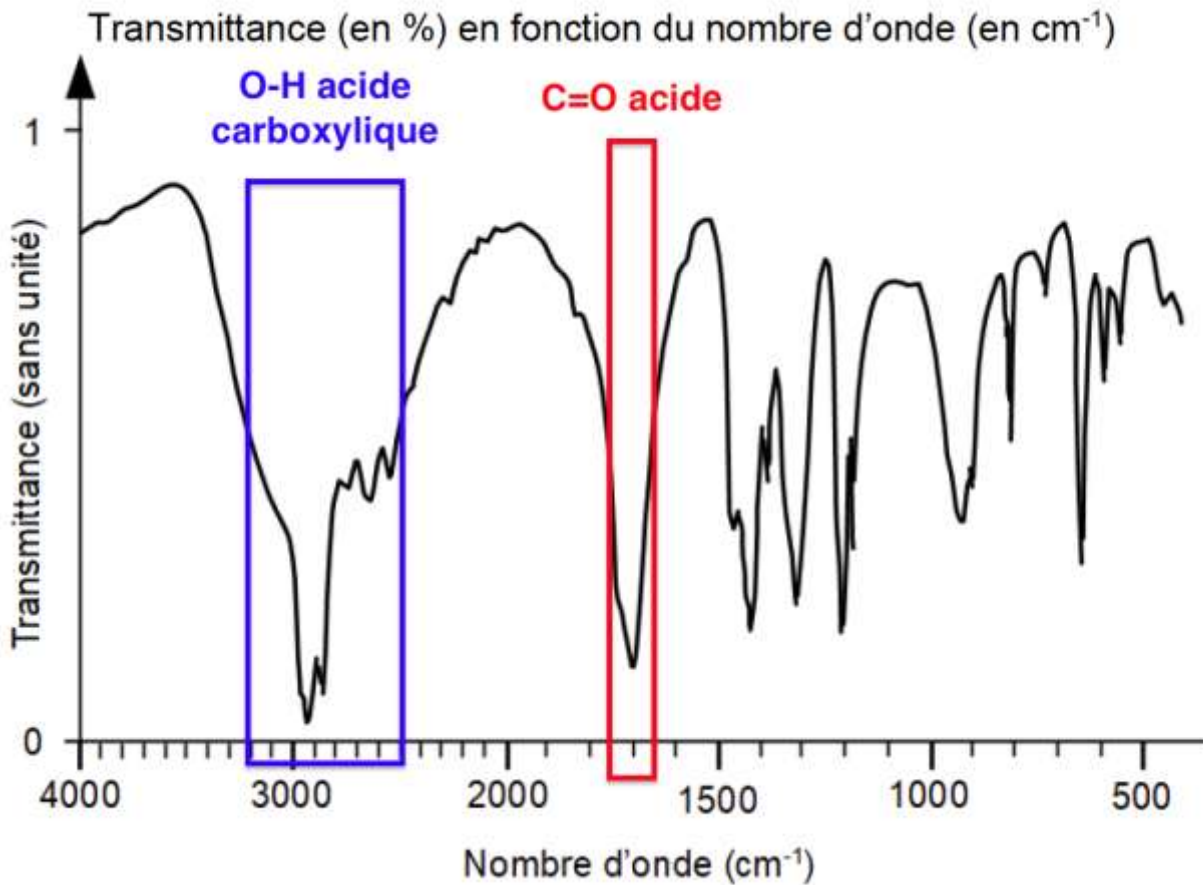
dioïque : deux fois le groupe

3.3.

Le spectre infrarouge présenté ci-après est cohérent et peut être attribué à l'acide succinique car il comporte les bandes caractéristiques des acides carboxyliques.

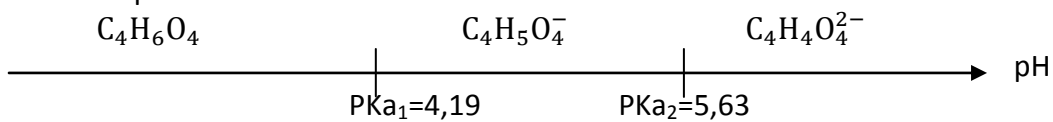
Données en spectroscopie IR

Type de liaison	Nombre d'onde de la bande caractéristique (en cm^{-1})	Intensité et largeur de la bande
O-H alcool	3200 – 3400	Forte, large
O-H acide carboxylique	2500 – 3200	Forte à moyenne, large
C=O ester	1735-1750	Forte
C=O acide	1700-1725	Forte
C=C	1620-1690	Moyenne, fine



3.4.

Diagramme de prédominance



3.5.

L'espèce qui peut être qualifiée d'amphotère est $\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_4^-$ car c'est la base du 1^{er} couple et l'acide du 2nd couple.

3.6.

Calculons la masse à prélever :

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

$$m = n \times M$$

Or

$$c = \frac{n}{V}$$

$$n = c \times V$$

Ainsi

$$m = c \times V \times M$$

$$m = 0,031 \times 50,0 \cdot 10^{-3} \times 118 = 0,18 \text{ g}$$

3.7.

Protocole de dissolution :

- Peser précisément la masse 0,18 g d'acide succinique solide dans une coupelle.
- Prendre une fiole jaugée de 50,0 mL et introduire à l'aide d'un entonnoir la masse m pesée
- Remplir la fiole jaugée au $\frac{3}{4}$ avec de l'eau distillée.
- Boucher la fiole et agiter.
- Remplir la fiole jaugée jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.
- Boucher la fiole et agiter pour homogénéiser

3.8.

Lorsque la pâte s'acidifie, le pH diminue.

D'après le diagramme de prédominance, on se rapproche de la zone de prédominance du $C_4H_6O_4$.

L'hypothèse d'un lien entre acidification de la pâte et production d'acide succinique semble donc plausible.