

CLASSE : Terminale

SESSION : 2021 Polynésie

VOIE : Générale

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ: PHYSIQUE-CHIMIE

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h45

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui « type collègue »

EXERCICE 1 commun à tous les candidats

L'acide lactique à la base de composés « verts » (10 points)

A. Étude du caractère acide de l'acide lactique.

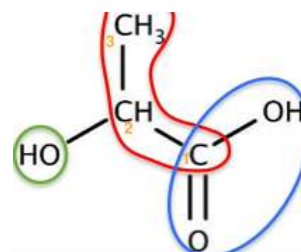
A.1.

acide 2-hydroxypropanoïque :

propan : 3 atomes de carbone

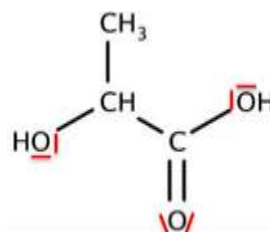
acide oïque : présence de la fonction Acide carboxylique (COOH)

hydroxy : présence de la fonction Alcool (OH)

2 : la fonction Alcool (OH) est située sur le 2^{ème} atome de carbone de la chaîne principale

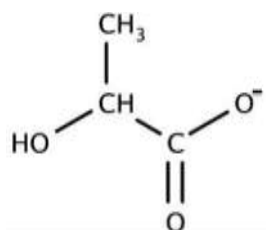
A.2.

Atome	Nombre de doublets liants	Nombre de doublets non liants
H	1	0
C	4	0
O	2	2



A.3.

Formule semi-développée de l'ion lactate :



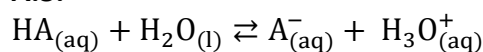
A.4.

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

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = 1 \times 10^{-6,4}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = 4,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol. L}^{-1}$$

A.5.



$$K_a = \frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}} \times c^0}$$

A.6.

$$K_a = \frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}} \times c^0}$$

$$\text{Or } \text{p}K_a = -\log(K_a)$$

$$-\log(K_a) = -\log\left(\frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}} \times c^0}\right)$$

$$pK_a = -\log\left(\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}\right) - \log\left(\frac{[H_3O^+]_{eq}}{c^0}\right)$$

$$pK_a = -\log\left(\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}\right) + pH$$

$$pH = pK_a + \log\left(\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}\right)$$

A.7.

$$pH = pK_a + \log\left(\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}\right)$$

$$\log\left(\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}\right) = pH - pK_a$$

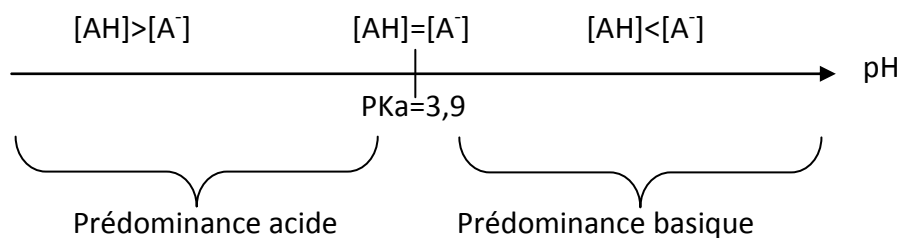
$$10^{\log\left(\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}\right)} = 10^{pH - pK_a}$$

$$\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}} = 10^{pH - pK_a}$$

$$\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}} = 10^{6,4 - 3,9} = 316$$

$[A^-]_{eq} = 316[HA]_{eq}$ donc, l'espèce prédominante est donc A^- .

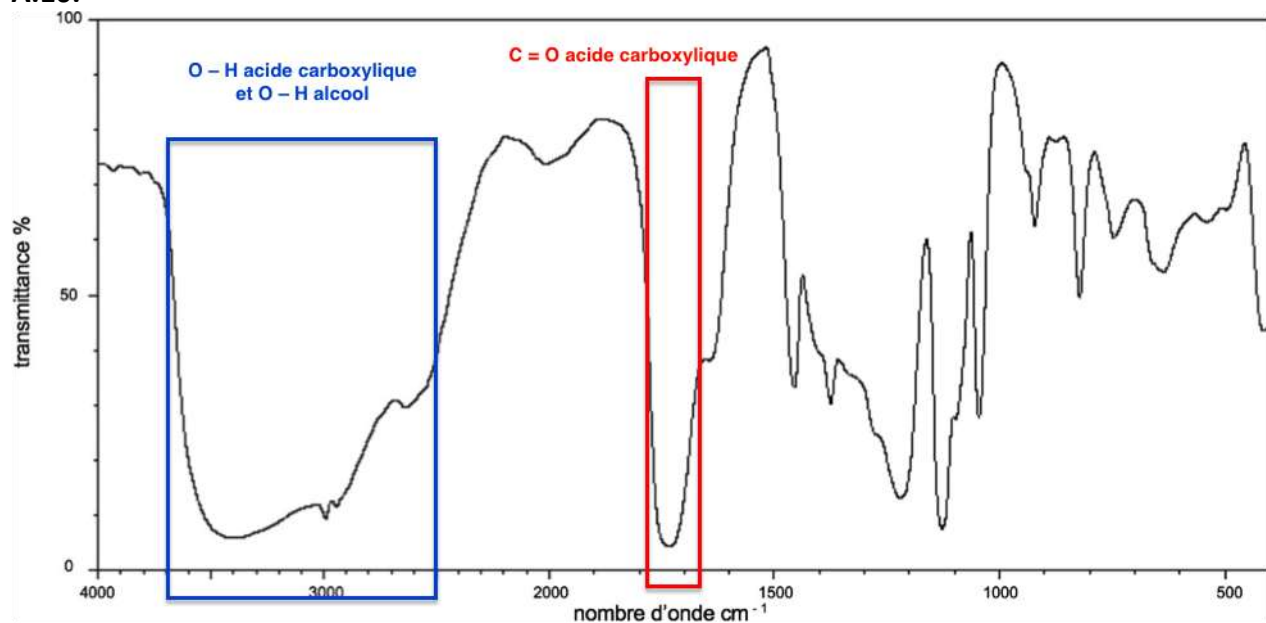
A.8.



A.9.

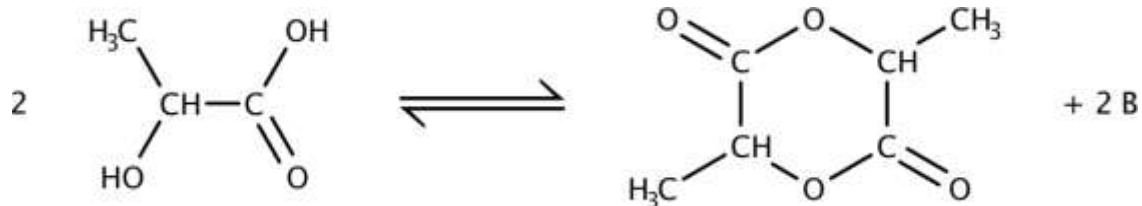
D'après le diagramme, lorsque $pH=6,4$, l'espèce prédominante est A^- . C'est en accord avec la question 7.

A.10.



B. La synthèse du lactide.

B.1



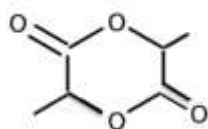
Atomes	Réactifs	Produits (Hors 2B)
C	6	6
O	6	4
H	12	8

Il manque 2 atomes d'oxygène et 4 atomes d'hydrogène dans les produits à répartir dans 2B.

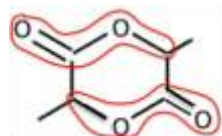
D'où B est constitué 1 atome d'oxygène et 2 atomes d'hydrogène.

La formule de B est donc : H_2O

B.2

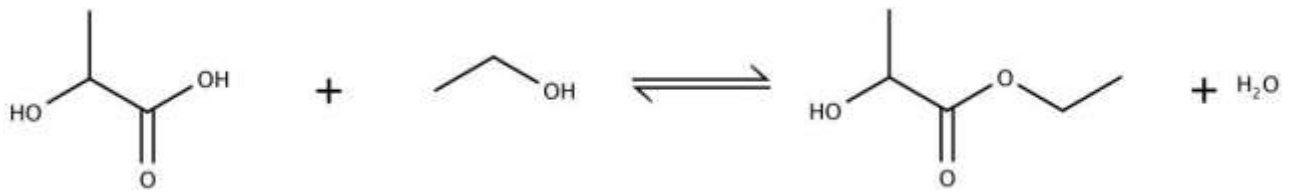


B.3



Il y a 2 fois la fonction ester.

C. L'acide lactique : réactif de la synthèse du lactate d'éthyle



acide lactique

éthanol

lactate d'éthyle

C.1

Les quantités de matière d'éthanol et d'acide lactique sont identiques dans les procédés a et b.

$$n_{\text{éthanol}}^i = \frac{m_{\text{éthanol}}}{M_{\text{éthanol}}}$$
$$n_{\text{éthanol}}^i = \frac{66,7}{46,0} = 1,45 \text{ mol}$$

$$n_{\text{acide lactique}}^i = \frac{m_{\text{acide lactique}}}{M_{\text{acide lactique}}}$$
$$n_{\text{acide lactique}}^i = \frac{39,1}{90,0} = 0,434 \text{ mol}$$

$$\frac{n_{\text{éthanol}}^i}{1} > \frac{n_{\text{acide lactique}}^i}{1}$$

L'éthanol est en excès dans les procédés a et b.

C.2

$$n_{\text{lactate d'éthyle}}^{\text{max}} = \frac{m_{\text{lac}}}{M_{\text{lac}}}$$

$$m_{\text{lac}} = n_{\text{lactate d'éthyle}}^{\text{max}} \times M_{\text{lac}}$$

D'après la question C.1, l'acide lactique est en défaut donc $x_{\text{max}} = n_{\text{acide lactique}}^i$.

D'après l'équation de réaction, si la réaction est totale : $n_{\text{lactate d'éthyle}}^{\text{max}} = x_{\text{max}}$

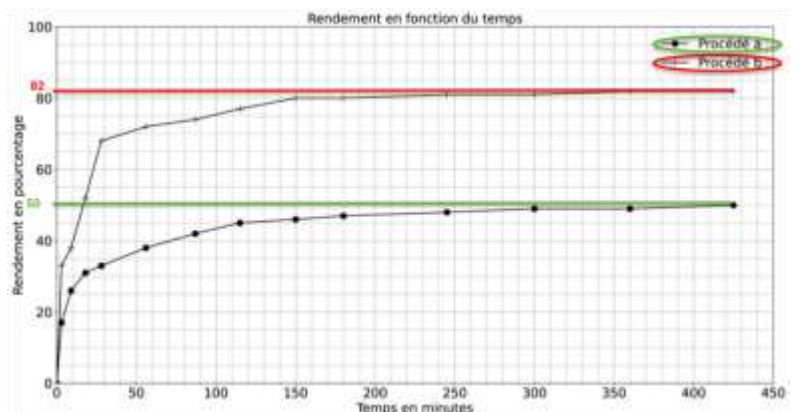
$$\text{D'ou } m_{\text{lac}} = n_{\text{acide lactique}}^i \times M_{\text{lac}}$$

$$m_{\text{lac}} = 0,434 \times 118 = 51,2\text{g}$$

C.3

Le procédé a permet un rendement de 50% et le procédé b un rendement de 82%.

Le procédé b est donc le plus efficace.



C.4

$$Q_r = \frac{[\text{lactate d'éthyle}] \times [\text{eau}]}{[\text{acide lactique}] \times [\text{éthanol}]}$$

C.5

Le lactate d'éthyle étant plus soluble dans le solvant introduit dans le procédé b que dans la phase de départ (acide lactique, éthanol), sa concentration dans le milieu réactionnel est nulle et $Q_r=0$ à tout moment de la réaction.

Ainsi, l'ajout d'un solvant lors de la synthèse du lactate d'éthyle permet de déplacer l'équilibre de la réaction d'estérification.

C.6

Avec un rendement de 100% :

$$n_{\text{acide lactique}}^i = n_{\text{lactate d'éthyle}}^{\text{produit}}$$

Or d'après la question C.1 l'éthanol est introduit en excès.

Rappel de résultat : $n_{\text{éthanol}}^i = 1,45 \text{ mol}$ et $n_{\text{acide lactique}}^i = 0,434 \text{ mol}$

Calculons la proportion d'éthanol par rapport à l'acide lactique :

$$\frac{n_{\text{éthanol}}^i}{n_{\text{acide lactique}}^i} = \frac{1,45}{0,434} = 3,34$$

$$n_{\text{éthanol}}^i = 3,34 \times n_{\text{acide lactique}}^i$$

$$n_{\text{acide lactique}}^i = \frac{n_{\text{éthanol}}^i}{3,34}$$

D'où

$$\frac{n_{\text{éthanol}}^i}{3,34} = n_{\text{lactate d'éthyle}}^{\text{produit}}$$

$$n_{\text{éthanol}}^i = 3,34 \times n_{\text{lactate d'éthyle}}^{\text{produit}}$$

« On fera l'hypothèse que la totalité du solvant agrosourcé produit est du lactate d'éthyle obtenu par le procédé b décrit précédemment ».

Nous avons donc un rendement de 80% soit

$$\frac{80}{100} n_{\text{éthanol}}^i = 3,34 \times n_{\text{lactate d'éthyle}}^{\text{produit}}$$

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

$$\text{et } m = \rho V$$

$$\text{D'où } n = \frac{\rho V}{M}$$

On à donc :

$$\frac{80}{100} \frac{\rho_{\text{éthanol}} V_{\text{éthanol}}}{M_{\text{éthanol}}} = 3,34 \times \frac{m_{\text{lactate d'éthyle}}}{M_{\text{lactate d'éthyle}}}$$

$$V_{\text{éthanol}} = 3,34 \times \frac{m_{\text{lactate d'éthyle}}}{M_{\text{lactate d'éthyle}}} \times \frac{M_{\text{éthanol}}}{\rho_{\text{éthanol}}} \times \frac{100}{80}$$

« 28 millions de tonnes de solvants organiques sont produits chaque année. Évaluer le volume d'éthanol nécessaire à la substitution de 80 % en masse des solvants organiques par des solvants agrosourcés. »

Soit

$$m_{\text{lactate d'éthyle}} = \frac{80}{100} \times 28.10^6 \times 10^6 = 2,24.10^{13} \text{ g}$$

$$V_{\text{éthanol}} = 3,34 \times \frac{2,24.10^{13}}{118} \times \frac{46,0}{0,789} \times \frac{100}{80} = 4,62.10^{13} \text{ mL} = 4,62.10^{10} \text{ L} = 46,2 \text{ milliard de litres}$$

Comparer cette valeur au volume d'éthanol produit annuellement dans le monde : 120 milliards de litres.

$$\frac{46,2}{120} = 0,385 = 38,5\%$$

Ce volume correspond à 38,5% du volume d'éthanol produit annuellement dans le monde.