Le PLA ou acide polylactique

Bac 2022 Amérique du Sud Jour 2 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1.1 Justifier le nom officiel de l'acide lactique : acide 2-hydroxypropanoïque.

- La chaîne carbonée compte trois atomes de carbone : racine « propan ».
- Elle porte un groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$ (famille des acides carboxyliques) : « acide … oïque ». Son carbone porte le numéro 1.
- Le carbone numéro 2 porte un groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$: préfixe « 2-hydroxy ».

Trois carbones, un groupe carboxyle en 1 et un groupe hydroxyle en 2 : acide 2-hydroxypropanoïque.

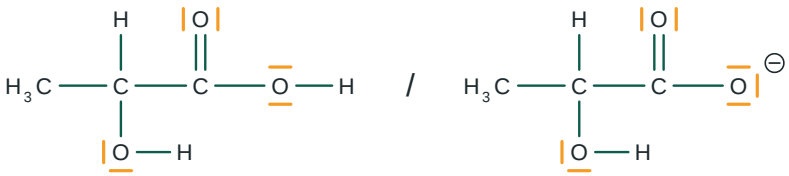
PIÈGE
Numéroter la chaîne à partir du $\mathrm{CH_3}$. Le carbone du groupe carboxyle est toujours le numéro 1 ; sinon le groupe hydroxyle semble aussi en 2, mais pour une mauvaise raison.

1.2 Écrire le couple acide-base associé à l'acide lactique en utilisant les schémas de Lewis.

L'acide lactique cède l'ion $\mathrm{H^+}$ de son groupe carboxyle. Sa base conjuguée est l'ion lactate, dont l'oxygène qui a perdu l'hydrogène porte trois doublets non liants et une charge négative (schémas ci-dessous).

Couple $\mathrm{CH_3-CH(OH)-COOH}$ / $\mathrm{CH_3-CH(OH)-COO^-}$

PIÈGE
Retirer l'hydrogène du groupe hydroxyle : c'est celui du groupe carboxyle qui est acide. Ne pas oublier les doublets non liants (deux par oxygène neutre, trois sur $\mathrm{O^-}$) ni la charge.



acide lactique (acide) ion lactate (base conjuguée)

1.2 · Couple acide lactique / ion lactate : les doublets non liants sont en orange

1.3 Indiquer si, dans ces conditions expérimentales, l'acide lactique est fort ou faible. Justifier.

Données utiles $C = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $\mathrm{pH} = 2{,}8$; $c^\circ = 1\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

Concentration en ions oxonium dans la solution : $[\mathrm{H_3O^+}] = c^\circ \times 10^{-\mathrm{pH}}$

$$[\mathrm{H_3O^+}] = 1 \times 10^{-2{,}8} = 1{,}6 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

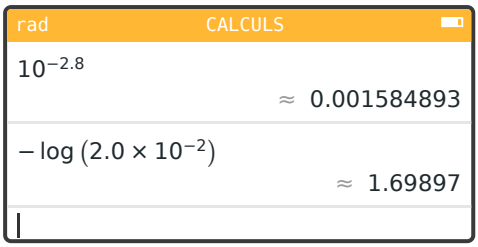
Si l'acide était fort, sa réaction avec l'eau serait totale et on aurait $[\mathrm{H_3O^+}] = C = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (soit un pH de 1,7).

$[\mathrm{H_3O^+}] = 1{,}6 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}} < C$: la réaction avec l'eau n'est pas totale, l'acide lactique est un acide **faible**.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C. Le taux d'avancement final vaut $\dfrac{1{,}6 \times 10^{-3}}{2{,}0 \times 10^{-2}} \approx 0{,}08$: seules 8 % des molécules d'acide ont réagi avec l'eau.

MÉTHODE
Fort ou faible : comparer $[\mathrm{H_3O^+}]$ mesurée à C, ou le pH mesuré à $-\log(C/c^\circ)$. Égalité : acide fort. pH plus grand : acide faible.

À LA CALCULATRICE



1.4 Écrire l'équation de la réaction entre l'acide lactique, noté AH, et l'eau.

$$\mathrm{AH\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons A^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)}$$

PIÈGE
Écrire une flèche simple. L'acide est faible (question 1.3) : la transformation est limitée et l'équation s'écrit avec une double flèche.

2.1 Citer la famille fonctionnelle à laquelle appartient le produit organique formé par la réaction (1).

Le produit $\mathrm{R_1-COO-R_2}$ contient le groupe caractéristique $-\mathrm{COO-C}$: c'est le groupe ester.

Le produit organique appartient à la famille des **esters**.

COMPRENDRE
La réaction (1), entre un acide carboxylique et un alcool, est une estérification. L'acide lactique possède les deux groupes : ses molécules peuvent donc s'enchaîner les unes aux autres.

2.2 Parmi les groupements d'atomes encadrés, indiquer celui qui correspond au motif du polymère.

Le motif est le plus petit groupe d'atomes qui se répète à l'identique le long de la chaîne. Ici il provient d'une seule molécule d'acide lactique : $-\mathrm{CO-CH(CH_3)-O^-}$.

Le cadre n°2 contient exactement ces atomes. Le n°1 ne contient pas l'oxygène de la chaîne ; les autres contiennent plus d'atomes qu'un seul motif.

Le motif du PLA est le groupement **n°2**.

PIÈGE
Choisir un grand cadre parce qu'il se répète aussi. Deux motifs à la suite se répètent, mais le motif est la plus petite unité de répétition.

3.1 Attribuer à T_1, T_2 et T_3 la valeur de température correspondante (70 °C, 90 °C, 110 °C). Justifier.

La température est un facteur cinétique : plus elle est élevée, plus la transformation est rapide, donc plus $[\mathrm{PLA}]$ diminue vite.

Sur la figure 1, à une même date (par exemple 20 min), $[\mathrm{PLA}]$ est la plus faible sur la courbe T_3 et la plus élevée sur la courbe T_1 : la disparition est la plus rapide à T_3, la plus lente à T_1.

$T_1 = 70\ °\mathrm{C}$; $T_2 = 90\ °\mathrm{C}$; $T_3 = 110\ °\mathrm{C}$

MÉTHODE
Pour classer des courbes cinétiques, comparer les concentrations à une même date ou les temps de demi-réaction : ici environ 24 min à T_1, 11 min à T_2, 5 min à T_3.

3.2.1 Définir la vitesse volumique de disparition du PLA.

C'est l'opposé de la dérivée par rapport au temps de la concentration en PLA :

$$v_{\mathrm{disp}}(\mathrm{PLA}) = -\frac{\mathrm{d}[\mathrm{PLA}]}{\mathrm{d}t}, \text{ en } \mathrm{mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}}$$

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ ». La concentration d'un réactif diminue, sa dérivée est négative : le signe moins rend la vitesse positive.

3.2.2 Déterminer graphiquement la vitesse volumique de disparition du PLA à $t = 0$ s pour la température T_1. Décrire la méthode utilisée.

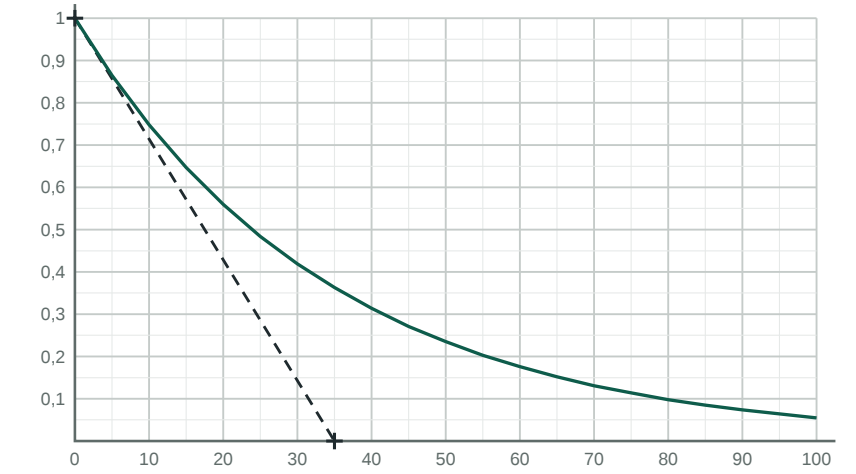
Données utiles figure 1, courbe T_1 : $[\text{PLA}]_0 = 1{,}0\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

La vitesse à $t = 0$ est l'opposé du coefficient directeur de la tangente à la courbe $[\text{PLA}] = f(t)$ au point d'abscisse $t = 0$.

On trace cette tangente : elle passe par $(0\ ;\ 1{,}0\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$ et coupe l'axe des abscisses vers $t = 35$ min.

$$v_{\text{disp}}(0) = -\frac{(0 - 1{,}0 \times 10^{-3})\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(35 \times 60 - 0)\ \text{s}}$$

$$\boxed{v_{\text{disp}}(0) \approx 4{,}8 \times 10^{-7}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}}$$



3.2.2 · Courbe à T_1 et sa tangente à l'origine (en tirets), qui coupe l'axe des abscisses à $t = 35$ min

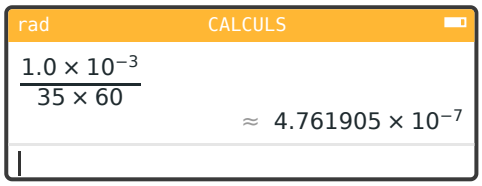
PIÈGE

Laisser les mmol et les minutes. Le tableau est en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$: il faut convertir $1{,}0$ mmol en $1{,}0 \times 10^{-3}$ mol et 35 min en 2100 s.

COMPRENDRE

Le tracé d'une tangente est peu précis : une intersection lue entre 33 et 37 min donne de $4{,}5 \times 10^{-7}$ à $5{,}1 \times 10^{-7}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, valeurs toutes acceptables.

À LA CALCULATRICE



3.2.3 Montrer, en explicitant la démarche, que l'évolution de la concentration en PLA suit une loi de vitesse d'ordre 1.

Données utiles tableau du sujet ; $v_{\text{disp}}(0) = 4{,}8 \times 10^{-7}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ (3.2.2)

Une loi de vitesse d'ordre 1 signifie que la vitesse de disparition est proportionnelle à la concentration : $v_{\text{disp}}(\text{PLA}) = k \times [\text{PLA}]$, avec k constante.

On calcule le rapport $k = \dfrac{v_{\text{disp}}(\text{PLA})}{[\text{PLA}]}$ à chaque date :

- $t = 0$: $\dfrac{4{,}8 \times 10^{-7}}{1{,}0 \times 10^{-3}} = 4{,}8 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$
- $t = 20$ min : $\dfrac{2{,}7 \times 10^{-7}}{5{,}6 \times 10^{-4}} = 4{,}8 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$
- $t = 40$ min : $\dfrac{1{,}5 \times 10^{-7}}{3{,}2 \times 10^{-4}} = 4{,}7 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$
- $t = 60$ min : $\dfrac{8{,}5 \times 10^{-8}}{1{,}8 \times 10^{-4}} = 4{,}7 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$
- $t = 80$ min : $\dfrac{4{,}8 \times 10^{-8}}{1{,}0 \times 10^{-4}} = 4{,}8 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$

Le rapport est constant, $k \approx 4{,}8 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$: la vitesse est proportionnelle à $[\text{PLA}]$, la loi de vitesse est d'ordre 1.

COMPRENDRE

On peut aussi tracer v_{disp} en fonction de $[\text{PLA}]$: on obtient une droite passant par l'origine, de coefficient directeur k.

MÉTHODE

Autre preuve possible : pour un ordre 1, le temps de demi-réaction ne dépend pas de la concentration initiale. Sur la courbe T_1, $[\text{PLA}]$ passe de 1,0 à 0,5 puis de 0,5 à 0,25 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ en 24 min environ chaque fois.

À LA CALCULATRICE

