Acide lactique et médecine animale

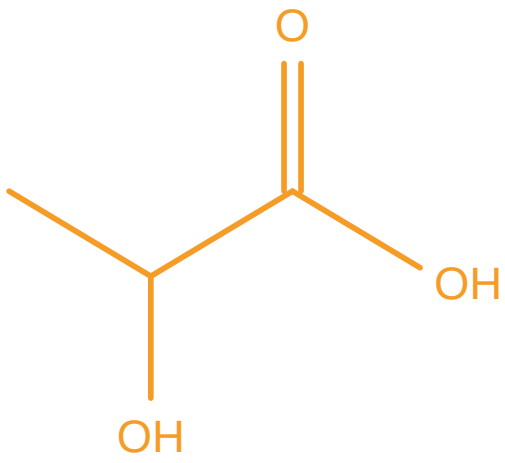
Bac S 2013 Liban (ancien programme) · Exercice 1 **7 points** **Durée conseillée 1 h 10**

1.1.1 Donner la formule topologique de l'acide lactique.

La chaîne carbonée compte trois atomes de carbone, représentés par les sommets et l'extrémité de la ligne brisée ; seuls les atomes O et les H qu'ils portent sont écrits.

Formule topologique : voir la figure ci-dessous.

PIÈGE
Écrire les C ou les H liés aux carbones, ou oublier un sommet. Vérifier en recomptant : trois carbones, trois oxygènes, soit $C_3H_6O_3$.



1.1.1 · Formule topologique de l'acide lactique

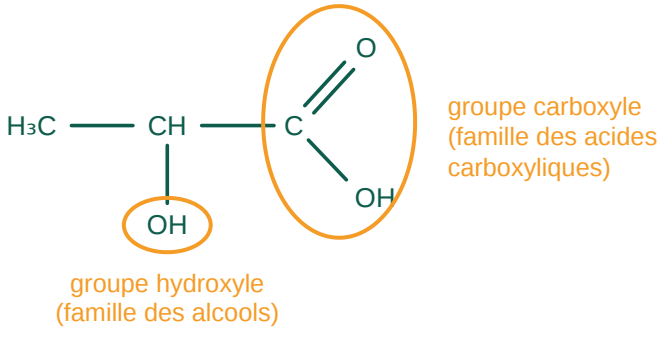
1.1.2 Entourer les groupes caractéristiques de la molécule et les nommer.

La molécule possède deux groupes caractéristiques :

- le groupe hydroxyle $-OH$ porté par le carbone central (famille des alcools) ;
- le groupe carboxyle $-COOH$ en bout de chaîne (famille des acides carboxyliques).

Groupes hydroxyle et carboxyle, entourés sur la figure.

PIÈGE
Entourer séparément $C{=}O$ (« carbonyle ») et $O{-}H$ (« hydroxyle ») dans $-COOH$: l'ensemble forme un seul groupe, le carboxyle. Ne pas confondre le nom du groupe et celui de la famille.



1.1.2 · Groupes caractéristiques de l'acide lactique

1.1.3 Justifier la chiralité de la molécule d'acide lactique, représenter ses stéréoisomères et préciser le type de stéréoisomérie.

Le carbone central est lié à quatre atomes ou groupes d'atomes tous différents : $-H$, $-OH$, $-CH_3$ et $-COOH$. C'est un atome de carbone asymétrique, noté C^*.

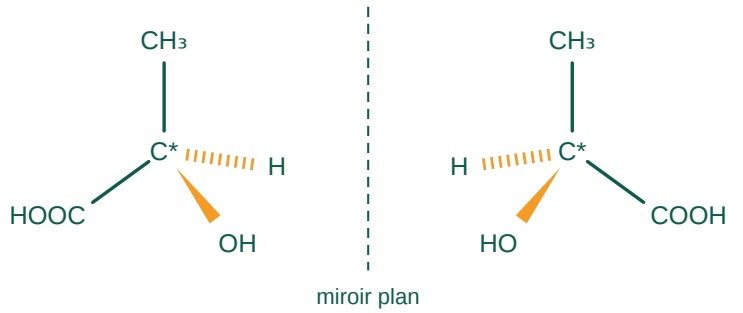
La molécule possède un seul carbone asymétrique : elle est chirale, c'est-à-dire non superposable à son image dans un miroir plan.

Elle existe donc sous la forme de deux stéréoisomères, chacun étant l'image de l'autre dans un miroir sans lui être superposable (figure).

Molécule chirale (un C^*) ; les deux stéréoisomères sont des **énantiomères** (stéréoisomérie de configuration).

COMPRENDRE
Chiralité, carbone asymétrique, énantiomères et représentation de Cram figuraient au programme de Terminale S ; ces notions ne sont plus au programme actuel de la spécialité.

MÉTHODE
Pour dessiner l'autre énantiomère, tracer l'image dans un miroir, ou garder le même dessin et échanger deux des quatre substituants du carbone asymétrique.



1.1.3 · Les deux énantiomères en représentation de Cram : triangle plein vers l'avant, hachures vers l'arrière

1.2.1 Parmi les deux spectres IR du document 1, choisir en justifiant celui de l'acide lactique.

Données utiles $C=O$: 1700 - 1800 cm^{-1} ; $O-H$ (acide carboxylique) : 2500 - 3200 cm^{-1} ; $O-H$ (alcool) : 3200 - 3700 cm^{-1}

L'acide lactique possède une liaison $C=O$ et deux liaisons $O-H$ (alcool et acide carboxylique).

Les deux spectres présentent une bande intense vers 1700 - 1750 cm^{-1} (liaison $C=O$) : elle ne permet pas de trancher.

Seul le spectre n°1 présente une bande très large et intense entre 2500 et 3700 cm^{-1}, qui recouvre les domaines des liaisons $O-H$ de l'acide carboxylique et de l'alcool. Le spectre n°2 n'a, dans ce domaine, que de faibles bandes vers 3000 cm^{-1} (liaisons $C-H$).

Le spectre IR n°1 est celui de l'acide lactique.

PIÈGE
L'axe vertical est la transmittance : une bande d'absorption est un creux, pas un sommet. L'axe horizontal est gradué de droite à gauche.

MÉTHODE
Lister les liaisons de la molécule, puis chercher la bande qui distingue les spectres. Une bande commune aux deux ne justifie rien.

1.2.2 Prévoir, en justifiant, le nombre de signaux du spectre RMN de l'acide lactique et leur multiplicité.

Il y a autant de signaux que de groupes de protons équivalents. La molécule en compte quatre : les 3 H de CH_3, le H de CH, le H de OH (alcool) et le H de COOH.

Règle des $(n+1)$-uplets : un groupe de protons ayant n protons voisins (portés par les carbones voisins) donne un signal à $n+1$ pics.

- CH_3 : 1 voisin (le H de CH), donc doublet ;
- CH : 3 voisins (les H de CH_3), donc quadruplet ;
- OH et COOH : protons liés à un oxygène, sans couplage, donc deux singulets.

4 signaux : un doublet (CH_3), un quadruplet (CH) et deux singulets (OH et COOH).

PIÈGE
Compter le H du groupe hydroxyle parmi les voisins de CH : un proton porté par un oxygène ne se couple pas et n'est pas compté.

COMPRENDRE
La spectroscopie de RMN du proton était au programme de Terminale S ; elle ne figure plus au programme actuel de la spécialité.

2.1.1 Écrire l'équation de la réaction support du dosage, l'acide lactique étant noté AH.

L'acide AH réagit avec la base HO^- apportée par la solution d'hydroxyde de sodium (transfert d'un ion H^+) :

$$AH\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow A^-\,(aq) + H_2O\,(l)$$

COMPRENDRE
Une réaction support de titrage est totale : flèche simple. Les ions Na^+ sont spectateurs et n'apparaissent pas dans l'équation.

2.1.2 Exprimer la concentration molaire C_S en acide lactique de la solution S, puis calculer sa valeur.

Données utiles $V_S = 50{,}00$ mL ; $C_1 = 1{,}00 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_E = 4{,}0$ mL

À l'équivalence, acide et base ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques de l'équation (1 pour 1) :

$n(AH)_{\text{initial}} = n(HO^-)_{\text{versé}}$, soit $C_S \times V_S = C_1 \times V_E$.

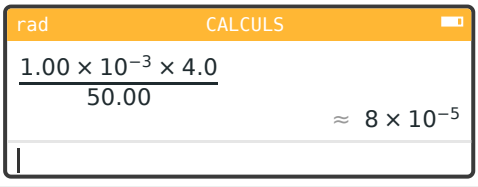
$$C_S = \frac{C_1 \times V_E}{V_S} = \frac{1{,}00 \times 10^{-3} \times 4{,}0}{50{,}00}$$

$$C_S = 8{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

PIÈGE
La totalité de S est dosée : le volume titré est $V_S = 50{,}00$ mL, et non le volume de sang $V = 1{,}00$ mL.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme V_E, la donnée la moins précise. Les deux volumes peuvent rester en mL : leurs unités se simplifient dans le rapport.

À LA CALCULATRICE



2.1.3 En admettant que $\frac{\Delta C_S}{C_S} = \frac{\Delta V_E}{V_E}$, déterminer l'encadrement de la concentration molaire C_S obtenue par le vétérinaire.

Données utiles $V_E = (4{,}0 \pm 0{,}4)$ mL ; $C_S = 8{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (2.1.2)

$$\Delta C_S = C_S \times \frac{\Delta V_E}{V_E} = 8{,}0 \times 10^{-5} \times \frac{0{,}4}{4{,}0} = 0{,}8 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Donc $C_S = (8{,}0 \pm 0{,}8) \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, c'est-à-dire $(8{,}0 - 0{,}8) \times 10^{-5} \leqslant C_S \leqslant (8{,}0 + 0{,}8) \times 10^{-5}$.

$$7{,}2 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \leqslant C_S \leqslant 8{,}8 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

COMPRENDRE
L'hypothèse est vérifiée : $\frac{\Delta V_E}{V_E} = 10\ \%$, contre $1\ \%$ pour C_1 et $0{,}1\ \%$ pour V_S, soit au moins dix fois moins.

MÉTHODE
Incertitude relative (en %) puis incertitude absolue ΔX (même unité que X), enfin encadrement $X - \Delta X \leqslant X \leqslant X + \Delta X$, avec le même rang décimal pour la valeur et l'incertitude.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{8.0 \times 10^{-5} \times 0.4}{4.0} \approx 8 \times 10^{-6}$

2.1.4 En déduire l'encadrement de la concentration molaire C en acide lactique du sang du cheval.

Données utiles $V = 1{,}00$ mL ; $V_S = 50{,}00$ mL ; encadrement de C_S (2.1.3)

Tout l'acide lactique contenu dans le volume V de sang se retrouve dans la solution S : la quantité de matière est conservée.

$C \times V = C_S \times V_S$, donc $C = C_S \times \dfrac{V_S}{V} = C_S \times \dfrac{50{,}00}{1{,}00} = 50{,}0 \times C_S$.

$50{,}0 \times 7{,}2 \times 10^{-5} \leqslant C \leqslant 50{,}0 \times 8{,}8 \times 10^{-5}$

$3{,}6 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \leqslant C \leqslant 4{,}4 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, soit $C = (4{,}0 \pm 0{,}4) \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

COMPRENDRE
Le sang est 50 fois plus concentré que S. Les incertitudes relatives sur V et V_S étant négligeables, celle sur C reste égale à 10 %.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$50.0 \times 7.2 \times 10^{-5} \approx 0.0036$

$50.0 \times 8.8 \times 10^{-5} \approx 0.0044$

2.2 À l'aide des documents 2 et 3, déterminer si le cheval est actuellement en meilleure forme que trois semaines auparavant.

Données utiles $M = 90{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; encadrement de C (2.1.4) ; vitesse du test : 500 m/min ; seuil du paramètre V4 : $0{,}36\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

Concentration massique actuelle, à 500 m/min : $C_m = C \times M$.

$C_m = 4{,}0 \times 10^{-3} \times 90{,}0 = 0{,}36\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, avec $3{,}6 \times 10^{-3} \times 90{,}0 \leqslant C_m \leqslant 4{,}4 \times 10^{-3} \times 90{,}0$, soit $0{,}32\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1} \leqslant C_m \leqslant 0{,}40\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Trois semaines auparavant (document 2), à la même vitesse de 500 m/min : $C'_m \approx 0{,}18\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Même en tenant compte de l'incertitude, la concentration actuelle ($\geqslant 0{,}32\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) est nettement supérieure à celle d'il y a trois semaines, pour la même vitesse.

De plus, le seuil de $0{,}36\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (document 3) est aujourd'hui atteint dès 500 m/min, alors qu'il ne l'était qu'à environ 600 m/min : le paramètre V4 a diminué.

Le cheval est en moins bonne forme que trois semaines auparavant.

PIÈGE
Comparer des mol/L à des g/L. Le document 2 est en concentration massique : il faut convertir avec M avant toute comparaison, et comparer à la même vitesse.

MÉTHODE
Pour comparer une mesure à une valeur de référence, utiliser l'encadrement : la conclusion n'est sûre que si la référence est en dehors de l'intervalle.

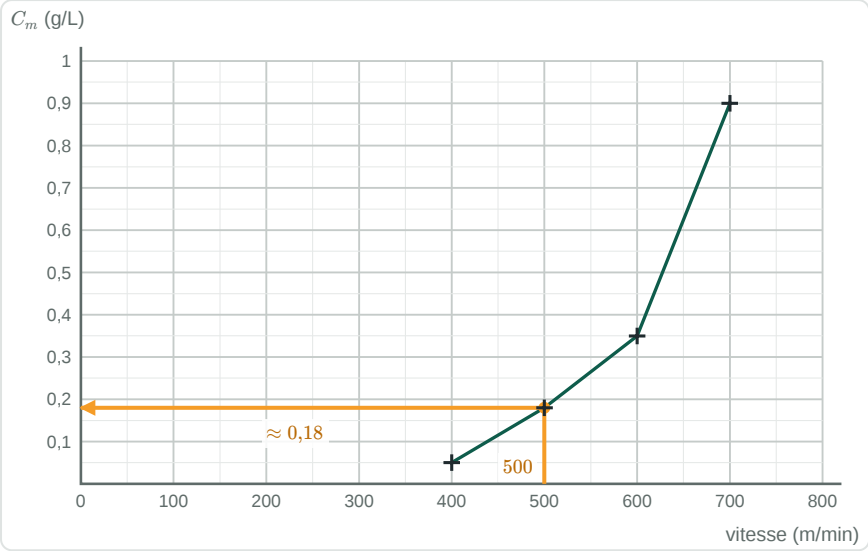
À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$4.0 \times 10^{-3} \times 90.0 \approx 0.36$

$3.6 \times 10^{-3} \times 90.0 \approx 0.324$

$4.4 \times 10^{-3} \times 90.0 \approx 0.396$



2.2 · Document 2 : lecture de la concentration massique à 500 m/min, trois semaines auparavant

3.1 La polymérisation de l'acide lactique est-elle lente ou rapide ? Justifier.

D'après le document 4, il faut chauffer le mélange à 110 °C pendant environ trente minutes pour obtenir le polymère : la transformation n'est pas achevée dès la mise en contact des réactifs, son évolution s'étale sur une longue durée.

La polymérisation est une réaction lente.

COMPRENDRE
Une transformation est dite rapide si elle semble terminée dès le mélange des réactifs, lente si l'on peut suivre son évolution pendant plusieurs secondes, minutes ou heures.

3.2 Citer un paramètre influençant l'évolution temporelle de cette réaction chimique.

Le protocole impose un chauffage à 110 °C : plus la température est élevée, plus la durée de la réaction est courte.

La température est un facteur cinétique (on peut aussi citer la présence d'un catalyseur).

3.3 Proposer un protocole permettant de vérifier que l'acide sulfurique est un catalyseur de cette réaction.

On réalise deux expériences en parallèle, en ne changeant qu'un seul paramètre :

- bécher A : 10 mL d'acide lactique pur et quelques gouttes d'acide sulfurique (protocole du document 4) ;
- bécher B : 10 mL d'acide lactique pur, sans acide sulfurique.

Les deux béchers sont chauffés à 110 °C, dans le même bain, avec la même agitation et pendant la même durée (30 min), puis on les laisse refroidir.

Observation attendue : le contenu du bécher A s'est solidifié (polymère formé), celui du bécher B est encore liquide ou beaucoup moins transformé.

La réaction est plus rapide en présence d'acide sulfurique, qui n'apparaît pas dans son bilan : c'est un catalyseur.

COMPRENDRE
Un catalyseur accélère la réaction sans être consommé : il est régénéré et n'apparaît pas dans l'équation. Il ne modifie pas l'état final.

MÉTHODE
Pour tester l'influence d'un facteur, toujours une expérience témoin : même température, mêmes quantités, même durée, seul le facteur étudié change.