

BACCALAURÉAT – SESSION 2018
Lycée International des Pontonniers - Strasbourg
Proposition de correction – Enseignement spécifique

EXERCICE I : VITAMINE C

1. Synthèse industrielle de l'acide ascorbique

1.1. Étape 1 de la synthèse

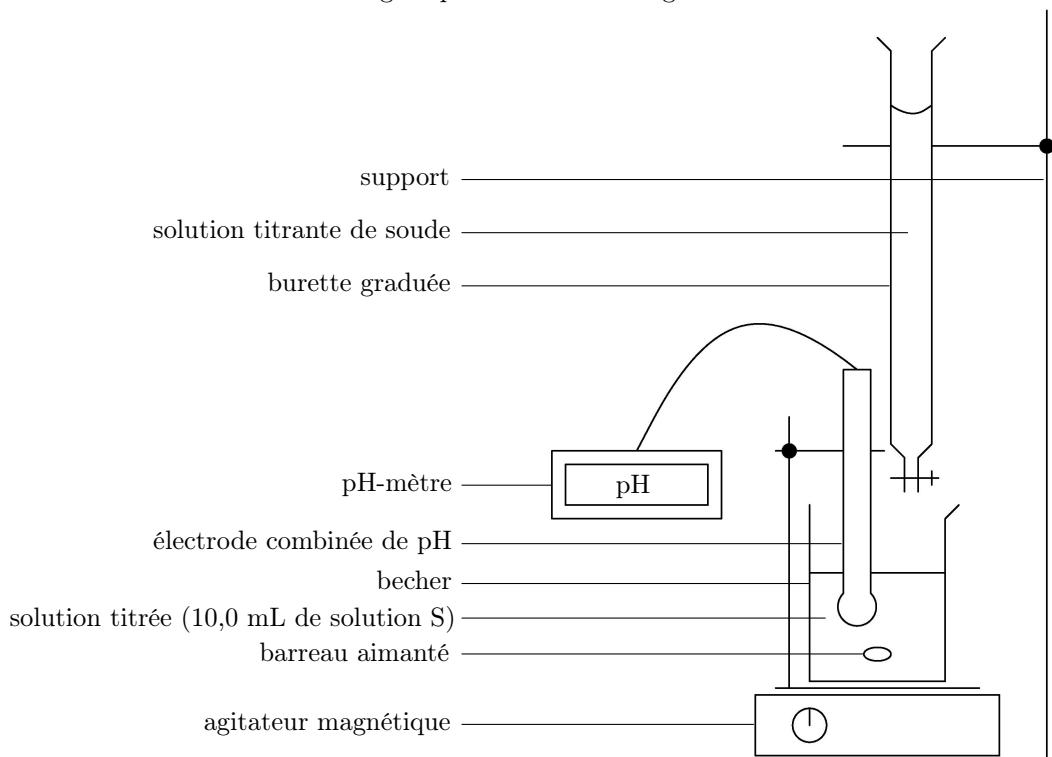
- 1.1.1.** Le passage du D-glucose au D-sorbitol correspond à une modification de groupe caractéristique.
- 1.1.2.** Cette réaction appartient à la catégorie des additions dans la mesure où une double liaison C = O est rompue et où deux atomes d'hydrogène se lient aux atomes engagés dans cette double liaison.

1.2. Étape 3 de la synthèse

- 1.2.1.** Le composé (E) a pour formule brute C₆H₁₀O₇.
- 1.2.2.** L'espèce chimique Y est de l'eau de formule H₂O étant donné la différence entre les formules brute de (E) (C₆H₁₀O₇) et de l'acide ascorbique (C₆H₈O₆).
- 1.3.** Le spectre B présente une bande d'absorption fine et intense vers 1650 cm⁻¹ qui est caractéristique des liaisons C = O. Cette bande est absente du spectre A. Par conséquent, seule la molécule d'acide ascorbique présentant une telle liaison, le spectre B est celui de l'acide ascorbique. Le spectre A est donc celui du D-sorbitol, ce qui est corroboré par la bande d'absorption large et intense entre 3000 cm⁻¹ et 3500 cm⁻¹ présente sur le spectre A et qui est caractéristique des liaisons O – H.

2. Titrage de l'acide ascorbique contenu dans un comprimé de vitamine C 500

2.0.1. Schéma du montage expérimental du titrage



2.1. Dans la réaction support du titrage, il y a échange d'un proton de l'acide ascorbique $C_6H_8O_6$ vers la base HO^- pour former la base conjuguée de l'acide ascorbique (ion ascorbate $C_6H_7O_6^-$) et l'acide conjugué de l'ion hydroxyde (eau H_2O). Il s'agit donc bien d'une réaction acido-basique.

2.2. On détermine graphiquement un volume à l'équivalence de $V_{BE} = 13,5$ mL par la méthode des deux tangentes.

Les réactifs réagissant mole à mole au cours d'une réaction totale lors de ce titrage, on en déduit que $n^0(C_6H_8O_6) = n_E(HO^-)$ soit $c_A \cdot V_A = c_B \cdot V_{BE}$ d'où la concentration molaire en acide ascorbique dans la solution S : $c_A = \frac{c_B \cdot V_{BE}}{V_A} = \frac{2,00 \cdot 10^{-2} \times 13,5}{10,0} = 2,70 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$

2.3. Nous savons que la solution S a été obtenue à partir d'un comprimé.

Quantité de matière d'acide ascorbique dans un comprimé : $n_A = c_A \cdot V_S$

Masse d'acide ascorbique dans un comprimé : $m_A = n_A \cdot M(C_6H_8O_6) = c_A \cdot V_S \cdot M(C_6H_8O_6)$ d'où $m_A = 2,70 \cdot 10^{-2} \times 100,0 \cdot 10^{-3} \times 176 = 4,75 \cdot 10^{-1} \text{ g} = 475 \text{ mg}$

On peut calculer l'écart relatif entre les deux valeurs : $\left| \frac{m_{\text{théorique}} - m_{\text{expérimentale}}}{m_{\text{théorique}}} \right| = \left| \frac{500 - 475}{500} \right| = 5\%$

Cet écart peut s'expliquer par l'imprécision de la lecture graphique pour V_{BE} ou par une concentration de la solution titrante légèrement différente de ce qui est indiqué sur l'étiquette du flacon, par exemple.

EXERCICE II : SERVICE ET RÉCEPTION AU VOLLEY-BALL

1. Mesure de la vitesse initiale du ballon

- 1.1. À partir de la fréquence, on peut déterminer la longueur d'onde des ondes émises par le radar : $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{3,47 \cdot 10^{10}} = 8,64 \cdot 10^{-3}$ m. D'après les données, il s'agit de micro-ondes.
- 1.2. Le phénomène à l'origine de la différence de fréquence entre l'onde émise et l'onde reçue est l'effet Doppler.
- 1.3. Si le radar est face au joueur, le ballon se comporte comme une source d'ondes qui se rapproche du détecteur. Il en résulte une augmentation de la fréquence de l'onde reçue par rapport à celle de l'onde émise.
- 1.4. De la relation fournie, on déduit l'expression de la vitesse du ballon : $v_0 = \frac{c \cdot |\Delta f|}{2 \cdot f_{\text{émise}}}$ d'où la valeur de la vitesse du ballon dans les conditions de la mesure : $v_0 = \frac{3,00 \times 4,86 \cdot 10^3}{2 \times 3,47 \cdot 10^{10}} = 21,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Le ballon a donc une vitesse initiale de $21,0 \times 3,6 = 76 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, ce qui est en accord avec l'indication de l'écran du radar portatif.

2. Validité du service

- 2.1. Le système étudié est le {ballon} de masse m constante et de centre d'inertie G . On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen et muni du repère (Ox, Oy) . Les forces extérieures exercées sur le ballon se réduisent au seul poids du ballon $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ puisque l'action de l'air, les déformations du ballon et sa rotation propre sont négligées.

D'après la deuxième loi de Newton, appliquée au centre d'inertie G du ballon de masse constante, nous avons : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \cdot \frac{d\vec{v}_G}{dt}$ soit $\vec{P} = m \cdot \vec{a}_G$ d'où $m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}_G$ et finalement $\vec{a}_G = \vec{g}$

En exprimant les coordonnées du vecteur accélération dans le repère (Ox, Oy) , on obtient : $a_G \begin{pmatrix} a_x = g_x = 0 \\ a_y = g_y = -g \end{pmatrix}$.

Il en résulte que $a_x(t) = 0$ et $a_y(t) = -g$

- 2.2. D'une part $a_x = \frac{dv_x}{dt}$ d'où $\frac{dv_x}{dt} = 0$ et $v_x = \text{constante} = v_{x_0} = v_0$ et d'autre part, $a_y = \frac{dv_y}{dt} = -g$ d'où $v_y = -g \cdot t + v_{y_0} = -g \cdot t$.

En outre, $v_x = \frac{dx}{dt} = v_0$ donc $x(t) = v_0 \cdot t + x_0 = v_0 \cdot t$ puisque le ballon est à la verticale de l'origine du repère initialement. Et $v_y = \frac{dy}{dt} = -g \cdot t$ d'où, le ballon étant initialement à l'altitude h lors de la frappe : $y(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + y_0 = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + h$. Les équations horaires sont donc : $x(t) = v_0 \cdot t$ et $y(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + h$

De la première équation horaire, on obtient $t = \frac{x}{v_0}$ que l'on injecte dans la seconde pour obtenir l'équation de la trajectoire : $y(x) = -\frac{1}{2}g \cdot \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 + h = -\frac{g}{2 \cdot v_0^2} \cdot x^2 + h$

- 2.3. On admet que le ballon franchisse le filet. Il touchera le sol lorsque $y(x_S) = r$ soit lorsque la relation suivante sera vérifiée : $-\frac{g}{2 \cdot v_0^2} \cdot x_S^2 + h = r$. On en déduit l'abscisse du point où le ballon touche le sol : $x_S = \sqrt{\frac{2 \cdot (h - r) \cdot v_0^2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times (3,5 - 0,10) \times 21,0^2}{9,81}} = 17 \text{ m} < L$. Par conséquent, le ballon touche bien le sol avant la ligne de fond.

2.4. Vitesse du ballon lorsqu'il touche le sol

2.4.1. Expression de l'énergie cinétique : $E_C = \frac{1}{2}m \cdot v^2$

Expression de l'énergie potentielle de pesanteur : $E_{PP} = m \cdot g \cdot y$

Expression de l'énergie mécanique : $E_m = E_C + E_{PP}$

2.4.2. En l'absence de frottements, l'énergie mécanique du système demeure constante. La courbe 3 correspond donc à l'énergie mécanique E_m .

Au cours de la chute du ballon, son altitude y diminue donc son énergie potentielle de pesanteur diminue également. La seule courbe représentant une fonction décroissante étant la courbe 1, il s'agit de E_{PP} .

Par conséquent, la courbe 2 est celle représentant E_C , ce qui est cohérent car la vitesse du ballon au cours de sa chute libre ne fait qu'augmenter ici.

2.4.3. L'énergie mécanique initiale est donnée par $E_m(0) = \frac{1}{2}m \cdot v_0^2 + m \cdot g \cdot h$ tandis que l'énergie mécanique au moment de l'impact avec le sol est $E_m(S) = \frac{1}{2}m \cdot v_S^2 + m \cdot g \cdot r$

Comme l'énergie mécanique est constante au cours du mouvement, on obtient :

$$\frac{1}{2}m \cdot v_0^2 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2}m \cdot v_S^2 + m \cdot g \cdot r \text{ d'où } v_S^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot (h - r) \text{ d'où } v_S = \sqrt{v_0^2 + 2 \cdot g \cdot (h - r)}$$

ce qui permet d'en calculer la valeur : $v_S = \sqrt{21,0^2 + 2 \times 9,81 \times (3,5 - 0,10)} = 23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2.5. La vitesse réelle avec laquelle le ballon touche le sol est plus faible que la valeur trouvée précédemment car les frottements de l'air, négligés ici, ont tout de même pour effet de freiner le ballon en dissipant sous forme de chaleur une partie de l'énergie mécanique disponible initialement.

3. Réception du ballon par un joueur de l'équipe adverse

⇒ Calcul de l'abscisse x_R du ballon lors de la réception à une hauteur $y_R = 80 + 10 = 90 \text{ cm}$:

$$y_R = -\frac{g}{2 \cdot v_0^2} \cdot x_R^2 + h \text{ d'où } \frac{g}{2 \cdot v_0^2} \cdot x_R^2 = h - y_R \text{ et } x_R = \sqrt{\frac{2v_0^2 \cdot (h - y_R)}{g}}$$

$$\text{La réception se fait donc à l'abscisse } x_R = \sqrt{\frac{2 \times 21,0^2 \cdot (3,5 - 0,90)}{9,81}} = 15,3 \text{ m}$$

⇒ Calcul de la durée t_R séparant le service de la réception :

$$\text{D'après les équations horaires, on a } x_R = v_0 \cdot t_R \text{ d'où } t_R = \frac{x_R}{v_0} = \frac{15}{21,0} = 0,73 \text{ s}$$

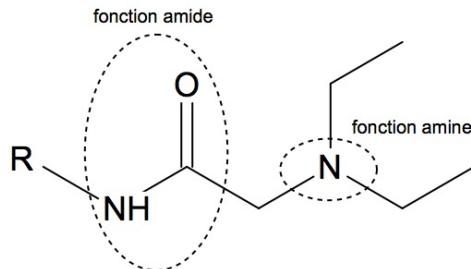
⇒ Calcul de la vitesse de l'adversaire :

D'après ce qui précède, ce joueur doit parcourir une distance de 2,7 m en 0,73 s. Sa vitesse devrait donc être $v_R = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2,7}{0,73} = 3,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit $2,6 \times 3,6 = 13 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Cette vitesse est tout à fait réaliste : elle correspond à la vitesse d'une personne qui court assez rapidement.

EXERCICE III : CRÈME ANESTHÉSIANTE

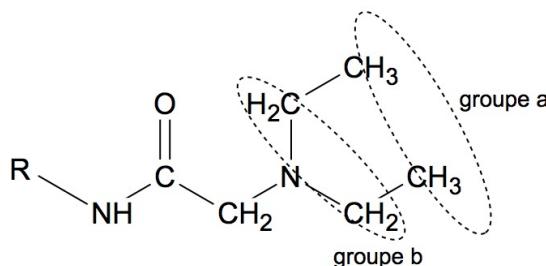
1. Étude de la molécule de lidocaïne

1.1. La lidocaïne présente une fonction amide et une fonction amine. Elle appartient donc à ces deux classes fonctionnelles.



1.2. Les 6 protons du groupe a sont équivalents et chacun d'entre eux possède deux voisins (dans le groupe de protons b). D'après la règle des $(n+1)$ -uplets, ils sont représentés dans le spectre RMN par un triplet.

Les 4 protons du groupe b sont équivalents et chacun d'entre eux possède trois voisins (dans le groupe de protons a). Ils sont donc représentés dans le spectre RMN par un quadruplet.



2. Synthèse de la lidocaïne

2.1. Mise en œuvre du protocole expérimental

2.1.1. Le chauffage à reflux permet de chauffer le mélange réactionnel pour accélérer la réaction mais sans perdre de matière.

2.1.2. D'après les coefficients stoechiométriques de la réaction de synthèse, il faut deux fois plus de diéthylamine que de A. On a introduit $3,0 \cdot 10^{-2}$ mol de A donc il faut le double, soit $6,0 \cdot 10^{-2}$ mol de diéthylamine pour être dans les proportion stoechiométriques. Or on en a introduit une quantité largement supérieure, à savoir $1,5 \cdot 10^{-1}$ mol. La diéthylamine est donc en excès et le réactif A est le réactif limitant.

2.1.3. D'après ce qui précède et selon les coefficients stoechiométriques de la réaction de synthèse, nous devrions obtenir autant de L que l'on a introduit de A si la réaction était totale et qu'il n'y avait pas de pertes, soit une quantité de matière maximale $n_{max}(L) = 3,0 \cdot 10^{-2}$ mol.

En réalité, on en obtient une masse finale $m_f(L) = 5,6$ g donc une quantité de matière finale telle que $n_f(L) = \frac{m_f(L)}{M(L)} = \frac{5,6}{234,3} = 2,4 \cdot 10^{-2}$ mol.

Le rendement de la synthèse effectuée est donc $\eta = \frac{n_f(L)}{n_{max}(L)} = \frac{2,4 \cdot 10^{-2}}{3,0 \cdot 10^{-2}} = 80\%$

Cette valeur est conforme aux indications de l'énoncé qui précisent que le rendement de la synthèse de la lidocaïne est supérieur à 70%.

2.2. Mécanisme réactionnel de la synthèse

- 2.2.1. La flèche (1) représente la formation de la liaison C – N tandis que la flèche (2) représente la rupture de la liaison C – Cl.
- 2.2.2. Le site donneur est l'atome d'azote N alors que le site accepteur est l'atome de carbone C (la flèche part toujours du site donneur pour pointer vers le site accepteur).

3. Étude d'une crème anesthésiante

- 3.1. D'après la masse volumique de la crème, 1 cm³ de crème a une masse de 1,0 g. Sur cette masse, 2,5% sont de la lidocaïne, soit une masse de lidocaïne $m_L = 2,5 \cdot 10^{-2}$ g.

$$\text{La quantité de matière correspondante est donc bien de } n_L = \frac{m_L}{M_L} = \frac{2,5 \cdot 10^{-2}}{234,3} = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol.}$$

- 3.2. Volume de crème sur une zone de 1 cm² couverte de 0,1 mm de crème : $V = 0,1 \cdot 10^{-1} \times 1 = 10^{-2}$ cm³

La quantité de matière de lidocaïne sur cette zone est donc 100 fois moindre que dans 1 cm³, soit $1,1 \cdot 10^{-6}$ mol $> 10^{-7}$ mol. La quantité de matière de lidocaïne est donc suffisante pour anesthésier cette zone.