BACCALAURÉAT – SESSION 2018

Lycée International des Pontonniers - Strasbourg

Proposition de correction – Enseignement de spécialité

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

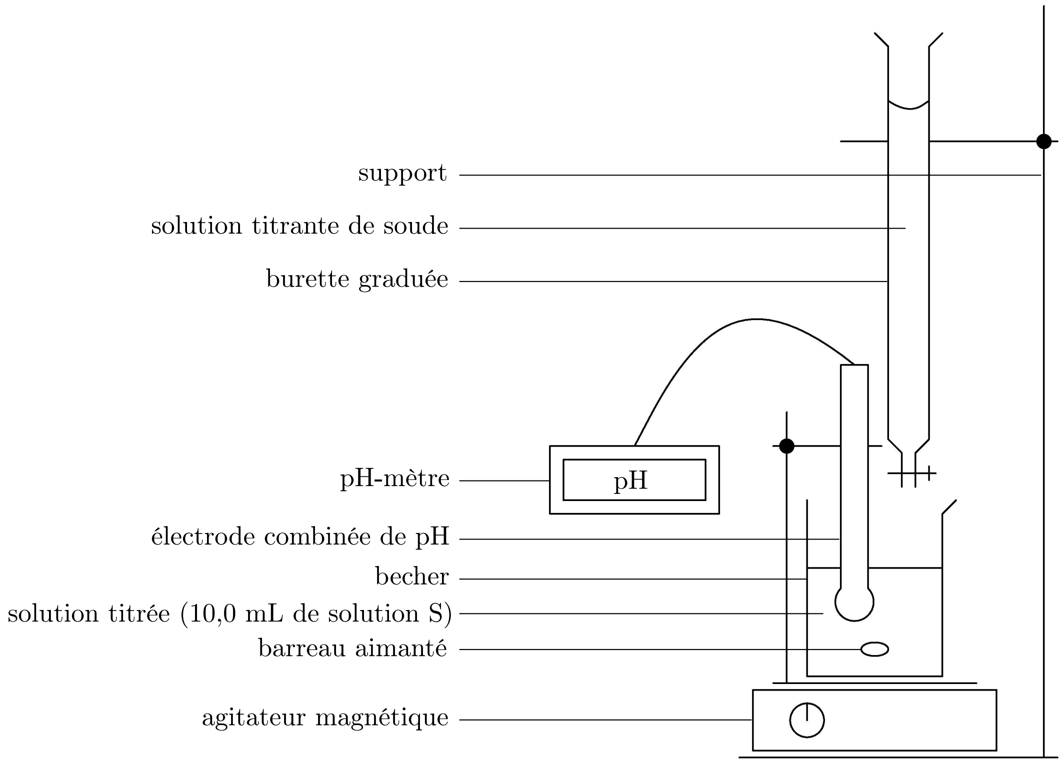
1.2.1. Le composé (E) a pour formule brute $C_6H_{10}O_7$.

1.2.2. L'espèce chimique Y est de l'eau de formule H_2O étant donné la différence entre les formules brute de (E) ($C_6H_{10}O_7$) et de l'acide ascorbique ($C_6H_8O_6$).

1.3. Le spectre B présente une bande d'absorption fine et intense vers $1650\ \mathrm{cm^{-1}}$ 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 $3000\ \mathrm{cm^{-1}}$ et $3500\ \mathrm{cm^{-1}}$ 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 : $c_A = \dfrac{c_B \cdot V_{BE}}{V_A} = \dfrac{2,00 \cdot 10^{-2} \times 13,5}{10,0} = 2,70 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

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 $m_A = 2,70 \cdot 10^{-2} \times 100,0 \cdot 10^{-3} \times 176 = 4,75 \cdot 10^{-1}$ g $= 475$ mg

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

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 : $\lambda = \dfrac{c}{\nu} = \dfrac{3,00 \cdot 10^8}{3,47 \cdot 10^{10}} = 8,64 \cdot 10^{-3}$ 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 : $v_0 = \dfrac{c \cdot |\Delta f|}{2 \cdot f_{\text{émise}}}$ d'où la valeur de la vitesse du ballon dans les conditions de la mesure : $v_0 = \dfrac{3,00 \times 4,86 \cdot 10^3}{2 \times 3,47 \cdot 10^{10}} = 21,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

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 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 $\overrightarrow{P} = m \cdot \overrightarrow{g}$ 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 : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \dfrac{d\overrightarrow{p}}{dt} = m \cdot \dfrac{d\overrightarrow{v_G}}{dt}$ soit $\overrightarrow{P} = m \cdot \overrightarrow{a_G}$ d'où $m \cdot \overrightarrow{g} = m \cdot \overrightarrow{a_G}$ et finalement $\boldsymbol{\overrightarrow{a_G} = \overrightarrow{g}}$

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

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

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

2.3. On admet que le ballon franchisse le filet. Il touchera le sol lorsque $y(x_S) = 0$ soit lorsque la relation suivante sera vérifiée : $-\dfrac{g}{2 \cdot v_0^2} \cdot x_S^2 + h = 0$. On en déduit l'abscisse du point où le ballon touche le sol : $x_S = \sqrt{\dfrac{2 \cdot h \cdot v_0^2}{g}} = \sqrt{\dfrac{2 \times 3,5 \times 21,0^2}{9,81}} = 17,7 \text{ m} < L$. Par conséquent, le ballon touche bien le sol avant la ligne de fond (il a fallu conserver 3 chiffres significatifs pour conclure, sinon, on trouve que le ballon touche 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 $E_m(S) = \frac{1}{2} m \cdot v_S^2$, l'énergie potentielle de pesanteur étant nulle au niveau du sol.

Comme l'énergie mécanique est constante au cours du mouvement, on obtient : $\frac{1}{2} m \cdot v_0^2 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v_S^2$ d'où $v_S^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot h$ d'où $v_S = \sqrt{v_0^2 + 2 \cdot g \cdot h}$ ce qui permet d'en calculer la valeur : $v_S = \sqrt{21,0^2 + 2 \times 9,81 \times 3,5} = 23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

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 $y_R = 80$ cm :

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

La réception se fait donc à l'abscisse $x_R = \sqrt{\frac{2 \times 21,0^2 \cdot (3,5 - 0,80)}{9,81}} = 16$ m

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

D'après les équations horaires, on a $x_R = v_0 \cdot t_R$ d'où $t_R = \frac{x_R}{v_0} = \frac{16}{21,0} = 0,76$ s

➟ Calcul de la vitesse de l'adversaire :

D'après ce qui précède, ce joueur doit parcourir une distance de 2 m en 0,76 s. Sa vitesse devrait donc être $v_R = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2}{0,76} = 2,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit $2,6 \times 3,6 = 9,4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Cette vitesse est tout à fait réaliste : elle correspond au double de la vitesse d'une marche rapide.

EXERCICE III : HYDRATATION LORS D'UN MARATHON

Questions prélimianires

1. Les besoins énergétique de la marathonienne le jour de l'épreuve s'élèvent à $19 \cdot 10^3$ kJ. Elle peut absorber 10% de cette énergies par les sucres libres apportés par la seule boisson isotonique (hypothèse de l'énoncé), soit $1,9 \cdot 10^3$ kJ. Or 100 mL de boisson apportent, par les sucres libres, 68,5 kJ. Le volume maximal de boisson que la marathonienne peut absorber du point de vue des sucres libres est donc $V_{max} = \dfrac{1,9 \cdot 10^3 \times 100 \cdot 10^{-3}}{68,5} = 2,8$ L.

2. Comme on réalise une dilution, la quantité de matière de soluté est conservée donc $C_0 \cdot V_{i,5} = C_5 \cdot V$ d'où $C_5 = \dfrac{C_0 \cdot V_{i,5}}{V} = \dfrac{0,100 \cdot 10^{-3} \times 8,0 \cdot 10^{-3}}{100,0 \cdot 10^{-3}} = 8,0 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}} = 8,0\ \mathrm{\mu mol \cdot L^{-1}}$

Résolution du problème

➟ La marathonienne court le marathon en 4 h et perd entre 1,5 L et 2,5 L d'eau par heure, soit entre 6,0 L et 10 L d'eau en tout durant l'épreuve. Or, nous avons démontré qu'elle ne doit pas absorber plus de 2,8 L de boisson isotonique par rapport à sa teneur en sucres libres. Ainsi, en ne consommant que de cette boisson, la marathonienne ne respectera pas les recommandations de l'OMS quant aux sucres libres.

➟ Le sujet ne mentionnant pas de feuille de papier millimétré, l'étude va se faire numériquement pour la question du E133 : on calcule, comme on l'a fait pour S_5, les concentrations des solutions étalons. On détermine aussi le rapport de l'absorbance à la concentration molaire des solutions ($k = \dfrac{A}{C}$) de sorte à vérifier la loi de Beer-Lambert. On obtient les résultats du tableau ci-dessous.

Solution S_i	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
V_i en mL	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0	10,0
Absorbance A	0,134	0,259	0,434	0,745	1,150	1,402
C_i en $\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
$k = \dfrac{A}{C}$ en S.I.	$1,34 \cdot 10^5$	$1,30 \cdot 10^5$	$1,45 \cdot 10^5$	$1,49 \cdot 10^5$	$1,44 \cdot 10^5$	$1,40 \cdot 10^5$

➟ On constate que les valeurs de k sont proches les unes des autres, d'où l'on déduit que $A = k \times C$ avec une valeur moyenne de k égale à $k_{moy} = 1,4 \cdot 10^5$ S · I ·

➟ On en déduit la concentration en E133 de la boisson : $C_{boisson} = \dfrac{A_{boisson}}{k} = \dfrac{0,789}{1,4 \cdot 10^5} = 5,6 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

➟ Si la marathonienne absorbe entre 6,0 L et 10 L de boisson, elle ingèrera entre $6,0 \times 5,6 \cdot 10^{-6} = 3,4 \cdot 10^{-5}$ mol et $10,0 \times 5,6 \cdot 10^{-6} = 5,6 \cdot 10^{-5}$ mol de E133, ce qui permet de calculer les masses correspondantes en multipliant par la masse molaire du E133 ($m = n \times M$). Cela représente entre 27 mg et 44 mg de E133 le jour de l'épreuve.

➟ Si l'on estime à 60 kg la masse de la marathonienne, cela représente entre 0,45 mg et 0,73 mg de E133 par kg de masse corporelle. Elle respecte donc bien la DJA qui est de 12,5 mg par kg de masse corporelle.

Conclusion

La marathonienne qui ne consommerait que cette boisson isotonique respecterait la dose journalière admissible pour le colorant E133 mais pas les recommandations de l'OMS concernant l'apport énergétique par les « sucres libres ».