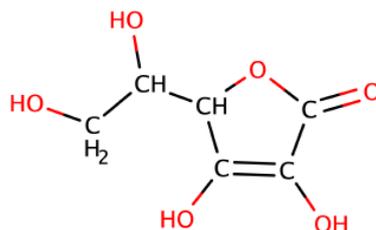


Exercice 1 — Étude de la vitamine C contenue dans les kiwis

1. Quelques propriétés de l'acide ascorbique

Q1. On donne la formule semi-développée de l'acide ascorbique :



Le groupe A étant un groupe hydroxyle (fonction alcool), et le groupe B un ester.

Q2. On nous donne un spectre IR. On remarque sur ce dernier une large bande caractéristique vers $3200 - 3700 \text{ cm}^{-1}$ associée à la liaison O-H, mais également une forte bande aux alentours de 1700 cm^{-1} associée à la liaison C=O (mais aussi de manière moindre à la liaison double carbone-carbone).

Ce spectre est donc pleinement compatible avec la molécule étudiée.

Q3. On cherche la quantité de matière d'acide ascorbique introduite dans la fiole. On a :

$$n_0 = \frac{m_0}{M} = \frac{1}{176} = 5,7 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

On a donc introduit une $n_0 = 5,7 \times 10^{-3} \text{ mol}$ d'acide ascorbique.

Q4. Un acide faible est une espèce susceptible de donner un ou plusieurs protons (définition d'un acide de Brönsted), mais comportant une réactivité moindre (thermodynamiquement non favorisée).

Expérimentalement, un acide faible introduit dans l'eau ne réagira pas entièrement pour former sa base conjuguée.

Q5. On cherche à montrer que l'acide ascorbique est un acide faible. Pour cela, une méthode consiste à calculer la concentration en ions oxonium dans la solution à l'équilibre pour montrer que tout l'acide n'a pas réagi.

L'eau utilisée étant distillée (pH neutre), on néglige les ions oxonium présents initialement, et considère que la quantité finale est uniquement celle produite par réaction de l'acide sur l'eau.

On sait, par définition :

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+])$$

D'où, à l'équilibre :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,6} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Or, la concentration initiale d'acide ascorbique est :

$$C_0 = \frac{n_0}{V} = \frac{5,7 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 1,14 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

On remarque donc que $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6] \ll C_0$. L'acide n'a donc que très peu réagi, il est par conséquent faible dans l'eau.

Q6. Par définition, la constante d'acidité est la constante d'équilibre de la réaction d'un acide sur l'eau. On a donc :

$$K_A = \frac{[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]c^\circ}$$

Et comme $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$, il vient :

$$K_A = \frac{(2,5 \times 10^{-3})^2}{1,14 \times 10^{-1} - 2,5 \times 10^{-3}} = 5,6 \times 10^{-5}$$

Et finalement, on a bien :

$$\underline{\underline{\text{pKa} = -\log(K_A) = 4,2}}$$

2. Acide ascorbique dans un kiwi jaune

Q7. Dans la jus de kiwi, on a $\text{pH} < \text{pKa}$. L'espèce majoritaire sera donc l'acide ascorbique.

Q8. À l'équivalence du titrage de l'étape 2, on a :

$$\frac{n_2}{2} = \frac{n_1}{1} \implies \boxed{n_1 = \frac{C_2 V_2}{2}}$$

D'où,

$$n_1 = \frac{5,00 \times 10^{-2} \times 16,5 \times 10^{-3}}{2} = \underline{4,13 \times 10^{-4} \text{ mol}}$$

Q9. Comme tout le diiode restant à l'issue l'étape 1 a été dosé, on peut écrire que la quantité de matière d'acide ascorbique dans le jus de kiwi est :

$$n_k = n_{\text{I}_2, \text{conso}} = n_{\text{I}_2, i} - n_1 = 1,7 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Ou, en concentration dans la solution préparée :

$$C_k = \frac{n_k}{V} = \frac{n_{\text{I}_2, \text{conso}}}{V}$$

Et finalement, dans la solution S initiale :

$$n_S = C_k V_S = \frac{n_{\text{I}_2, \text{conso}} V_S}{V} \implies \boxed{m_S = \frac{n_{\text{I}_2, \text{conso}} V_S M}{V}}$$

D'où,

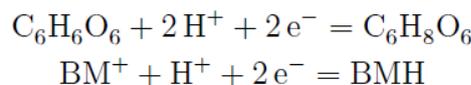
$$m_S = \frac{1,7 \times 10^{-4} \times 250 \times 176}{50} = \underline{0,15 \text{ g}}$$

On remarque donc qu'un seul kiwi jaune suffit à atteindre l'apport minimum recommandé.

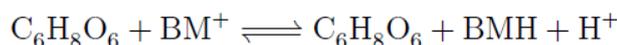
Q10. Comme $V_2' > V_2$, cela signifie qu'il restait davantage de diiode après la réaction avec l'acide ascorbique contenu dans le kiwi vert. Le kiwi vert est donc moins acide que le kiwi jaune.

3. Oxydation de l'acide ascorbique par le bleu de méthylène

Q11. On commence par écrire les demi-équations électroniques :



Chaque couple mettant en jeu le même nombre d'électrons, l'équation de réaction vient naturellement :



Q12. Par définition, la vitesse volumique de disparition de l'acide ascorbique est donnée, à une température T constante, par :

$$v_{d,ASC}(t) = -\frac{dC_{ASC}}{dt}$$

En particulier, à $T = 28^\circ\text{C}$, on lit graphiquement

$$v_{d,ASC}(t = 0) = +\frac{1,10 \times 10^{-4}}{0,18} = \underline{6,11 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Q13. On remarque premièrement, en observant les courbes tracées, que la température est un facteur cinétique : la vitesse de réaction augmente si la température augmente.

Un second facteur cinétique qu'il est possible de deviner en observant les courbes, est la concentration initiale en réactif : plus elle est importante, plus la réaction sera initialement rapide.

EXERCICE A - La physique du jonglage :

1. Le mouvement de la balle sur l'axe y lors de la première phase est parabolique. Sa vitesse sur l'axe y décroît de manière uniforme.
2. Grâce au graphique 2, on peut dire qu'à la fin de la phase 1, en prenant comme origine la paume du jongleur, on peut dire que la balle est passée de la main droite du joueur et se dirige vers sa main gauche. La main gauche rattrape la balle à 0,8 s accompagne le mouvement puis renvoie la balle vers la main droite à $t = 0,9$ s et à l'altitude de -0,36 m.
3. Dans le cadre de la chute libre, le système {C de la balle, de masse m } dans le référentiel terrestre, n'est soumis qu'à son poids, donc d'après la deuxième loi de Newton,

$$\begin{aligned} \sum \vec{F}_{ext} &= m \cdot \vec{a} \\ \vec{P} &= m \cdot \vec{a} \\ \vec{g} &= \vec{a} \\ \vec{a} &\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \end{aligned}$$

En cherchant une primitive du vecteur \vec{a} ,

On voit que $v_x(t) = C_1$ et d'après la condition initiale celle-ci vaut v_{0x} , il s'agit bien d'une constante.

$$4. E_{m_0} = E_{c_0} + E_{pp_0} = \frac{1}{2}mv_0^2 + m \times g \times y \quad , \text{ Or } y = 0 \text{ et } v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$$

$$D'où \quad E_{m_0} = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m(\sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}^2) = \frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_{0y}^2)$$

5. A l'altitude maximale H , à la flèche du mouvement, la vitesse sur l'axe y est nulle.

En négligeant les forces de frottements, l'énergie mécanique se conserve tel que :

$$E_{m_0} = E_{cH} + E_{ppH} \Leftrightarrow \frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_{0y}^2) = \frac{1}{2}mv_x^2 + m \times g \times H$$

$$\Leftrightarrow H = \frac{\frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_{0y}^2 - v_x^2)}{mg} = \frac{v_{0x}^2 + v_{0y}^2 - v_x^2}{2g} \text{ Or } v_x \text{ est constate donc } v_{0x}^2 = v_x^2$$

$$\Leftrightarrow \boxed{H = \frac{v_{0y}^2}{2g}}$$

6. Par lecture graphique de la figure 2.b, on voit que $v_{0y} = 4,00 \text{ m.s}^{-1}$

$$H = \frac{4,00^2}{2 \times 9,81} = 0,815 \text{ m}$$

Le graphique 2.a montre que la hauteur atteinte est légèrement supérieure à 0,81 m, la relation de H est cohérente.

7. On a établi à la question 3. que $\vec{g} = \vec{a}$

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

Cherchons une primitive du vecteur \vec{a} ,

$$F(t) = \vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = -gt + C_2 \end{cases}$$

$$CI \vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} \\ v_{0y} \end{cases}$$

$$\text{D'où } \vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = v_{0x} \\ v_y(t) = -gt + v_{0y} \end{cases}$$

$$8. \frac{dv_y}{dt} = a_y = -g = \frac{-1,2-4}{0,5-0} \approx -10,4$$

On trouve une valeur proche de 9,81 m.s⁻², c'est cohérent. L'écart est dû au manque de précision dans la lecture graphique.

9. Cherchons une primitive du vecteur \vec{v} ,

$$F(t) = \overrightarrow{OM}(t) \begin{cases} x(t) = v_{0x} \cdot t + C_3 \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{0y} \cdot t + C_4 \end{cases}$$

$$CI \overrightarrow{OM}(0) \begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \end{cases}$$

$$\text{D'où } \overrightarrow{OM}(t) \begin{cases} x(t) = v_{0x} \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{0y} \cdot t \end{cases}$$

$$\boxed{y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{0y} \cdot t}$$

10. La balle est en l'air tant que $y(t) > 0$

Réolvons $y(t_{air}) = 0$:

$$\Leftrightarrow -\frac{1}{2}gt^2 + v_{0y} \cdot t_{air} = 0$$

$$\Leftrightarrow t_{air} \left(-\frac{1}{2}gt + v_{0y}\right) = 0$$

$$-\frac{1}{2}gt_{air} + v_{0y} = 0$$

$\underbrace{t_{air} = 0}_{\substack{\text{la balle vient} \\ \text{de quitter la main}}}$ ou $t_{air} = \frac{2v_{0y}}{g}$

$$t_{air} = 2 \frac{v_{0y}}{g} = \sqrt{4 \frac{v_{0y}^2}{g^2}} \text{ or } H = \frac{v_{0y}^2}{2g}$$

$$t_{air} = \sqrt{4 \frac{2H}{g}} = \boxed{\sqrt{\frac{8H}{g}}}$$

11.

$$t_{air} = \sqrt{\frac{8 \times 0,81}{9,81}} \approx 0,81 \text{ s}$$

On trouve une valeur en accord avec la valeur lue sur le graphique 2a.

EXERCICE B - Refroidissement d'un fer à cheval :

1. Chauffage du fer

1. $m_{Fer} = V_{Fer} \times \rho_{Fer} = 104 \times 7,87 = 818 \text{ g}$

2. {fer à cheval}

$$\begin{aligned} \Delta U &= C \times \Delta T = c_{Fer} \times m_{Fer} \times (\theta_0 - \theta_{ext}) \\ &= 440 \times 818 \times 10^{-3} \times (900 - 15) \approx \boxed{3,2 \times 10^5 \text{ J}} \end{aligned}$$

3. Au cours du transfert énergétique le système reçoit de l'énergie sous forme thermique, pour passer de 15 à 900°C il doit donc recevoir $3,2 \times 10^5 \text{ J}$. Au niveau microscopique l'agitation thermique augmente et les interactions microscopiques aussi (ex : énergie de liaison chimique).

2. Refroidissement du fer

Refroidissement à l'air libre

4. D'après la première loi de la thermodynamique : $\Delta U = Q + W$, comme le transfert énergétique n'a lieu que par transfert thermique $W = 0$

$$\Delta U = Q = \phi \times \Delta t$$

D'après la loi de Newton

$$\Delta U = h \times S \times (\theta_{ext} - \theta) \times \Delta t$$

Et

$$\Delta U = c_{Fer} \times m_{Fer} \times \Delta\theta$$

Il vient :

$$\begin{aligned} c_{Fer} \times m_{Fer} \times \Delta\theta &= h \times S \times (\theta_{ext} - \theta) \times \Delta t \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta\theta}{\Delta t} &= \frac{h \times S \times (\theta_{ext} - \theta)}{c_{Fer} \times m_{Fer}} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta\theta}{\Delta t} &= -\frac{h \times S}{c_{Fer} \times m_{Fer}} \theta + \frac{h \times S}{c_{Fer} \times m_{Fer}} \theta_{ext} \end{aligned}$$

On pose : $\tau = \frac{1}{\frac{h \times S}{c_{Fer} \times m_{Fer}}} = \frac{c_{Fer} \times m_{Fer}}{h \times S}$

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = -\frac{\theta}{\tau} + \frac{\theta_{ext}}{\tau} \Leftrightarrow \frac{\Delta\theta}{\Delta t} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_{ext}}{\tau}$$

Quand Δt tend vers 0 la limite de $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ vaut $\frac{d\theta}{dt}$, d'où

$$\boxed{\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_{ext}}{\tau}}$$

5. Les solutions de cette équation sont de la forme :

$$\theta(t) = ke^{-\frac{1}{\tau}t} - \frac{\theta_{ext}}{\tau} = ke^{-\frac{1}{\tau}t} + \theta_{ext}$$

Or à $t = 0$ $\theta(0) = \theta_0$ donc

$$ke^{-\frac{1}{\tau} \times 0} + \theta_{ext} = \theta_0 \Leftrightarrow k + \theta_{ext} = 15 \Leftrightarrow k = 15 - \theta_{ext}$$

$$D'où \boxed{\theta(t) = (\theta_0 - \theta_{ext})e^{-\frac{1}{\tau}t} + \theta_{ext}}$$

6. Après 2 minutes, $\theta(120) = (900 - 15)e^{-\frac{1}{880}120} + 15 = 787^\circ C$, le fer est bien très chaud après 2 minutes.

Refroidissement dans l'eau avant la pose.

$$7. \tau_{eau} = \frac{m_{fer} \cdot c_{fer}}{h_{eau} \cdot S} = \frac{880 \times 10^{-3} \times 440}{360 \times 293 \times 10^{-4}} \approx 33,37s$$

Réolvons $\theta(t) = 40^\circ C$,

$$\begin{aligned} \theta(t) = (\theta_0 - \theta_{ext})e^{-\frac{1}{\tau}t} + \theta_{ext} &\Leftrightarrow \frac{\theta(t) - \theta_{ext}}{\theta_0 - \theta_{ext}} = e^{-\frac{1}{\tau}t} \Leftrightarrow -\frac{1}{\tau}t \ln(e) \\ &= \ln\left(\frac{\theta(t) - \theta_{ext}}{\theta_0 - \theta_{ext}}\right) \Leftrightarrow t = -\tau \ln\left(\frac{\theta(t) - \theta_{ext}}{\theta_0 - \theta_{ext}}\right) \\ &t = -33,37 \ln\left(\frac{40 - 15}{600 - 15}\right) \\ &t = -33,37 \ln\left(\frac{40 - 15}{600 - 15}\right) \approx \boxed{105s} \end{aligned}$$

8. En réalité, le transfert énergétique n'a pas lieu uniquement par convection, le système émet aussi de l'énergie par rayonnement (d'où la couleur rougeâtre du fer chaud) ce qui explique que la température diminue plus rapidement. Par ailleurs, la température de l'eau varie, et une partie de l'eau se vaporise.