

Bac 2011 – Correction de l'épreuve de Physique-Chimie

Exercice 1 – Détartrant à base d'acide lactique

1. L'acide lactique

1.1. $\text{H}_3\text{C} - \text{HCOH} - \text{COOH} \rightarrow$ acide carboxylique



1.2.2.

Equation chimique		$\text{AH}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{A}^{-}_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^{+}$			
Etat du système	Avancement	Quantité de matière (mol)			
Etat initial	$x=0$	$c \cdot V=0,6 \text{ mol}$	Excès	0	0
Etat final	x_f	$0,6 - x_f$	Excès	x_f	x_f

1.2.3. $n(\text{H}_3\text{O}^{+})=x_f$ donc $[\text{H}_3\text{O}^{+}]=x_f / V$ or $[\text{H}_3\text{O}^{+}]=10^{-\text{pH}}$ donc $10^{-\text{pH}}=x_f / V \rightarrow x_f=10^{-\text{pH}} \cdot V$

1.2.4. on trouve $x_f=7,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ or $\tau=x_f/x_{\text{max}}$ et $x_{\text{max}}=0,6 \rightarrow \tau=0,013$ soit 1,3 %

$\tau < 1 \rightarrow$ la réaction n'est donc pas totale.

1.3.1.
$$K_A = \frac{[\text{A}^{-}]_{\text{éq}} [\text{H}_3\text{O}^{+}]_{\text{éq}}}{[\text{AH}]_{\text{éq}}}$$

1.3.2. Ainsi,
$$\frac{[\text{A}^{-}]_{\text{éq}}}{[\text{AH}]_{\text{éq}}} = \frac{K_A}{[\text{H}_3\text{O}^{+}]_{\text{éq}}} = 1,0 \times 10^{-2}$$

1.3.3. Avec les valeurs de l'énoncé, $\frac{K_A}{[\text{H}_3\text{O}^{+}]_{\text{éq}}} < 1$ donc $\frac{[\text{A}^{-}]_{\text{éq}}}{[\text{AH}]_{\text{éq}}} < 1$ et AH prédomine.

2. Titrage de l'acide lactique dans un détartrant

2.1. Pour faire une dilution, on utilise une pipette jaugée et une fiole jaugée. Ceci élimine les lots A et D.

Pour faire une dilution d'un facteur 10, il faut que le volume de prélèvement (de la pipette) soit 10 fois plus petit que le volume de la fiole jaugée ce qui élimine le lot B pour lequel le rapport des volumes est de 100.

\rightarrow on choisit le lot C.

2.2.1. Réaction support de titrage : $\text{AH}_{(\text{aq})} + \text{HO}^{-}_{(\text{aq})} = \text{A}^{-}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

2.2.2. Par la méthode des tangentes ou du maximum de dpH/dV_B , on trouve $V_E=14,6 \text{ mL}$

2.2.3. A l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques, ainsi, $c_d \cdot V_A = c_B \cdot V_E \rightarrow c_d = c_B \cdot V_E / V_A \rightarrow c_d=0,58 \text{ mol/L}$

2.2.4. $c=10 \cdot C_d \rightarrow c=5,8 \text{ mol/L}$

2.2.5. $m=n \cdot M=5,8 \times 1,00 \times 90,0 \rightarrow m=5,2 \times 10^2 \text{ g}$

2.2.6. la masse d'un litre de solution est $\rho \times V=1,13 \text{ kg} \rightarrow$ le pourcentage massique d'acide lactique

est égale à $0,52/1,13 \times 100 = 46\%$. Ce résultat est cohérent avec l'indication de l'étiquette.

3. Action du détartrant sur le tartre

3.1. Le dioxyde de carbone étant un gaz parfait, il vérifie $P(\text{CO}_2) \cdot V_g = n \cdot R \cdot T$

Or la quantité de dioxyde de carbone est égale à x . En effet, ce dernier est un produit avec un coefficient stœchiométrique égale à 1 de la réaction. Ainsi, $P(\text{CO}_2) \cdot V_g = x \cdot R \cdot T \rightarrow x = P(\text{CO}_2) \cdot V_g / RT$

3.2. à l'état final, $P(\text{CO}_2) = 155 \text{ hPa} \rightarrow x_f = 155 \cdot 10^2 \cdot 310 \cdot 10^{-6} / 8,314 / 298$ [Attention à convertir V en m^3]
 $\rightarrow x_f = 1,94 \text{ mmol}$

3.3. Sur la figure A3 de l'annexe, on lit bien la même valeur à l'asymptote à la courbe.

3.4. $t_{1/2}$ est tel que $x(t_{1/2}) = x_f / 2 \rightarrow$ sur le graphique, on trouve $t_{1/2} = 15 \text{ s}$

3.5. La vitesse volumique de réaction est proportionnelle à la dérivée dx/dt donc au coefficient directeur de la tangente à la courbe. Sur le graphique, on voit que le coefficient directeur de la tangente à la courbe part d'une valeur non nulle puis tend vers zéro, ainsi, on en déduit que la vitesse volumique de réaction diminue jusqu'à zéro.

3.6. En utilisant une solution plus concentrée en acide lactique, on augmente la concentrations des réactifs.

En chauffant la solution, on augmente la température.

Or concentration des réactifs et température sont des facteurs cinétiques qui améliore la cinétique de la réaction, donc diminue la durée du détartrage.

Exercice II - Chute verticale d'un boulet

1. Modélisation par une chute libre

1.1.1. $x_1 = 1/2 \cdot g \cdot \tau^2$, $x_2 = 1/2 \cdot g \cdot (2\tau)^2 \rightarrow x_2 = 2 \cdot g \cdot (\tau)^2$ et $x_3 = 1/2 \cdot g \cdot (3\tau)^2 \rightarrow x_3 = 9/2 \cdot g \cdot \tau^2$

1.1.2. $h_1 = x_1 - x_0 \rightarrow h_1 = 1/2 \cdot g \cdot \tau^2$, $h_2 = x_2 - x_1 = 2 \cdot g \cdot \tau^2 - 1/2 \cdot g \cdot \tau^2 \rightarrow h_2 = 3/2 \cdot g \cdot \tau^2$ et $h_3 = x_3 - x_2 = 9/2 \cdot g \cdot \tau^2 - 2 \cdot g \cdot \tau^2 \rightarrow h_3 = 5/2 \cdot g \cdot \tau^2$

1.1.3. On retrouve bien le fait que $h_2 = 3 \cdot h_1$ et $h_3 = 5 \cdot h_1$ et ce rapport est indépendant du choix de τ comme le précise Galilée.

1.2.1. La proposition (b) correspond à la théorie d'Aristote tandis que la dernière correspond à la théorie de Galilée.

1.2.2. $x(t) = 1/2 \cdot g \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot x(t)}{g}} \rightarrow \Delta t = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}} \rightarrow \Delta t = 3,4 \text{ s}$ ce résultat est inférieur à celui

annoncé dans l'extrait car il ne prend pas en compte les forces de frottements or, on peut supposer que sur une telle distance, la vitesse atteinte par le boulet est telle que ces dernières ne sont plus négligeable et ralentissent le boulet qui mettra plus de temps pour atteindre le sol.

2. Chute réelle

2.1. Dans le schéma des forces, les trois forces sont verticales, le poids est dirigé vers le bas tandis que les deux autres sont dirigées vers le haut.

2.2. la poussée d'Archimède a pour expression : $\Pi = \rho_{\text{air}} \cdot V \cdot g$ tandis que le poids a pour expression

$P = m \cdot g = \rho_{\text{fer}} \cdot V \cdot g$ ainsi, $\Pi/P = \rho_{\text{air}}/\rho_{\text{fer}} = 1,6 \cdot 10^{-4} \ll 1 \rightarrow$ la poussée d'Archimède Π est négligeable devant le poids P .

2.3.1. La seconde loi de Newton s'exprime $\mathbf{P} + \mathbf{\Pi} + \mathbf{f} = m \cdot \mathbf{a}$ dans laquelle on peut négliger la poussée d'Archimède devant le poids P . Dans cette expression, les lettres en gras sont des vecteurs.

Projetée selon l'axe vertical Ox orienté vers le bas, on obtient : $m \cdot g - f = m \cdot dv/dt$

$$\text{Ainsi, } dv/dt = g - f/m \text{ or } \frac{f}{m} = \frac{\frac{1}{2} \pi R^2 \rho_{\text{air}} C v^2}{\rho_{\text{fer}} \frac{4}{3} \pi R^3} = \frac{3 \rho_{\text{air}} C}{8 \rho_{\text{fer}} R} \cdot v^2 \text{ donc } \frac{dv}{dt} = g - \frac{3 \rho_{\text{air}} C}{8 \rho_{\text{fer}} R} \cdot v^2$$

2.3.2. Lorsque le boulet atteint la vitesse limite, $dv/dt = 0$ et $g - \frac{3 \rho_{\text{air}} C}{8 \rho_{\text{fer}} R} \cdot v_l^2 = 0 \rightarrow$

$$v_l = \sqrt{\frac{8 \rho_{\text{fer}} R g}{3 \rho_{\text{air}} C}}$$

2.3.3. $[\sqrt{\frac{8 \rho_{\text{fer}} R g}{3 \rho_{\text{air}} C}}] = [\sqrt{R g}] = \sqrt{m \cdot m \cdot s^{-2}} = m \cdot s^{-1}$ qui est bien homogène à une vitesse.

$$2.4. \frac{v_{2l}}{v_{1l}} = \frac{\sqrt{\frac{8 \rho_{\text{fer}} R_2 g}{3 \rho_{\text{air}} C}}}{\sqrt{\frac{8 \rho_{\text{fer}} R_1 g}{3 \rho_{\text{air}} C}}} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \text{ ainsi, comme } R_2 \text{ est supérieur à } R_1, v_{12} \text{ sera supérieur à } v_{11}.$$

2.5.1. La vitesse limite la plus grande est obtenue avec la courbe (b), c'est donc celle du boulet B_2 .

Courbe (c) \rightarrow boulet B_1 et Courbe (b) \rightarrow boulet B_2

2.5.2. $x = 57$ m est atteint en 3,427 s pour la courbe (b') c'est à dire le boulet B_2 tandis que pour la courbe (c'), donc le boulet B_1 ce temps est de 3,456 s. C'est donc le boulet B_2 qui atteint le premier le sol à la date $t_{\text{sol}} = 3,427$ s

2.5.3. A cette date, le boulet a parcouru 56,0 m c'est à dire qu'il est encore à 1 m du sol. On ne retrouve effectivement pas les 99 coudées d'Aristote (99 coudées = 56 m). Par contre, cela semble supérieur aux 2 doigts de Galilée (bien que le sujet ne précise pas à quoi cela correspond).

Exercice III - le LMJ (Laser Mégajoule)

1. Lasers et énergie reçue par la cible

1.1.1. $c = \lambda \cdot f$ et c est une constante, donc si f est triplée, la longueur d'onde est divisée par 3.

$$\lambda_2 = \lambda_1/3 \rightarrow \lambda_2 = 350 \text{ nm}$$

1.1.2. $\lambda_1 = 1050$ nm est dans le domaine de l'infrarouge

$\lambda_2 = 350$ nm est dans le domaine des ultraviolet.

1.2. Chaque laser délivre 7,5 kJ. Il y a 240 faisceaux, l'ensemble délivre donc 1800 kJ = 1,8 MJ.

$$1.3. P_{\text{LMJ}} = E_{\text{LMJ}} / \Delta t \rightarrow P_{\text{LMJ}} = 3,6 \cdot 10^{14} \text{ W}$$

2. Réaction de fusion deutérium-tritium dans la cible

2.1.1. Deutérium : 1 proton et 1 neutron. Tritium : 1 proton et 2 neutrons

2.1.2. ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$ en utilisant les lois de Soddy : conservation du nombre total de nucléons et de charges.

2.2.1. Les noyaux susceptibles de fusionner sont ceux présentant peu de nucléons c'est à dire ceux qui sont dans la première partie de la courbe.

2.2.2. L'énergie de liaison est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau pour le désintégrer en ses constituants.

C'est la différence d'énergie entre l'énergie de masse des constituants des noyaux et celle du noyau :

$$E_l({}^A_ZX) = [(A-Z) \cdot m_n + Z \cdot m_p - m({}^A_ZX)] \cdot c^2$$

$$2.2.3. \rightarrow m({}^A_ZX) = (A-Z) \cdot m_n + Z \cdot m_p - \frac{E_l({}^A_ZX)}{c^2}$$

$$2.2.4. \quad m({}^4_2He) = 2 \cdot m_n + 2 \cdot m_p - \frac{E_l({}^4_2He)}{c^2}, \quad m({}^2_1H) = m_n + m_p - \frac{E_l({}^2_1H)}{c^2} \quad \text{et}$$

$$m({}^3_1H) = 2m_n + m_p - \frac{E_l({}^3_1H)}{c^2}$$

$$2.3.1. \quad |\Delta E| = |m({}^2_1H) + m({}^3_1H) - m({}^4_2He) - m_n| \cdot c^2$$

$$2.3.2. \quad |\Delta E| = \left| m_n + m_p - \frac{E_l({}^2_1H)}{c^2} + 2m_n + m_p - \frac{E_l({}^3_1H)}{c^2} - 2 \cdot m_n - 2 \cdot m_p + \frac{E_l({}^4_2He)}{c^2} - m_n \right| \cdot c^2$$

$$\text{d'où } |\Delta E| = |E_l({}^4_2He) - E_l({}^2_1H) - E_l({}^3_1H)| \quad \text{soit } 17,59 \text{ MeV}$$

3. Bilan énergétique dans la cible

3.1. La somme des masses d'un noyau de deutérium et de tritium est $5,02905 \text{ u} = 8,35094 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. $300 \mu\text{g}$ correspondent donc à $300 \cdot 10^{-9} / 8,35094 \cdot 10^{-27}$ molécules soit $N = 3,59 \cdot 10^{19}$ noyaux de deutérium et de tritium.

3.2. $E_{\text{tot}} = N \cdot |\Delta E| = 6,31 \cdot 10^{20} \text{ MeV} \rightarrow E_{\text{tot}} = 101 \text{ MJ}$ soit 56 fois plus que l'énergie fournie par le laser mégajoule. Ce système fournit bien plus d'énergie qu'il n'en consomme.