Baccalauréat Général

Session 2024 – Centres Étrangers (Suède)

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité n° 2bis

Proposition de corrigé

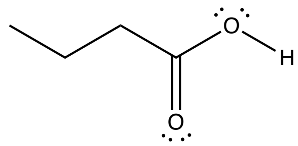
Ce corrigé est composé de 6 pages.

Exercice 1 — L'arôme d'ananas

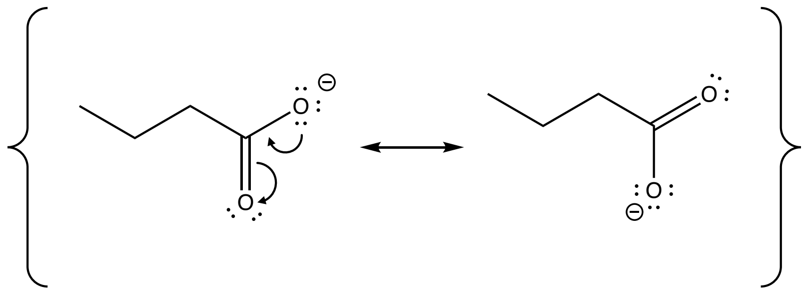
1. Caractérisation des réactifs

Q1. Le réactif **B** est l'éthanol, nommé d'après sa fonction alcool.

Q2. On donne le schéma de Lewis de l'acide carboxylique **A** :



On remarque alors que sa base conjuguée est fortement stabilisée par mésomérie, ce qui explique son caractère acide (capacité à libérer au moins un proton selon Brönsted) :



Q3. On souhaite identifier le spectre IR correspondant à l'acide **A**. On remarque que le spectre du flacon 1 présente une bande forte et large aux alentours de $3200\,\mathrm{cm}^{-1}$, caractéristique de la liaison O−H alcoolique. Le flacon 1 est donc celui du réactif **A**.

2. Optimisation du rendement de synthèse

Q4. On manipule, pour réaliser cette synthèse, des espèces corrosives et inflammables. Il faut donc les manipuler avec une blouse, des gants et des lunettes de protection, en prenant soin de les manipuler loin de toute source de chaleur.

Q5. Le chauffage à reflux permet non seulement d'accélérer mais aussi de favoriser thermodynamiquement la réaction, tout en empêchant la perte par évaporation.

Q6. On connaît le volume prélevé pour l'espèce **A**. Or, on a :

$$\rho = \frac{m}{V} \implies m = \rho V \implies \boxed{n = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M}}$$

D'où,

$$n_A = \frac{\rho_A V_A}{M_A} = \frac{0,96 \times 13,8}{88,0} = \underline{0,15\,\mathrm{mol}}$$

Q7. Une mole de **A** réagissant avec une mole de **B** d'après l'équation de réaction, et comme $n_B = 0,15\,\mathrm{mol} = n_A$, les réactifs sont bien introduits dans les proportions stœchiométriques.

Q8. On a le rendement :

$$\eta = \frac{n_{\mathrm{exp}}}{n_{\mathrm{th}}}$$

Ou, avec la masse expérimentale :

$$\eta = \frac{\frac{m_{\mathrm{exp}}}{M}}{n_{\mathrm{th}}} = \frac{m_{\mathrm{exp}}}{M n_{\mathrm{th}}}$$

D'où, pour la synthèse étudiée :

$$\eta = \frac{m_{\text{ester}}}{M_{\text{ester}} n_{\text{th}}} = \frac{11,7}{116 \times 0,15} = \underline{67,2\,\%}$$

Ce qui est du bon ordre de grandeur pour une estérification depuis un alcool primaire.

Q9. Pour améliorer le rendement d'une estérification, il faut jouer sur la constante d'équilibre. Pour cela, il faut soit introduire un réactif en excès (en général le moins coûteux), soit éliminer au fur et à mesure l'eau produite au cours de la réaction pour déplacer l'équilibre dans le sens direct (à l'aide d'un appareil de Dean-Stark par exemple).

Q10. On remarque cependant que l'éthanol, l'un des réactifs, a une température d'ébullition bien inférieure à celle de l'eau, et est de surcroît miscible avec elle. Il n'est donc pas envisageable d'essayer d'éliminer l'eau, on éliminerait aussi l'éthanol [1] !

3. Suivi cinétique de la synthèse par titrage de l'acide **A** restant

Q11. Par définition, l'équivalence est atteinte lorsque les réactifs sont introduits dans les proportions stœchimoétriques. On a alors :

$$\frac{n_{C_4H_8O_2}}{1} = \frac{n_{HO^-}}{1} \tag{1}$$

Q12. On titre par une solution de soude à des instants donnés. Connaissant le volume à l'équivalence, il suffit de réécrire (1) en concentrations et volumes pour isoler la concentration en espèce **A** à un instant donné :

$$[\text{A}]V \overset{(1)}{=} C_b V_{\text{eq}} \implies \boxed{[\text{A}] = \frac{C_b V_{\text{eq}}}{V}}$$

Il vient donc, par exemple, pour $t = 5\,\text{min}$:

$$[\text{A}](t=5) = \frac{5,0 \times 10^{-1} \times 7,7}{1,0} = \underline{3,85\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

Q13. On a, par définition, la vitesse de disparition du composé **A** :

$$\boxed{v_{d,A} = -\frac{\mathrm{d}[\text{A}]}{\mathrm{d}\,t}}$$

Exprimée en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Q14. La vitesse de disparition en composé **A** décroît logiquement au cours du temps. Ceci est confirmé par lecture graphique, la courbe d'évolution de la concentration décrivant une fonction convexe du temps.

Q15. On remarque, en ajoutant de l'acide sulfurique, une décroissance bien plus marquée de la concentration en acide, donc une vitesse de disparition bien plus importante en début de synthèse. L'acide sulfurique améliore donc bien la cinétique réactionnelle.

Q16. L'acide sulfurique joue donc le rôle de catalyseur.

1. mais on peut déjà se donner toutes les chances d'optimiser le rendement en manipulant dans une verrerie bien sèche, et éventuellement sous atmosphère inerte pour éviter l'humidité de l'air ambiant.

Exercice 2 — Sécurité acoustique

1. Risque sonore du canon anti-grêle

Q1. On a l'intensité sonore à 1 mètre, d'après la relation qui nous est donnée :

$$I_1 = \frac{503}{4 \times \pi \times 1,00^2} = \underline{40,03\,\mathrm{W \cdot m^{-2}}}$$

Q2. Il vient donc, à cette distance, le niveau d'intensité sonore :

$$L_1 = 10 \log\left(\frac{40,03}{1,00 \times 10^{-12}}\right) = \underline{136\,\mathrm{dB}}$$

Q3. Pour une personne exposée aussi proche du canon, la réglementation impose le port de protection individuelle contre le bruit, et des examens audiométrique réguliers.

Q4. Par mesure sur la photographie grâce à l'échelle donnée, on lit $\underline{d_2 = 11,7 \times 100 = 1170\,\mathrm{m}}$. Il vient donc, pour cette habitation :

$$L_2 = 136 - 20 \log\left(\frac{1170}{1}\right) = \underline{75\,\mathrm{dB}}$$

Q5. Il n'est donc, suivant la réglementation, pas nécessaire de s'équiper de protections auditives dans l'habitation, le risque auditif étant suffisamment faible même pour une exposition prolongée.

Q6. On a, pour le canon depuis l'habitation, l'émergence sonore :

$$\boxed{\varepsilon_S = L_2 - L_H} = 75 - 65 = \underline{10\,\mathrm{dB} > 5\,\mathrm{dB}}$$

Q7. Le bruit généré par le canon est donc incompatible avec sa distance avec une habitation, il est nécessaire de prendre des mesures afin de réduire le bruit.

2. Réduction d'un risque au moyen d'un silencieux

Q8. On cherche le matériau le plus adapté à la réduction du bruit, *i.e.* celui ayant le coefficient d'absorption le plus important au voisinage de la fréquence d'émission du canon. On lit alors graphiquement les coefficients d'absorption à $f = 1000\,\mathrm{Hz}$: Le matériau le

Matériau	$\mathbf{C}_{\mathrm{abs}}(f = 1000\,\mathrm{Hz})$
a)	0,2
b)	0,60
c)	0,40

plus adapté pour tapisser les parois du silencieux est donc la mousse face lisses 30 mm (matériau b).

Q9. Avec ce silencieux, le nouveau niveau d'intensité sonore moyen mesuré dans l'habitation vaut :

$$L_{2'} = L_2 - 14 = 75 - 14 = \underline{61\,\mathrm{dB}}$$

Cette valeur étant inférieure au niveau ambiant, et est donc compatible avec les réglementations.

Exercice 3 — Détermination de la valeur du champ de pesanteur à la surface de la lune

Q1. On souhaite étudier le mouvement de la balle supposée ponctuelle de masse considérée constante, dans le référentiel lunaire supposé galiléen. La seule force agissant sur le système étant son poids, le principe fondamental de la dynamique[2] permet d'écrire :

$$m\vec{a} = m\overrightarrow{g_L}$$

Et comme $\overrightarrow{g_L} = -g_L\overrightarrow{u_y}$, il vient alors l'expression de l'accélération dans le repère d'étude :

$$\boxed{a = a_y = -g_L} \tag{2}$$

Q2. On peut alors intégrer (2) en temps, en prenant en considération les conditions initiales en vitesse :

$$\begin{cases} v_x = V_0\cos\theta \\ v_y = -g_Lt + V_0\sin\theta \end{cases} \tag{3}$$

Ce qui, intégré une seconde fois en prenant $\overrightarrow{OM}(t = 0) = (0; 0)$, permet d'écrire les équations horaires du mouvement :

$$\boxed{\begin{cases} x(t) = V_0\cos(\theta)t \\ y(t) = -\frac{1}{2}g_Lt^2 + V_0\sin(\theta)t \end{cases}} \tag{4}$$

Q3. On cherche le temps au bout duquel la balle retombe au sol, ce qui revient à chercher t_{vol} tel que $y(t = t_{\text{vol}}) = 0$. On a donc :

$$\begin{aligned} y(t = t_{\text{vol}}) = 0 &\iff -\frac{1}{2}g_L{t_{\text{vol}}}^2 + V_0\sin(\theta)t_{\text{vol}} = 0 \\ &\iff t_{\text{vol}}\left(-\frac{1}{2}g_Lt_{\text{vol}} + V_0\sin\theta\right) = 0 \\ &\overset{t_{\text{vol}}>0}{\iff} -\frac{1}{2}g_Lt_{\text{vol}} + V_0\sin\theta = 0 \\ &\iff \frac{1}{2}g_Lt_{\text{vol}} = V_0\sin\theta \iff \boxed{t_{\text{vol}} = \frac{2V_0\sin\theta}{g_L}} \end{aligned} \tag{5}$$

Q4. En exploitant les équations horaires (4), on peut également exprimer le temps de vol en fonction de la position x_p de son impact :

$$\begin{aligned} x(t = t_{\text{vol}}) = x_p &\iff V_0\cos(\theta)t_{\text{vol}} = x_p \\ &\iff \boxed{t_{\text{vol}} = \frac{x_p}{V_0\cos\theta}} \end{aligned} \tag{6}$$

Q5. On vient d'établir deux égalités pour t_{vol}. Il est alors possible d'écrire :

$$\begin{aligned} t_{\text{vol}} \overset{(5)}{=} \frac{2V_0\sin\theta}{g_L} \overset{(6)}{=} \frac{x_p}{V_0\cos\theta} &\implies \frac{2V_0\sin\theta \times V_0\cos\theta}{g_L} = x_p \\ &\implies \boxed{g_L = \frac{2V_0^2\sin\theta\cos\theta}{x_p}} \end{aligned}$$

2. appelé aussi loi de la quantité de mouvement, ou encore théorème de la résultante dynamique

Q6. On calcule donc :

$$g_L = \frac{2 \times (30/3,6)^2 \times \sin(25) \times \cos(25)}{36} = \underline{1,48\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}}$$

Q7. En utilisant les valeurs données, il vient la valeur théorique de l'intensité du champ de pesanteur lunaire :

$$g_{L0} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 7,34 \times 10^{22}}{(1740 \times 10^3)^2} = \underline{1,62\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}}$$

Q8. La valeur mesurée est relativement assez proche de la valeur théorique (l'écart est seulement de 10%), ce qui en fait une bonne approximation expérimentale.

*   *
*

Proposé par T. Prévost (thomas.prevost@protonmail.com),
pour le site https://www.sujetdebac.fr/
Compilé le 14 juin 2024.