**Baccalauréat Général**

*Session 2024 – Métropole*

# Épreuve de Physique-Chimie

## Sujet de spécialité n° 2

## Proposition de corrigé

*Ce corrigé est composé de 7 pages.*

# Exercice 1 — Autour du basket-ball

## 1. Étude d'une trajectoire idéale

**Q1.** On étudie le mouvement du ballon, supposé ponctuel de masse $m$ constante, dans le référentiel terrestre supposé galiléen. La seule force s'exerçant sur lui étant son poids, la deuxième loi de Newton permet d'écrire :

$$m\vec{a} = m\vec{g} \implies \vec{a} = a_x\overrightarrow{u_x} + a_y\overrightarrow{u_y} = \vec{g} = -g\overrightarrow{u_y}$$

Et il vient alors, par projection sur les axes $\overrightarrow{u_x}$ et $\overrightarrow{u_y}$ :

$$\boxed{\begin{cases} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = -g \end{cases}} \tag{1}$$

**Q2.** On peut alors intégrer cette relation en temps, sous la condition initiale $\vec{v}(t=0) = \overrightarrow{v_0} = v_0\cos\alpha\overrightarrow{u_x} + v_0\sin\alpha\overrightarrow{u_y}$, ce qui donne :

$$\boxed{\begin{cases} v_x(t) = v_0\cos\alpha \\ v_y(t) = -gt + v_0\sin\alpha \end{cases}} \tag{2}$$

**Q3.** De la même manière, sous la condition initiale $\overrightarrow{OM}(t=0) = H_m\overrightarrow{u_y}$, on intègre (2) :

$$\boxed{\begin{cases} x(t) = v_0\cos(\alpha)t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0\sin(\alpha)t + H_m \end{cases}} \tag{3}$$

**Q4.** On cherche à exprimer $y$ en fonction de $x$. Pour cela, on commence par réécrire $x(t)$ pour isoler $t$ en fonction de $x$ à partir de (3) :

$$x(t) \overset{(3)}{=} v_0\cos(\alpha)t \implies t = \frac{x}{v_0\cos\alpha} \tag{4}$$

On peut alors injecter (4) dans l'expression de $y$ obtenue en (3) :

$$y(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)^2 + v_0\sin\alpha \times \frac{x}{v_0\cos\alpha} + H_m$$

Et il vient donc bien, en réorganisant les termes :

$$\boxed{y(x) = -\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha + H_m} \tag{5}$$

**Q5.** Pour atteindre le centre du panier, on souhaite $v_{0c}$ telle que $y(x=L) = H_a$. Il vient donc, avec (5) :

$$\begin{aligned} y(x=L) = H_a &\iff -\frac{g}{2v_{0c}^2\cos^2\alpha}L^2 + L\tan\alpha + H_m = H_a \\ &\iff -\frac{gL^2}{2v_{0c}^2\cos^2\alpha} = H_a - H_m - L\tan\alpha \\ &\iff v_{0c}^2 = \frac{gL^2}{2\cos^2\alpha(H_m + L\tan\alpha - H_a)} \end{aligned}$$

Et comme $v_{0c} > 0$, on peut passer à la racine et on obtient finalement bien :

$$\boxed{v_{0c} = \sqrt{\frac{gL^2}{2\cos^2\alpha\cdot(L\tan\alpha + H_m - H_a)}}} \tag{6}$$

**Q6.** Pour $\alpha = 49,5°$, on a donc :

$$v_{0c}(\alpha = 49,5) = \sqrt{\frac{9,81 \times 4,6^2}{2 \times \cos^2(49,5) \times (4,6 \times \tan(49,5) + 2,30 - 3,05)}} = \underline{7,3\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}}$$

**Q7.** Pour une distance de 2 mètres du panier, on lit graphiquement $\underline{\alpha = 55,3°}$ pour nécessiter la vitesse minimale. On remarque donc que le lancer ici réalisé est bien plus en cloche que le lancer-franc, il aura donc statistiquement davantage de chances de rentrer.

**Q8.** Dans le cas $\alpha \to 90°$, on tend vers la situation où le joueur lance verticalement le ballon vers le haut. Dans ce cas là, il devient physiquement très difficile, voire impossible, d'espérer atteindre le panier ($v_y \to 0$).

**Q9.** La condition « le ballon ne passe pas par-dessus l'arceau » se traduit par : `max(y) < Ha`.

**Q10.** Avec les lignes 89 à 92, on vérifie bien que le ballon ne touche pas l'arceau en vérifiant en tout point de la trajectoire si le centre de masse du ballon est distant de moins de son rayon avec l'arceau [1].

**Q11.** L'angle initial minimal calculé est légèrement inférieur à l'angle minimal donné par le site, mais est tout de même relativement proche, donc vraisemblable. On peut cependant rajouter que les frottements sont ici négligés mais devraient être pris en compte pour obtenir une valeur calculée plus exacte (d'où la différence de 2 degrés).

## 2. Étude du dribble et du rebond du ballon

**Q12.** Le ballon est initialement sans vitesse, à une altitude positive. Il possède donc, initialement, une énergie potentielle de pesanteur, mais pas d'énergie cinétique. En prenant cela en compte, il vient aisément que la courbe 2 correspond à l'énergie cinétique, la courbe 3 à l'énergie potentielle de pesanteur, et enfin la courbe 1 à l'énergie mécanique.

**Q13.** En lisant graphiquement l'énergie mécanique avant et après le rebond, il vient :

$$\Delta\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_m(R+) - \mathcal{E}_m(R^-) = 3,6 - 6 = \underline{-2,4\,\mathrm{J} \approx -2,5\,\mathrm{J}}$$

**Q14.** On remarque, entre le début et la fin de la chute du ballon, une perte d'énergie mécanique qui peut être considérée comme conséquente (de 6 J à 5,6 J). Il est donc légitime de considérer les frottements non négligeables.

**Q15.** Pour permettre au ballon de remonter à une hauteur d'au moins 1 mètre, il suffit de lui conférer une énergie cinétique permettant *a minima* de compenser la perte d'énergie lors du rebond. Il faut alors :

$$\mathcal{E}_c = |\Delta\mathcal{E}_m| \implies \frac{1}{2}mv^2 = |\Delta\mathcal{E}_m| \implies \boxed{v = \sqrt{\frac{2\,|\Delta\mathcal{E}_m|}{m}}}$$

D'où,

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 2,5}{600 \times 10^{-3}}} = \underline{2,9\,\mathrm{m \cdot s^{-1}} = 11\,\mathrm{km \cdot h^{-1}}}$$

## 3. Entendre l'arbitre lors d'un match

**Q16.** On souhaite savoir si le remplaçant devra porter des protections auditives lorsque l'arbitre siffle proche de lui. On a, pour le remplaçant à une distance $d_2$ de l'arbitre :

$$I = \frac{P}{4\pi d_2^2} \tag{7}$$

1. *NB : une manière plus habile de programmer cette vérification serait de s'épargner du calcul inutile en sortant de la boucle (instruction `break`) dès qu'on passe `test` à `True`*

Et il vient donc le niveau d'intensité sonore :

$$L_2 = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) \overset{(7)}{=} 10\log\left(\frac{P}{4\pi d_2^2 I_0}\right) \tag{8}$$

Or, à ce stade, la puissance $P$ est inconnue. On va donc utiliser le critère qui nous est donné en fonction du niveau sonore ambiant $L_A$, permettant au sifflet de l'arbitre d'être entendu par tous les joueurs (même le plus éloigné à une distance $d_1$) :

$$L_1 - L_A \geq 3 \implies L_1 = 10\log\left(\frac{P}{4\pi d_1^2 I_0}\right) \geq 3 + L_A$$

Ou, en passant à la puissance de 10 [2] :

$$P \geq 4\pi d_1^2 \times 10^{\frac{3+L_A}{10}} I_0 \tag{9}$$

Et en injectant dans (8) :

$$L_2 = 10\log\left(\frac{4\pi d_1^2 \times 10^{\frac{3+L_A}{10}} I_0}{4\pi d_2^2 I_0}\right)$$

Alors finalement, en simplifiant :

$$\boxed{L_2 = 10\log\left(\frac{d_1^2 \times 10^{\frac{3+L_A}{10}}}{d_2^2}\right)} = 10\log\left(\frac{20^2 \times 10^{\frac{3+80}{10}}}{1^2}\right) = \underline{109\,\mathrm{dB}}$$

Cette valeur étant supérieure au seuil de danger, il ne peut être que conseillé au remplaçant de porter des protections auditives.

## Exercice 2 — Un champignon parfumé

### 1. Étude des réactifs de la synthèse du cinnamate de méthyle

**Q1.** L'acide cinnamique, si on en croit son nom suivant la nomenclature IUPAC, est un acide carboxylique.

**Q2.** Parmi les espèces proposées, seule la **A** possède un groupe acide carboxylique. Il s'agit donc logiquement de l'acide cinnamique.

### 2. Synthèse du cinnamate de méthyle à partir de chlorure de cinnamoyle

**Q3.** Lors de cette réaction, on remplace un chlore par un groupement hydroxyle. Il s'agit donc d'une substitution nucléophile.

**Q4.** Si on prend le temps de lire les consignes de sécurité du dichlorométhane et de l'éther de pétrole, on peut en déduire qu'il est nécessaire de manipuler sous sorbonne, avec des gants, une blouse de laboratoire et des lunettes de protection.

**Q5.** L'utilité du dichlorométhane est de pouvoir solubiliser correctement tous les réactifs, tout en évitant des réactions parasites avec le chloré.

**Q6.** Entre les ions oxonium et hydrogénocarbonate, on observe la réaction acide-base :

$$H_3O^+ + HCO_3{}^- \longrightarrow H_2O + H_2CO_3$$

Et comme $H_2CO_3$ est simplement du $CO_2$ dissous dans l'eau ($H_2CO_3 = (CO_{2H2}O)$), on comprend que le dégagement gazeux s'explique par la formation de dioxyde de carbone.

2. par croissance stricte de la fonction $x \mapsto 10^x$ sur $\mathbb{R}_+$

**Q7.** En supposant la réaction totale et une conversion complète des réactifs, en notant R le chlorure de cinnamoyle, il vient d'après l'équation bilan de la réaction :

$$n_{\text{HCl}} = n_R$$

Ou, en masse introduite en réactif :

$$n_{\text{HCl}} = \frac{m_R}{M(\text{R})} \tag{10}$$

Il faut donc introduire, si on exploite l'équation bilan de la réaction entre l'acide chlorhydrique et les les ions hydrogénocarbonate $n_{\text{HCO}_3{}^-} = n_{\text{HCl}}$. Ou, en volume versé :

$$n_{\text{HCO}_3{}^-} = CV_m = n_{\text{HCl}}$$

Et finalement :

$$CV_m \overset{(10)}{=} \frac{m_R}{M(\text{R})} \implies \boxed{V_m = \frac{m_R}{M(\text{R})C}}$$

D'où,

$$V_m = \frac{8,3}{166,6 \times 0,5} = \underline{9,96 \times 10^{-2}\,\text{L} = 99,6\,\text{mL}}$$

**Q8.** On a, pour une synthèse, le rendement :

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

Ou, en masse :

$$\eta = \frac{\frac{m_{\text{exp}}}{M(\text{P})}}{\frac{m_{\text{th}}}{M(()P)}} = \frac{m_{\text{exp}}}{M(\text{P})} \times \frac{M(\text{P})}{m_{\text{th}}} = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{th}}} \tag{11}$$

Et en utilisant l'équation de la réaction, on a pour le cinnamate de méthyle théoriquement obtenu :

$$n_{\text{th}} = n_{\text{R}} = \frac{m_R}{M(\text{R})} \implies m_{\text{th}} = \frac{m_R M(\text{P})}{M(\text{R})}$$

Il suffit alors d'injecter dans (11) :

$$\boxed{\eta = \frac{m_{\text{exp}} M(\text{R})}{m_{\text{R}} M(\text{P})}} = \frac{6,2 \times 166,6}{8,3 \times 162,2} = \underline{77\,\%}$$

Ce qui est un rendement cohérent vu les conditions expérimentales (un peu faible pour une estérification depuis un chlorure d'acyle, mais malgré tout acceptable).

## Exercice 3 — Batterie Lithium-Soufre

### 1. Le lithium

**Q1.** Dans cette réaction, on remarque que le lithium voit son nombre d'oxydation passer de 0 à +I, il est donc réducteur.

**Q2.** Par un bilan de matière immédiat, il vient :

$$n_{\text{H}_2} = \frac{n_{\text{Li}}}{2} = \frac{m}{2M(\text{Li})}$$

D'où,

$$n_{H_2} = \frac{0,5}{2 \times 6,9} = 3,6 \times 10^{-2}\,\text{mol}$$

Il vient donc le volume formé :

$$\boxed{V = n_{H_2} V_m} = 3,6 \times 10^{-2} \times 24,4 = \underline{0,88\,\text{L}}$$

Ce volume est conséquent, et il pourrait facilement conduire à une explosion de la batterie. On comprend donc la nécessité d'utiliser un électrolyte anhydre, pour réduire le risque.

## 2. La batterie lithium-soufre

**Q3.** Les demi-équations régissant les réactions aux électrodes sont :

$$\begin{cases} \text{Li} = \text{Li}^+ + \text{e}^- \\ \text{S} + 2\,\text{e}^- = \text{S}^{2-} \end{cases}$$

Ces demi-équations sont bien cohérentes avec les polarités de la pile, l'électrode au lithium fournissant bien des électrons en sortie de la borne négative.

**Q4.** On peut alors placer sur le schéma le sens de déplacement du courant, de déplacement des électrons, et de déplacement des ions au-travers de la paroi :

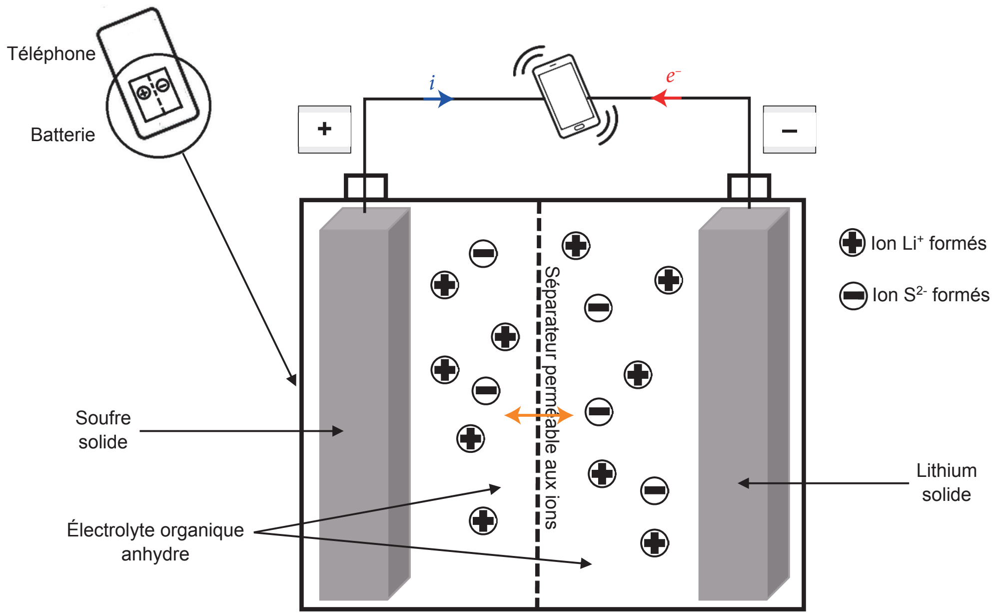


Figure 1 – Schéma de la pile

**Q5.** En utilisant les demi-équations précédemment écrites, et en les équilibrant en nombre d'électrons impliqués, il vient l'équation de fonctionnement de la pile :

$$2\,\text{Li} + \text{S} \longrightarrow \text{Li}_2\text{S(s)}$$

**Q6.** Pour la pile lithium-ion, on a bien :

$$\boxed{m = \frac{Q}{Q_{\text{massique}}}} = \frac{3500}{300} = \underline{11,7\,\text{g} \approx 12\,\text{g}}$$

Ce qui lui permettra de débiter du courant pendant :

$$Q = i\Delta t \implies \Delta t = \frac{Q}{i}$$

Ou, par gramme de matière active :

$$\boxed{\Delta t_m = \frac{\Delta t}{m} = \frac{Q}{mi}} = \frac{3500}{11,7 \times 0,55 \times 10^3} = \underline{0,54\,\mathrm{h} \cdot \mathrm{g}^{-1}}$$

**Q7.** Pour un gramme de soufre, on a la quantité de matière :

$$n_{\mathrm{S}} = \frac{m_S}{M(\mathrm{S})} = \frac{1,0}{M(\mathrm{S})}$$

Ce qui permet donc d'écrire le nombre d'électrons produits :

$$n_{\mathrm{e}^-} = 2n_{\mathrm{S}} = \frac{2,0}{M(\mathrm{S})}$$

Et il vient alors :

$$\boxed{Q = n_{\mathrm{e}^-}\mathcal{F} = \frac{2,0}{M(\mathrm{S})}\mathcal{F}} = \frac{2,0}{32,1} \times 96500 = 6012,5\,\mathrm{C}$$

Ou, en exprimant dans l'unité demandée :

$$Q = \frac{6012,5}{3,6} = 1610,1\,\mathrm{mAh}$$

La capacité massique par gramme de soufre actif de cette batterie est donc de :

$$\underline{Q_m = 1670,1\,\mathrm{mAh} \cdot \mathrm{g}^{-1}}$$

Ce qui représente une durée d'utilisation :

$$\boxed{\Delta t = \frac{Q}{i}} = \frac{1670,1}{0,55 \times 10^3} = \underline{3,0\,\mathrm{h}}$$

Cette batterie est donc, *a priori*, plus intéressante que la batterie lithium-ion en termes de rapport masse sur durée de fonctionnement (même si la masse de lithium n'a pas été prise en compte, ce qui limite la comparaison).

* *
*

Proposé par T. Prévost (thomas.prevost@protonmail.com),
pour le site https://www.sujetdebac.fr/
Compilé le 2 septembre 2025.