Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

Baccalauréat Général

Session 2025 – Amérique du Nord

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité n° 2bis

Proposition de corrigé

Ce corrigé est composé de 7 pages.

Exercice 1 — L'atropine

1. Étude de ampoules pharmacologiques d'atropine

Q1. On construit le diagramme de prédominance des formes de l'atropine :



Q2. Par lecture du diagramme de prédominance, dans l'ampoule à pH = 4, l'atropine est sous sa forme acide.

Q3. Par définition, on a :

$$\boxed{\text{pH} = -\log\left([H_3O^+]\right)}$$

D'où,

$$\underline{[H_3O^+] = 10^{-4}\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}}$$

Q4. On nous donne la concentration massique en atropine dans l'ampoule. On a alors, en quantité de matière :

$$\boxed{C_A = \frac{C_{mA}}{M_A}} = \frac{25\times10^{-3}}{289,4} = \underline{8,6\times10^{-5}\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}}$$

Ce qui correspond, dans l'ampoule, à une quantité :

$$\boxed{n_A = C_A V_A} = 8,6\times10^{-5}\times20\times10^{-3} = \underline{1,7\times10^{-6}\,\text{mol}}$$

Q5. Pour une solution à C_B il faut, pour avoir la même quantité d'atropine, le volume :

$$C_B = \frac{n_B}{V_B} \implies \boxed{V_B = \frac{n_B}{C_B}}$$

D'où,

$$V_B = \frac{1,7\times10^{-6}}{1,7\times10^{-3}} = \underline{1,0\times10^{-3}\,\text{L} = 1\,\text{mL}}$$

2. Étude de l'extraction de l'atropine

Q6. On souhaite identifier la molécule associée au spectre IR qui nous est donné.

On remarque, sur ce dernier, une bande fine et forte autour de $1700\,\text{cm}^{-1}$, caractéristique d'une liaison C=O carbonyle (donc soit ester, soit acide carboxylique, soit aldéhyde ou cétone). Or, l'absence d'une bande forte et large au-delà de $3000\,\text{cm}^{-1}$ permet d'écarter les composés comportant une liaison −OH (alcool ou acide).

Le spectre est donc celui de la **tropinone**.

Q7. Le principe de la chromatographie sur couche mince (CCM) est d'exploiter les propriétés de polarité et de solubilité des molécules.

On place une goutte de chaque échantillon (généralement dilué dans un solvant volatile) sur une même ligne horizontale d'une plaque de chromatographie (la couche mince étant un gel de silice), dont on place ensuite la partie basse à tremper dans un système-éluant bien choisi, dans une cuve de chromatographie [1] que l'on referme.

1. Ou un pot de confiture recyclé comme dans beaucoup de laboratoires académiques...

L'éluant, par capillarité, va remonter la plaque, et emporter plus ou moins bien avec lui les molécules étudiées. Ainsi, la position finale d'une espèce chimique dépendra de sa polarité et sa solubilité dans l'éluant : elle s'accrochera plus ou moins bien sur la silice, donc se laissera entraîner plus ou moins bien par l'éluant.
On peut alors révéler la plaque pour identifier l'emplacement des espèces étudiées, généralement sous UV ou par trempage dans une solution de $KMnO_4$.

3. Étude de la synthèse de l'atropine

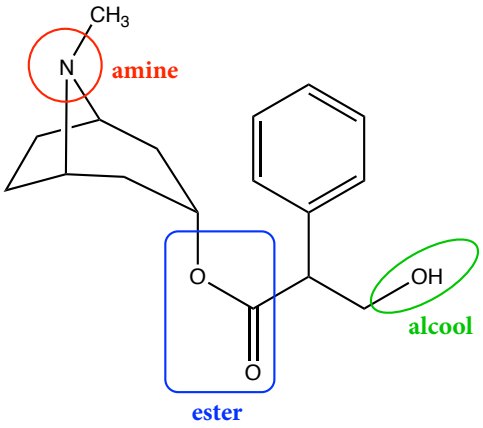
Q8. On écrit la demi-équation électronique associée au couple tropanol/tropinone :

$$C_8H_{13}ON + 2\,H^+ + 2\,e^- = C_8H_{15}ON$$

Q9. En notant TRI/TRI−H le couple redox de l'enzyme, il vient directement sa demi-équation électronique : $TRI + H^+ + e^- = TRI{-}H$. On en déduit alors l'équation de la réduction de la tropinone :

$$C_8H_{15}ON + 2\,TRI \longrightarrow C_8H_{13}ON + 2\,TRI{-}H$$

Q10. On identifie, sur la molécule d'atropine, ses groupes caractéristiques :



Q11. On complète l'équation de réaction correspondant à la synthèse réalisée, en faisant un rapide bilan d'atomes [2] :

$$C_9H_{10}O_3 + C_8H_{16}ON^+ \rightleftharpoons C_{17}H_{24}O_3N^+ + H_2O$$

Q12. Le montage à reflux permet de chauffer afin de déplacer l'équilibre, rendant thermodynamiquement favorable la formation du produit, tout en évitant les pertes de réactifs par évaporation (en condensant les vapeurs).

Q13. L'acide sulfurique, introduit en très faibles quantités afin d'accélérer la réaction, est un catalyseur.

Q14. On a, pour les espèces organiques dans le milieu réactionnel, par définition :

$$K^\circ = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

Ou, en quantité de matière dans le mélange monophasique :

$$K^\circ = \frac{\frac{n_C}{V}\cdot\frac{n_D}{V}}{\frac{n_A}{V}\cdot\frac{n_B}{V}}$$

Et en simplifiant :

$$\boxed{K^\circ = \frac{n_C n_D}{n_A n_B}}$$

2. Ou en se rappelant que l'estérification de Fischer libère une molécule d'eau.

Q15. En utilisant un Dean-Stark, on élimine l'eau au fur et à mesure de sa formation. Or, le quotient de réaction est donné à un instant quelconque de la réaction par la relation :

$$Q_r = \frac{C(\mathrm{C}) \cdot C(\mathrm{H_2O})}{C(\mathrm{A}) \cdot C(\mathrm{B})}$$

Et le système évoluera dans le sens direct tant que $Q_r < K^\circ$. Ainsi, en éliminant l'eau, on fait décroître Q_r, ce qui implique un déplacement de l'équilibre dans le sens de la formation de H_2O (donc également de l'ester).

Exercice 2 — Écoulement du sang dans une artère

1. Échographie Doppler

Q1. Le globule rouge, en réfléchissant une partie de l'onde sonore, se comportera comme une source sonore en mouvement. Aussi, le décalage en espace entre deux fronts d'onde (induit par le mouvement) provoquera également un décalage en temps, ce qui modifiera la fréquence de l'onde reçue.

Q2. Le globule rouge se rapprochant de l'émetteur, la période T_R sera perçue plus faible par ce dernier. Et comme $f = \frac{1}{T}$, il vient :

$$T_R < T_E \implies f_R = \frac{1}{T_R} > \frac{1}{T_E} = f_E$$

On aura donc bien un décalage $\Delta f = f_R - f_E > 0$.

Q3. On a, pour l'écoulement au sein de la sténose :

$$\Delta f = 2 f_E \cos\theta \frac{v_B}{c} \implies \boxed{v_B = \frac{c\Delta f}{2 f_E \cos\theta}}$$

D'où, on a bien :

$$v_B = \frac{1,5 \times 10^3 \times 7,0 \times 10^3}{2 \times 5,0 \times 10^6 \times \cos(60)} = \underline{2,1\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}}$$

2. Modélisation de l'écoulement du sang dans une artère sténosée

Q4. On a le débit volumique en A :

$$D_V = v_A S_A \implies \boxed{v_A = \frac{D_V}{S_A}}$$

D'où,

$$v_A = \frac{1,1 \times 10^{-5}}{1,9 \times 10^{-5}} = \underline{0,6\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}}$$

Q5. On cherche à calculer le rapport des surfaces en comparant la sténose à l'artère de taille normale. On a la conservation du débit volumique :

$$D_V = \mathrm{cste} = v_A S_A = v_B S_B$$

Il vient alors le rapport de surfaces :

$$\boxed{\frac{S_B}{S_A} = \frac{v_A}{v_B}} = \frac{0,6}{2,1} = \underline{0,29}$$

La sténose est donc à un stade modéré, il est conseillé de recourir à un traitement médical (si asymptomatique) ou chirurgical (si présence de symptômes).

Q6. On a la relation de Bernoulli pour l'écoulement parfait du fluide incompressible entre A et B :

$$\frac{1}{2}\rho v_A^2 + \rho g z_A + P_A = \frac{1}{2}\rho v_B^2 + \rho g z_B + P_B \qquad (\mathscr{B})$$

Or, les points A et B sont au même niveau, donc $z_A = z_B$ et $(\mathscr{B})$ devient alors :

$$\frac{1}{2}\rho v_A^2 + P_A = \frac{1}{2}\rho v_B^2 + P_B$$

Et finalement, il vient :

$$\boxed{\Delta P = P_A - P_B = \frac{1}{2}\rho\left(v_B^2 - v_A^2\right)} \qquad (1)$$

Q7. Très logiquement, on s'attend à une augmentation de la vitesse liée au rétrécissement de la section, ce qui se traduit par une diminution de la pression entre A et B.

Q8. On souhaite calculer la différence de pression entre A et B. On applique alors (1) :

$$P_A - P_B = \frac{1}{2} \times 1,1 \times 10^3 \times \left(2,1^2 - 0,6^2\right) = \underline{2,2 \times 10^3\,\text{Pa} > 0}$$

Ce qui confirme bien notre hypothèse selon laquelle $P_A > P_B$.

Exercice 3 — Raven Saunders, la lançeuse de poids américaine

Q1. On souhaite savoir si les frottements de l'air sont négligeables. On calcule alors le rapport :

$$\frac{f}{mg} = \frac{\frac{1}{2}\rho C_X S v^2}{mg} = \frac{\frac{1}{2} \times 1,29 \times 0,51 \times 7,62 \times 10^{-3} \times 14^2}{4,00 \times 9,81} = \underline{1,2 \times 10^{-2} \ll 1}$$

Les frottements sont donc négligeables devant le poids de la sphère.

Q2. On applique la loi de quantité de mouvement à la sphère supposée ponctuelle de masse m constante, soumise uniquement à son poids, en mouvement dans le référentiel terrestre supposé galiléen :

$$m\vec{g} = m\vec{a} \implies a_x\overrightarrow{u_x} + a_z\overrightarrow{u_z} = -g\overrightarrow{u_z}$$

Il vient donc, en intégrant une première fois en temps :

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

Et finalement, en intégrant une seconde fois avec $z_0 = h$:

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

Q3. On souhaite aboutir à l'équation de la trajectoire de la sphère. Pour cela, on commence par reprendre l'expression de l'abscisse dans (3) afin d'exprimer t en fonction de x :

$$x(t) = v_0\cos(\alpha)t \implies t = \frac{x(t)}{v_0\cos(\alpha)}$$

Et on injecte alors dans l'expression de $z(t)$:

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

Et comme $\frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} = \tan(\alpha)$, il vient finalement :

$$\boxed{z(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x^2}{{v_0}^2\cos^2(\alpha)}\right) + x\tan\alpha + h} \quad (4)$$

Q4. On remarque, sur le schéma de la figure 2, que l'origine O du repère est placée à une distance $OB = 0,30\,\text{m}$ du butoir, et que le point M d'impact est situé à une distance $D = 18,62\,\text{m}$. Il vient donc très logiquement :

$$\boxed{x_M = D - OB} = 18,62 - 0,30 = \underline{18,32\,\text{m}}$$

Q5. Connaissant la vitesse initiale et les coordonnées du point de chute, on souhaite calculer le temps de chute t_M. Pour cela, on se propose d'utiliser (3) pour retrouver t_M tel que $x(t_M) = x_M$ (on aurait aussi pu chercher t_M tel que $z(t_M) = 0$ mais s'imposer une résolution d'équation de degré 2 est assez peu judicieux...).
Il vient donc :

$$x(t_M) = x_M \iff v_0\cos(\alpha)t_M = x_M \iff \boxed{t_M = \frac{x_M}{v_0\cos\alpha}}$$

D'où,

$$t_M = \frac{18,32}{12,8\times\cos(45,0)} = \underline{2,0\,\text{s}}$$

Q6. Par définition, on a la vitesse en M :

$$\boxed{v_M = \sqrt{{v_x}^2 + v_z(t=t_M)^2}}$$

Et en utilisant les expressions établies en (2), il vient :

$$v_M = \sqrt{(v_0\cos\alpha)^2 + (-gt_M + v_0\sin\alpha)^2}$$

D'où,

$$v_M = \sqrt{(12,8\times\cos(45))^2 + (-9,81\times 2 + 12,8\times\sin(45))^2} = \underline{13,9\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}}$$

Q7. L'origine des énergies potentielles étant au niveau du sol, on exprime l'énergie mécanique de la sphère à $t = 0$:

$$\boxed{\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_c(t=0) + \mathcal{E}_p(t=0) = \frac{1}{2}m{v_0}^2 + mgh} \quad (5)$$

Q8. Les frottements étant négligés, aucune force non conservative ne travaille entre A et M, et le théorème de l'énergie mécanique permet d'écrire :

$$\Delta_{A\to M}\mathcal{E}_m = 0 \implies \mathcal{E}_m(A) = \mathcal{E}_m(M)$$

Et avec (5), en remarquant que $z_M = 0$:

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2 + mgh = \frac{1}{2}m{v_M}^2 \implies \boxed{v_M = \sqrt{{v_0}^2 + 2gh}}$$

D'où,

$$v_M = \sqrt{12,8^2 + 2 \times 9,81 \times 1,80} = \underline{14,1\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}}$$

Cette vitesse est plutôt proche de celle calculée précédemment, ce qui est plutôt rassurant à propos de l'exactitude de l'étude dynamique ayant été menée. Néanmoins, le résultat réel sera légèrement inférieur, les frottements étant négligeables mais pas inexistants.

* *
*

Proposé par T. Prévost (thomas.prevost@protonmail.com),
pour https://www.sujetdebac.fr/
Sources LaTeX compilées le 27 mai 2025.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.