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 2023 – Liban

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité n° 2

—

Proposition de corrigé

Ce corrigé est composé de 8 pages.

Exercice 1 — Comprendre les nuages

A. Nuage et précipitations

Q1. On exprime le poids de la goutte :

$$P = mg$$

Ou, en connaissant son volume et sa masse volumique :

$$\boxed{P = \rho_{\text{eau}} V g} = \frac{4}{3}\pi \times (10 \times 10^{-6})^3 \times 1000 \times 9,8 = \underline{4,1 \times 10^{-11}\,\text{N}}$$

Q2. On calcule la force exercée par l'air sur la gouttelette pour une vitesse verticale de l'air v_a :

$$\boxed{F = k\eta r v_a} = 18,8 \times 15 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6} \times 0,10 = \underline{2,82 \times 10^{-10}\,\text{N}}$$

Q3. On remarque alors que la force ascendante F exercée par le vent est supérieure au poids P (descendant) de la gouttelette. La résultante des forces impliquera donc un mouvement <u>vers le haut</u> de la gouttelette.

Q4. En supposant constante la vitesse de l'air, et négligeable la variation de masse volumique sur le gradient de température, on cherche donc le rayon r_m minimal de la gouttelette pour avoir $P(r_m) \geq F(r_m)$. En exploitant les expressions obtenues précédemment, on cherche la solution à l'équation :

$$\frac{4}{3}\pi (r_m)^3 \times \rho_{\text{eau}} g = k\eta r_m v_a$$

Ce qui donne, en isolant r_m :

$$r_m{}^2 = \frac{3k\eta v_a}{4\pi\rho_{\text{eau}} g} \implies \boxed{r_m = \sqrt{\frac{3k\eta v_a}{4\pi\rho_{\text{eau}} g}}}$$

D'où,

$$r_m = \sqrt{\frac{3 \times 18,8 \times 15 \times 10^{-6} \times 0,10}{4 \times \pi \times 1000 \times 9,8}} = 2,62 \times 10^{-5}\,\text{m} = 26,2\,\mu\text{m}$$

Le rayon minimal d'une goutte de pluie sera donc de $\underline{r_m = 26,2\,\mu\text{m}}$.

B. Earthcare, un satellite pour étudier les nuages

Q5. La terre, de masse M_T, exerce sur le satellite de masse M_S la force d'interaction gravitationnelle :

$$\boxed{\overrightarrow{F_{T/S}} = G\frac{M_S M_T}{(R_T + h)^2}\overrightarrow{u_n}}$$

Q6. Dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, le satellite de masse M_S supposée constance est uniquement soumis à la force d'attraction gravitationnelle de la Terre. L'écriture de la deuxième loi de Newton appliquée à ce satellite permet donc d'écrire :

$$M_S\overrightarrow{a_S} = \overrightarrow{F_{T/S}}$$

Or, en projetant l'accélération dans la base de Frenet $(S; \overrightarrow{u_n}, \overrightarrow{u_t})$ il vient :

$$\begin{cases} a_n = \frac{\overrightarrow{F_{T/S}}}{M_S}\overrightarrow{u_n} \\ a_t = 0 \end{cases}$$

Et comme $a_t = \frac{\mathrm{d}\,v_t}{\mathrm{d}\,t} = 0$, la vitesse du satellite sur sa trajectoire est constante, son mouvement est donc uniforme.

Q7. Pour un mouvement circulaire uniforme, on a :

$$a_t = \frac{v^2}{R} = \frac{v_2}{R_T + h} \implies v^2 = (R_T + h)a_t = (R_T + h)\frac{GM_T}{(R_T + h)^2} \implies \boxed{v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}}$$

Q8. Et comme le satellite parcourt en une période T la distance $d = 2\pi(R_T + h)$, il vient :

$$T = \frac{d}{v} = \frac{2\pi(R_T + h)}{\sqrt{\frac{GM_T}{R_T+h}}} = 2\pi(R_T + h) \times \sqrt{\frac{R_T + h}{GM_T}}$$

Et en simplifiant l'écriture :

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{GM_T}}}$$

Q9. D'où, on calcule :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{((6,37 \times 10^3) \times 10^3 + 390 \times 10^3)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}} = 5,53 \times 10^3\,\text{s}$$

En une journée, il fera donc bien environ $\frac{24\times3600}{5,53\times10^3} = \underline{16\,\text{tours}}$ de la terre.

C. Radar profileur de nuage

Q10. Les ondes électromagnétiques utilisées par le CPR ont une longueur d'onde :

$$\boxed{\lambda = \frac{c}{f}} = \frac{3,0 \times 10^8}{94,05 \times 10^9} = \underline{3,19 \times 10^{-3}\,\text{m} > 10r_g \sim 10^{-3}\,\text{m}}$$

Les ondes émises permettent donc d'avoir un signal exploitable, même pour les plus grosses gouttelettes.

Q11. On cherche à vérifier que la distance parcourue par le satellite entre l'émission et la réception d'un même paquet d'onde est bien inférieure à la taille du nuage.
Tout d'abord, on sait que l'aller-retour des ondes émises prendra $\Delta t = \frac{2d}{c} = \frac{2(h-h_N)}{c}$
Et comme le satellite aura parcouru $d_S = v\Delta t$, il vient :

$$\boxed{d_S = v\frac{(h - h_N)}{c}} = 7,5 \times 10^3 \times \frac{2 \times (390 - 2) \times 10^3}{3,0 \times 10^8} = \underline{19,4\,\text{m} \ll \ell_N = 1\,\text{km}}$$

La distance parcourue par le satellite pendant l'aller-retour des ondes est donc bien largement inférieure à la longueur du nuage.

D. Une expérience contestée

Q12. On souhaite calculer la distance minimale pour qu'un auditeur ne subisse pas de gêne liée au bruit du haut parleur. On va donc chercher la distance d telle que le niveau d'intensité sonore soit considérée comme « agréable », donc de l'ordre de 40 dB.

$$\begin{aligned} L = 40 &\iff 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 40 \iff \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 4 \\ &\iff \frac{I}{I_0} = 10^4 \\ &\iff I = 10^4 I_0 \end{aligned}$$

Et en injectant l'expression de l'intensité sonore :

$$L = 40 \iff \frac{P}{4\pi d^2} = 10^4 I_0 \iff \boxed{d = \sqrt{\frac{P}{4\pi I_0 \times 10^4}}}$$

Or, on sait qu'à $d = 1\,\text{m}$, on a $L = 160\,\text{dB}$. On a donc :

$$\frac{P}{4\pi} = 10^{16} I_0 \implies P = 4\pi I_0 \times 10^{16}$$

En injectant dans l'expression de d, il vient :

$$d = \sqrt{\frac{4\pi I_0 \times 10^{16}}{4\pi I_0 \times 10^4}} = \sqrt{\frac{10^{16}}{10^4}} = \sqrt{10^{12}} = \underline{1,0 \times 10^6\,\text{m} = 100\,\text{km}}$$

On peut donc imaginer que le journaliste anglais était très éloigné de la source sonore !

Exercice 2 — Synthèse et recyclage du PET en vanilline

A. Synthèse du PET

Q1. En lisant les risques associés aux réactifs utilisés, on peut dire qu'il est nécessaire de porter une blouse, des lunettes de protection et des gants, et éviter d'approcher l'éthylène glycol d'une source de chaleur. Idéalement, il serait même conseillé de manipuler sous hotte pour éviter tout danger pour les voies respiratoires.

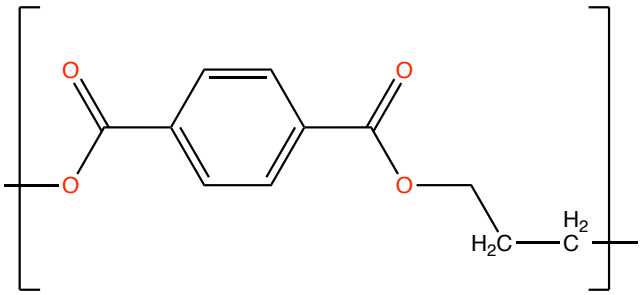
Q2. On remarque que la réaction de l'étape 1 est une estérification. Le produit **A** formé lors de cette réaction est donc de l'eau H_2O.

Q3. L'élimination de l'eau formée pendant la réaction permet un déplacement d'équilibre thermodynamique de la réaction dans le sens de la formation du produit, ce qui permet donc d'améliorer le rendement de la synthèse.

Q4. L'étape 1 est l'étape de réaction, l'étape 2 est une extraction, et l'étape 3 une étape d'analyse / d'identification.

Q5. Le PET est un polymère dont les motifs sont liés par des liaisons ester. D'où son appartenance à la famille des polyesters.

Q6. Le motif du PET est le suivant :



Q7. On a, pour le polymère synthétisé :

$$\boxed{n = \frac{M_P}{M_m}} = \frac{3600}{192} = \underline{18,75 \approx 18}$$

Q8. On cherche à savoir si dans des conditions optimales (rendement de 100 %), la synthèse réalisée permet de fabriquer une bouteille en PET.

En l'occurrence, la réaction étudiée est (en notant terH l'acide téréphtalique et glycOH l'éthylène glycol) :

$$18\ \text{terH} + 18\ \text{glycOH} \rightleftharpoons \text{PET} + 35\text{H}_2\text{O}$$

On a les quantités de matière de réactifs :

- $n_{\text{terH}} = \frac{20,0}{166,14} = 0,12\,\text{mol}$ d'acide téréphtalique ;
- $n_{\text{glycOH}} = \frac{40\times1,1}{62,07} = 0,71\,\text{mol}$ d'éthylène glycol.

On remarque donc aisément que le réactif limitant est l'acide, et il vient donc l'avancement maximal de la réaction :

$$\xi_m = \frac{n_{\text{terH}}}{18} = \frac{0,12}{18} = 6,67\times10^{-3}\,\text{mol} = 6,67\,\text{mmol}$$

On peut donc espérer obtenir, théoriquement, une masse de PET :

$$\boxed{m = M_P\xi_m} = 3600\times6,67\times10^{-3} = \underline{24\,\text{g} < 32\,\text{g}}$$

La synthèse réalisée ne permet donc pas, même avec le meilleur des rendements, de fabriquer une bouteille en plastique.

B. Synthèse microbienne de la vanilline à partir de déchets de PET

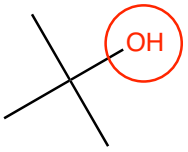
Q9. Selon Brönsted, un acide est une espèce susceptible de céder un proton (H^+).

Q10. La forme 1 est prédominante en milieu acide, elle a fonc pour formule brute $C_8H_6O_4$. Au contraire, la forme 3 prédomine en milieu basique, elle a donc pour formule brute ${C_8H_4O_4}^{2-}$.

Q11. À pH $= 5,5$, on reste en milieu acide, mais on est malgré tout en présence uniquement de l'espèce conjuguée la plus basique de l'acide téréphtalique. Ce qui permet bien de respecter les conditions souhaitées.

Exercice 3 — Préparation du chlorure de tertiobutyle

Q1. On représente la formule topologique du tertiobutanol, et on entoure son groupe caractéristique de la famille alcool.



Q2. On souhaite préparer la solution S par dilution de la solution commerciale d'acide chlorhydrique.

Pour cela, il faut commencer par calculer le facteur de dilution pour choisir la verrerie appropriée. On commence donc par exprimer la concentration molaire de la solution commerciale.

Cette dernière est à 37 % en masse, donc pour $V_C = 1\,\text{L}$ de solution (soit $1,19 \times 1000 = 1190\,\text{g}$), on a une masse $m_a = 0,37 \times 1190 = 440,3\,\text{g}$ d'acide chlorhydrique (le reste est de l'eau). Or, $n = \frac{m}{M}$. D'où, la concentration de la solution commerciale est de :

$$C_C = \frac{440,3}{1 \times 36,5} = 12\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Et comme $\frac{12}{2,4} = 5$, il faudra donc diluer 5 fois la solution commerciale.

Pour préparer $V = 250,0\,\text{mL}$ de solution S, contenant donc $V_a = \frac{250,0}{5} = 50\,\text{mL}$ de solution commerciale, il faut alors suivre la démarche suivante :

- Prélever, avec une pipette jaugée de $50,0\,\text{mL}$, la quantité souhaité de solution commerciale ;
- La verser dans une fiole jaugée de $250,0\,\text{mL}$;
- Remplir environ aux trois-quarts d'eau (distillée) ;
- Boucher et agiter pour homogénéiser la solution ;
- Compléter avec de l'eau jusqu'au trait de jauge.

Q3. Le premier lavage dans l'ampoule à décanter permet d'éliminer l'acide restant dans le milieu. La réaction observée sera donc la suivante :

$$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\,\text{H}_2\text{O}(\ell)$$

Le gaz formé est donc du dioxyde de carbone CO_2.

Q4. Parmi ceux qui sont proposés, seul le montage **C** est celui correspondant à une distillation.

Q5. On souhaite associer les spectres IR proposés aux espèces étudiées. En particulier, à l'issue de la réaction, on s'attend à une disparition de la bande large aux alentours de $3200 - 3400\,\text{cm}^{-1}$, caractéristique de la liaison O−H alcoolique.

En observant les spectres fournis, on remarque que le seul présentant cette bande est le spectre 2, qui est donc celui du tertiobutanol. On peut alors, *de facto*, associer le spectre 1 au chlorure de tertiobutyle.

Q6. On cherche à calculer le rendement de la réaction. On sait qu'il s'exprime à partir de la quantité de matière en produit théoriquement obtenue, et de la quantité obtenue expérimentalement :

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

On va donc devoir calculer la quantité de matière de produit qu'il est théoriquement possible d'obtenir à l'issue de cette réaction.

La réaction étudiée est la suivante :

$$^{\text{t}}\text{BuOH} + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow {}^{\text{t}}\text{BuCl} + 2\,\text{H}_2\text{O}$$

Or, on sait que l'acide chlorhydrique est introduit en excès (on peut s'en douter). On a donc, par un bilan de matière évident :

$$n_{^{\mathrm{t}}\mathrm{BuCl,f}} = n_{^{\mathrm{t}}\mathrm{BuOH},0}$$

Et comme la quantité de réactif introduite dans la réaction vaut :

$$n_{^{\mathrm{t}}\mathrm{BuOH},0} = \frac{m}{M(^{\mathrm{t}}\mathrm{BuOH})}$$

Alors il vient finalement la quantité théorique de produit à l'état final :

$$n_{\mathrm{th}} = \frac{m}{M(^{\mathrm{t}}\mathrm{BuOH})}$$

Et comme la quantité de matière obtenue expérimentalement est donnée par :

$$n_{\mathrm{exp}} = \frac{m_{\mathrm{exp}}}{M(^{\mathrm{t}}\mathrm{BuCl})}$$

Il vient finalement le rendement :

$$\eta = \frac{\frac{m_{\mathrm{exp}}}{M(^{\mathrm{t}}\mathrm{BuCl})}}{\frac{m}{M(^{\mathrm{t}}\mathrm{BuOH})}} \implies \boxed{\eta = \frac{m_{\mathrm{exp}} M(^{\mathrm{t}}\mathrm{BuOH})}{m M(^{\mathrm{t}}\mathrm{BuCl})}}$$

D'où,

$$\eta = \frac{4,45 \times 74,0}{5,00 \times 92,5} = \underline{0,71 = 71\,\%}$$

Le rendement de la réaction est donc de $\underline{\eta = 71\,\%}$, ce qui est tout à fait correct pour une synthèse organique conduite au laboratoire.

* *
*

Proposé par T. Prévost (thomas.prevost@protonmail.com),
pour le site https://www.sujetdebac.fr/
Compilé le 1er février 2024.

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.