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° 1

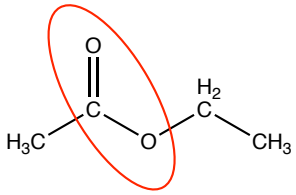
Proposition de corrigé

Ce corrigé est composé de 7 pages.

Exercice 1 — Étude d'un vernis à ongles

1. Étude d'une synthèse au laboratoire d'un solvant pour vernis

Q1. On représente la formule semi-développée de l'éthanoate d'éthyle, sur laquelle on entoure en rouge le groupe ester :

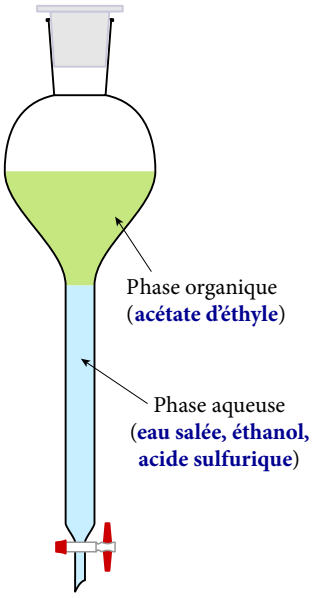


Q2. Une flèche courbe représente un mouvement de doublet d'électrons. Ici, elle part bien d'un doublet non-liant de l'oxygène pour aller vers un ion chargé positivement, elle est donc dans le bon sens.

Q3. Un catalyseur est une espèce chimique capable d'accélérer une réaction. Ici, l'acide sulfurique est introduit en faibles quantités, et permet de fournir un H^+ nécessaire à la réaction (qui sera régénéré à la fin). Il peut donc bien jouer, ici, le rôle de catalyseur.

Q4. Dans l'étape 3, on traite le milieu réactionnel puis on le place dans une ampoule à décanter. L'objectif ici est de séparer les phases organique et aqueuse, il s'agit donc bien d'une extraction.

Q5. On schématise l'ampoule à décanter de l'étape 2 (donc après ajout de saumure) et on y identifie les deux phases : organique en haut et aqueuse en bas (l'acétate d'éthyle est moins dense que l'eau salée).



Q6. La réaction modélisant la réaction acido-basique entre les ions hydrogénocarbonate et l'acide éthanoïque est la suivante :

$$CH_3COOH + HCO_3^- \longrightarrow CH_3COO^- + H_2CO_3$$

Or, H_2CO_3 est tout simplement du dioxyde de carbone (CO_2) en solution dans l'eau. Il se forme donc, pendant cette réaction, du CO_2 gazeux, ce qui explique la nécessité de dégazer régulièrement l'ampoule.

Q7. On souhaite calculer le rendement de cette synthèse. Ce dernier s'exprime à partir de la quantité théoriquement obtenue d'acétate d'éthyle (EA), et de la quantité réellement obtenue :

$$\eta = \frac{n_{\text{EA(exp)}}}{n_{\text{EA(th)}}}$$

Dans un premier temps, un bilan de matière sur la réaction d'estérification (l'acide éthanoïque étant introduit en excès) permet d'obtenir :

$$n_{\text{EA(th)}} = n_{\text{EtOH(i)}} = \frac{\rho_{\text{EtOH}} V_1}{M(\text{EtOH})} \tag{1}$$

De plus, on sait que le volume d'ester (supposé ici pur) obtenu à l'issue de la synthèse est V_{ester}. On a donc :

$$n_{\text{EA(exp)}} = \frac{\rho_{\text{EA}} V_{\text{ester}}}{M(\text{ester})} \tag{2}$$

Et en injectant (1) et (2) dans la formule du rendement, il vient finalement, pour cette synthèse :

$$\eta = \frac{\frac{\rho_{\text{EA}} V_{\text{ester}}}{M(\text{ester})}}{\frac{\rho_{\text{EtOH}} V_1}{M(\text{EtOH})}} = \frac{\rho_{\text{EA}} V_{\text{ester}}}{M(\text{ester})} \times \frac{M(\text{EtOH})}{\rho_{\text{EtOH}} V_1} \implies \boxed{\eta = \frac{\rho_{\text{EA}} V_{\text{ester}} M(\text{EtOH})}{\rho_{\text{EtOH}} V_1 M(\text{ester})}}$$

D'où,

$$\eta = \frac{0,902 \times 12,0 \times 46,1}{0,789 \times 11,7 \times 88,1} = \underline{61,3\,\%}$$

Ce qui est un rendement tout à fait cohérent pour une estérification menée avec un alcool primaire.

Q8. On souhaite améliorer le rendement de cette synthèse. Dans un premier temps, on sait que la quantité de catalyseur n'a pas d'incidence sur le rendement (il a une action cinétique, pas thermodynamique).

De plus, on remarque en étudiant l'expression précédemment obtenue pour le rendement qu'une augmentation du volume V_1 d'éthanol aura pour conséquence une diminution du rendement (η inversement proportionnel à V_1).

La seule proposition pertinente pour améliorer le rendement de la synthèse est donc la **proposition C** : en éliminant l'eau produite pendant la réaction (avec un appareil de Dean-Stark par exemple), on déplace l'équilibre thermodynamique dans le sens de la production de l'ester, ce qui implique une augmentation du rendement !

2. Détermination du pourcentage massique en pigment dans le vernis

Q9. Pour préparer la solution S_5, obtenue par dilution dans l'eau de $V_5 = 10,0\,\text{mL}$ de solution mère, il faut une fiole jaugée de $50,0\,\text{mL}$ et son bouchon, et une pipette jaugée de $10,0\,\text{mL}$ (ou une pipette de précision d'au moins $10,0\,\text{mL}$ et un embout propre).

Dans cette solution que nous venons de préparer, on a une concentration molaire :

$$\boxed{C_5 = \frac{C_0 V_0}{V_5}} = \frac{3,58 \times 10^{-4} \times 10,0}{50,0} = \underline{7,16 \times 10^{-5}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

Q10. Pour une bonne mesure, il faut régler le spectrophotomètre sur le maximum d'absorption de la solution étudiée. Par lecture graphique, on trouve $\underline{\lambda = 510\,\text{nm}}$.

Q11. La loi de Beer-Lambert précise que pour une solution colorée, l'absorbance est linéairement dépendante de la concentration en espèce colorée (autrement dit, la courbe $A = f(C)$ est une droite passant par l'origine). C'est le cas ici, la courbe d'étalonnage vérifie donc bien la loi de Beer-Lambert.

Q12. Par lecture graphique, pour une absorbance $A_S = 0,360$, on lit $C_S = 32\,\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Ce qui correspond à la concentration en ions fer (II) dans la solution étudiée. Il vient donc immédiatement, pour $V_S = 50,0\,\text{mL}$:

$$n_{\text{Fe}^{2+}} = C_S V_S$$

Or, un bilan de matière sur la réaction du vernis avec l'acide chlorhydrique permet d'écrire :

$$n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{n_{\text{Fe}^{3+}}}{2} = \frac{n_{\text{Fe}^{2+}}}{2} = \frac{C_S V_S}{2}$$

Et donc finalement, dans l'échantillon de vernis :

$$n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{32 \times 10^{-6} \times 50,0 \times 10^{-3}}{2} = \underline{0,80 \times 10^{-6}\,\text{mol}}$$

Q13. On souhaite savoir si le vernis a un pouvoir couvrant optimal, *i.e.* a au moins 5 % en masse de Fe_2O_3.
On a dosé l'oxyde de fer dans une masse $m = 0,0103\,\text{g}$ de vernis. Ce dernier présente donc, en masse :

$$\boxed{\%_m(Fe_2O_3) = \frac{m_{Fe_2O_3}}{m} = \frac{n_{Fe_2O_3} M(Fe_2O_3)}{m}} = \frac{0,80 \times 10^{-6} \times 159,7}{0,0103} = \underline{1,2\,\%}$$

Le titre massique en oxyde de fer étant inférieur à 5 %, le pouvoir couvrant du vernis étudié n'est pas optimal.

Exercice 2 — Physique et raccordements routiers

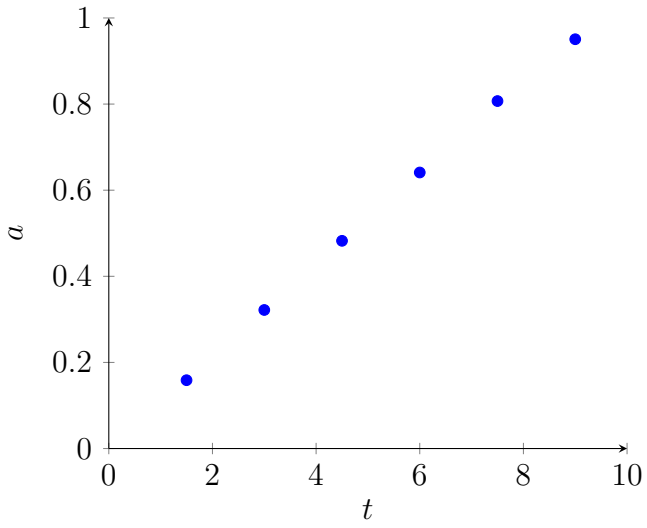
1. Mouvement sur l'arc de clothoïde (entre O et S)

Q1. D'après la figure 2, sur la portion OP, l'accélération du véhicule est nulle. Le mouvement est donc rectiligne uniforme.

Q2. L'accélération est la dérivée première de la vitesse. On obtient donc, par discrétisation, l'expression du i-ième terme de l'accélération permettant de compléter le programme python :

```
ax.append((vx[i+1] - vx[i])/dt
ay.append((vy[i+1] - vy[i])/dt
```

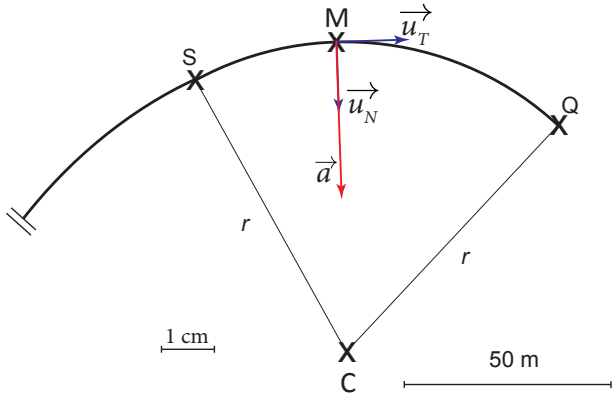
Q3. On souhaite vérifier que l'accélération augmente bien linéairement dans le temps sur la portion étudiée. Pour cela, la méthode la plus rapide est de tracer dans un repère la courbe $a = f(t)$:



On remarque alors bien que la courbe représentative de la fonction $a = f(t)$ est une droite passant par l'origine, ce qui signifie que l'augmentation de l'accélération est effectivement linéaire dans la clothoïde.

2. Mouvement sur l'arc de cercle (entre S et Q)

Q4. On trace, sur la trajectoire fournie, les vecteurs $\overrightarrow{u_N}$ et $\overrightarrow{u_T}$ du repère de Frenet :



Q5. La vitesse gardant une norme constante au cours du mouvement circulaire, il est alors possible d'affirmer que ce dernier est uniforme (ce qui est cohérent avec la figure 2). Dans ce cas, l'accélération est constante, et il est tout à fait possible de la relier à la vitesse par la relation qui est donnée [1].

Q6. On représente, à l'échelle, le vecteur accélération de norme $a = \frac{15{,}0^2}{75{,}0} = 3\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ sur le schéma de la question 4.

Q7. Les frottements de la route en virage sont une conséquence directe de l'accélération centrifuge, à laquelle ils s'opposent. Ils sont donc orientés en $+\overrightarrow{u_N}$.

La réaction de la route reste égale en norme au poids, qu'elle compense. La situation correcte est donc celle du **schéma 5**.

Q8. On cherche la vitesse limite à imposer au point O pour ne pas dépasser les valeurs critiques de frottements. Il faut donc considérer le cas le plus contraignant, à savoir une route mouillée, et on cherche donc la vitesse maximale permettant de vérifier $f < 7200\,\text{N}$.

Or, la réaction de la route compensant l'influence du poids de la voiture, la seule force ayant une incidence sur le mouvement est la force de frottement $\vec{f}$. Le mouvement étant toujours circulaire et uniforme, le théorème de la résultante dynamique appliqué à la voiture de masse constante dans le référentiel terrestre supposé galiléen permet d'écrire :

$$m\vec{a} = m\frac{v^2}{r}\overrightarrow{u_N} = f \implies f = m\frac{v^2}{r} \implies \boxed{v = +\sqrt{\frac{fr}{m}}}$$

D'où, dans le cas limite $f = 7200\mathbb{N}$, la vitesse critique :

$$v_c = \sqrt{\frac{7200 \times 75{,}0}{1200}} = \underline{21{,}2\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1} = 76{,}3\,\text{km}\cdot\text{h}^{-1}}$$

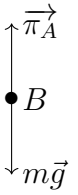
Pour ne pas prendre de risques inutiles, il est donc pertinent de limiter cette portion à $70\,\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

1. Il est également possible de démontrer avec davantage de rigueur calculatoire l'expression littérale qui nous est donnée, mais il est fort probable que cela sorte du programme du lycée...Nous nous contenterons donc d'invoquer les résultats du cours.

Exercice 3 — Traitement des eaux d'un bassin d'orage

1. Surveillance de la qualité de l'eau

Q1. À l'équilibre, les forces s'exerçant sur la bouée B supposée ponctuelle sont son poids et la poussée d'Archimède. On les représente sur un schéma annoté :



Q2. À l'équilibre, le principe fondamental de la statique permet d'écrire :

$$m\vec{g} + \overrightarrow{\pi_A} = \vec{0} \implies \overrightarrow{\pi_A} = -m\vec{g}$$

Et par projection verticale immédiate :

$$\pi_A = mg \implies \rho_{\text{eau}} V_{\text{imm}} g = mg \implies \boxed{V_{\text{imm}} = \frac{m}{\rho_{\text{eau}}}}$$

D'où,

$$V_{\text{imm}} = \frac{1,0}{1,00 \times 10^3} = \underline{1,0 \times 10^{-3}\,\text{m}^3}$$

Q3. La proportion de bouée immergée est alors :

$$\boxed{\%_{\text{imm}} = \frac{V_{\text{imm}}}{V_{\text{bouée}}}} = \frac{1,0 \times 10^{-3}}{6,7 \times 10^{-3}} = \underline{15\,\%}$$

C'est une valeur qui fait sens, car on comprend aisément que le capteur, qui doit être immergé, représente un faible volume par rapport au flotteur, volontairement bien plus imposant.

2. Traitement de l'eau

Q4. On souhaite retrouver l'expression du débit volumique par analyse dimensionnelle.
Ce dernier est un volume par unité de temps. On a donc :

$$[D_V] = L^3 T^{-1}$$

Or, parmi les expressions proposées, on a :

$$\left[\frac{v}{S}\right] = \frac{LT^{-1}}{L^2} = L^{-1}T^{-1}\ ;\ [Sv] = L^2 \cdot LT^{-1} = L^3T^{-1}\ ;\ [v^2 S] = L^4T^{-2}$$

Il vient donc, par analyse dimensionnelle :

$$\boxed{D_V = Sv}$$

Q5. Au point A, on a :

$$\boxed{D_V = v_A S_A = v_A \cdot \pi \left(\frac{d_A}{2}\right)^2} = 5,6 \times 3,142 \times \left(\frac{55 \times 10^{-3}}{2}\right)^2 = \underline{1,3 \times 10^{-2}\,\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

Q6. Par conservation de matière (donc du débit volumique), il vient :

$$D_V = v_A S_A = v_B S_B \implies \boxed{v_B = \frac{4D_V}{\pi d_B^2}}$$

D'où,

$$v_B = \frac{4 \times 1,3 \times 10^{-2}}{3,142 \times (33 \times 10^{-3})^2} = \underline{16\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}}$$

Q7. Le phénomène physique observé au point B, conséquence immédiate de la diminution soudaine de section, est l'effet Venturi. Il provoque bien une aspiration du fluide.

Q8. L'écoulement étant incompressible et stationnaire, on peut appliqué le théorème de Bernoulli :

$$p_A + \frac{1}{2}\rho v_A^2 + \rho g z_A = p_B + \frac{1}{2}\rho v_B^2 + \rho g z_B$$

Or, on a $z_A = z_B$, et il vient alors :

$$p_A + \frac{1}{2}\rho v_A^2 = p_B + \frac{1}{2}\rho v_B^2 \implies \boxed{\Delta p = p_B - p_A = \frac{1}{2}\rho(v_A^2 - v_B^2)}$$

Q9. On calcule alors le delta de pression :

$$\Delta p = \frac{1}{2} \times 1,00 \times 10^3 \times (5,6^2 - 16^2) = \underline{-1,12 \times 10^5\,\mathrm{Pa}}$$

Cette différence importante traduit bien la forte baisse de pression au point B expliquée par l'effet Venturi provoquant une aspiration.

Q10. Dans le volume du bassin d'orage, on souhaite apporter une oxygénation de $\Delta c = 6 - 4 = 2\,\mathrm{mg \cdot L^{-1}}$. Ce qui correspond à une masse de dioxygène à apporter [2] :

$$\boxed{m = \Delta c V_{\text{eau}}} = 2 \times 10^{-3} \times 172 \times 10^3 = \underline{344\,\mathrm{g}}$$

Q11. L'aérateur permettant l'assimilation de 6 mg par litre d'eau, il faudra alors, pour assimiler la masse $m = 344\,\mathrm{g}$, brasser :

$$V = \frac{344}{6 \times 10^{-3}} = \underline{5,7 \times 10^4\,\mathrm{L} = 57\,\mathrm{m^3}}$$

Q12. La quantité horaire d'eau brassée étant conditionnée par le débit volumique dans la canalisation, il vient :

$$\boxed{\Delta t = \frac{V}{D_V}} = \frac{57}{1,3 \times 10^{-2}} = \underline{4384\,\mathrm{s} = 1,21\,\mathrm{heure}}$$

L'oxygénation pourra donc bien être faite en moins de deux heures.

* *
*

Proposé par T. Prévost (thomas.prevost@protonmail.com),
pour https://www.sujetdebac.fr/
Sources LaTeX compilées le 24 mai 2025.

2. en exprimant bien le volume en litres

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.