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 de remplacement 2022 – Métropole

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité n° 1

—

Proposition de corrigé

Ce corrigé est composé de 10 pages.

Exercice Commun — L'acide méthanoïque

1. Propriétés acido-basiques de l'acide méthanoïque

Q1. On titre l'acide méthanoïque par de la soude. L'équation support du titrage est donc la suivante :

$$HCOOH + HO^- \longrightarrow HCOO^- + H_2O$$

Q2. On souhaite calculer la concentration en acide méthanoïque dans la solution S titrée. Pour cela, on va exploiter la courbe de suivi pH-métrique.

À l'équivalence, on a :

$$\frac{n(HCOOH)}{1} = \frac{n(HO^-)}{1}$$

Ou, en concentrations :

$$[HCOOH]V = [HO^-]V_E \implies \boxed{[HCOOH] = \frac{[OH^-]V_E}{V}}$$

Or, par lecture graphique, on trouve $V_E = 11\,\text{mL}$ D'où, $[HCOOH] = \frac{0{,}20\times 11}{25{,}0} \underline{= 0{,}09\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}}$.

Q3. La solution commerciale ayant été diluée 250 fois pour obtenir la solution S, elle présentera donc une concentration en acide méthanoïque $C = 250[HCOOH]_S = 250 \times 0{,}09 \underline{= 22{,}5\,\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}}$.

Q4. La réaction ayant comme constante thermodynamique la constante d'acidité du couple acide méthanoïque / ion méthanoate est la suivante :

$$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$$

De constante d'équilibre

$$K^\circ = \frac{[HCOO^-][H^+]}{[HCOOH]} = K_A$$

Q5. En particulier, pour $[HCOO^-] = [HCOOH]$, il vient $K_A = [H_3O^+] \implies \text{pKa} = -\log((\,)\,K_A) = \text{pH}$.

Il suffit donc, pour déterminer la constante d'acidité du couple, de lire le pH à $V = 5{,}5\,\text{mL}$ sur la courbe de titrage (on remarque au passage que ce point correspond à la demi-équivalence).

Graphiquement, on lit en ce point $pH = 3{,}7$. D'où,

$$K_A = 10^{-3{,}7} \underline{= 1{,}99 \times 10^{-4}}$$

Q6. On remarque que la valeur calculée est légèrement supérieure à la valeur tabulée. Cet écart s'explique d'abord par le fait que la température du milieu réactionnel a une incidence non négligeable sur l'équilibre, mais aussi par le fait que la détermination a été faite expérimentalement et par lecture graphique. Ce qui a une incidence sur la prise de mesure, il aurait alors fallu, pour déterminer une valeur avec précision, mener un calcul d'incertitude (on s'attend à ce que la valeur tabulée entre dans l'intervalle de confiance).

Q7. On étudie la réaction :

$$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$$

Pour une concentration initiale c_A en acide en milieu aqueux, on aura, à l'équilibre, un avancement x_e, et donc :

$$[HCOOH] = c_A - x_e; [HCOO^-] = x_e = [H_3O^+]$$

On a donc le quotient réactionnel défini à partir des activités des réactifs et produits :

$$Q_r = \frac{{x_e}^2}{(c^\circ)^2} \times \frac{c^\circ}{c_A - x_e} = \frac{{x_e}^2}{(c_A - x_e) \cdot c^\circ}$$

Et en notant $x_e = [H_3O^+]$ (grandeur mesurable avec le pH-mètre), il vient finalement :

$$\boxed{Q_r = \frac{[H_3O^+]^2}{(c_A - [H_3O^+]) \cdot c^\circ}}$$

Q8. En notant τ_f le taux d'avancement final, on a la relation :

$$\tau_f = \frac{[H_3O^+]}{c_A} \implies [H_3O^+] = \tau_f c_A$$

On injecte donc dans l'expression du quotient de réaction à l'équilibre :

$$Q_r = K_A = \frac{{\tau_f}^2 \cdot {c_A}^2}{(c_A - \tau_f \cdot c_A) \cdot c^\circ} = \frac{{\tau_f}^2 \cdot {c_A}^2}{c_A(1 - \tau_f \cdot) \cdot c^\circ}$$

Alors finalement, on a bien :

$$\boxed{K_A = \frac{{\tau_f}^2 \cdot c_A}{(1 - \tau_f) \cdot c^\circ}}$$

Q9. On cherche comment compléter le script Python afin de pouvoir l'exécuter. Pour cela, on manipule un peu l'expression précédemment obtenue :

$$\begin{aligned} K_A = \frac{{\tau_f}^2 \cdot c_A}{(1 - \tau_f) \cdot c^\circ} &\implies K_A(1 - \tau_f) \cdot c^\circ = {\tau_f}^2 \cdot c_A \\ &\implies {\tau_f}^2 \cdot c_A = K_A c^\circ - K_A c^\circ \tau_f \\ &\implies c_A {\tau_f}^2 + K_A c^\circ \tau_f - K_A c^\circ = 0 \end{aligned}$$

Ce qui permet finalement de compléter le script Python :

```
A = cA
B = KA*c0
C = - KA*c0
```

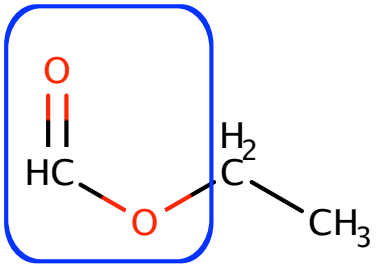
Q10. En exploitant les résultats du script Python, et en prenant le temps de se rappeler que $\tau_f > 0$, on a :

$$\tau_f = \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = 0,044 \implies [HCOOH] \gg [HCOO^-]$$

La transformation étant très peu avancée, l'acide méthanoïque est donc un acide faible dans l'eau dans les conditions de l'expérience.

2. Synthèse de méthanoate d'éthyle

Q11. On détaille la formule semi-développée du méthanoate d'éthyle, et on indique son groupe caractéristique correspondant à une fonction ester :



Q12. On cherche à attribuer les spectres IR à l'acide méthanoïque et au méthanoate d'éthyle. Pour cela, on remarque sur le spectre n° 2 une large bande d'absorption vers $2500 - 3200\,\text{cm}^{-1}$, correspondant à la liaison $-$OH acide, bande qui n'est pas présente sur le spectre n° 1.

On peut donc associer le spectre n° 1 au méthanoate d'éthyle, et le spectre n° 2 à l'acide méthanoïque sans trop de difficulté.

Q13. Le montage à reflux a l'avantage de favoriser la réaction en augmentant drastiquement la température du milieu, en empêchant de perdre des réactifs ou des produits par évaporation.

Q14. On souhaite calculer le rendement de la synthèse défini, à partir de la quantité de matière n_{th} de méthanoate d'éthyle théoriquement obtenu et de la quantité n_{xp} réellement obtenue par :

$$\eta = \frac{n_{xp}}{n_{th}}$$

Sachant que la synthèse étudiée présente un rapport molaire de 1 pour 1 entre l'acide méthanoïque et le méthanoate d'éthyle, il vient à l'état final, dans l'hypothèse d'une réaction totale, $n_{th} = n_0$ quantité de matière initiale d'acide.

Et de la même manière, dans la synthèse réelle, pour une quantité de matière finale d'acide $n_f \neq 0$, on a $n_{xp} = n_0 - n_f$.

Alors finalement, on a le rendement de cette synthèse :

$$\boxed{\eta = \frac{n_0 - n_f}{n_0} = 1 - \frac{n_f M(\text{HCOOH})}{m_0}}$$

D'où, $\eta = 1 - \frac{0{,}13\times 46{,}0}{11{,}5} = \underline{48\,\%}$. Ce rendement est particulièrement faible, il est donc pertinent de modifier certaines conditions expérimentales afin de l'améliorer.

Q15. En passant de la voie n° 1 à la voie n° 2, on garde le montage à reflux mais on double la quantité de matière initiale en éthanol. Par cette augmentation, on déplace l'équilibre chimique dans le sens de la formation de l'ester en augmentant la concentration en l'un des produits.

Mais en passant à la voie n° 3, on remplace le montage à reflux par un montage de distillation fractionnée. Ainsi, on extrait le produit de réaction au fur et à mesure de sa formation (la température indiquée en tête de colonne est celle d'ébullition du méthanoate d'éthyle), ceci ayant pour conséquence un déplacement d'équilibre dans le sens de la formation d'ester. Cette méthode a également l'avantage de permettre de repérer l'approche de l'état final lors de l'augmentation de la température en tête de colonne [1].

1. l'évaporation d'un corps pur implique une température constante, *cf* cours de thermodynamique

Exercice A — Observer les anneaux de saturne

1. Modélisation optique de la lunette astronomique commerciale

Q1. Voir schéma en annexe (page 10).

Q2. On constate, sur le modèle présenté, la coïncidence entre le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire. Ainsi, une source située à l'infini en entrée du système aura une image à l'infini en sortie du système, le système est donc afocal.

Ce système a l'avantage de permettre à l'utilisateur de voir net sans accommoder.

Q3. Voir schéma en annexe (page 10).

Q4. Le grossissement est défini comme étant la grandeur :

$$\boxed{G = \frac{\theta'}{\theta}}$$

Q5. On cherche à exprimer le grossissement en fonction de f_1' et f_2'. Pour cela, grâce au schéma précédemment complété, on écrit les relations trigonométriques suivantes :

$$\begin{cases} \tan\theta = \frac{d}{f_1'} \\ \tan\theta' = \frac{d}{f_2'} \end{cases}$$

Or, on se place aux petits angles. Alors on a :

$$\begin{cases} \tan\theta \sim \theta \\ \tan\theta' \sim \theta' \end{cases}$$

On injecte donc dans les relations précédemment établies, ce qui donne :

$$\begin{cases} \theta = \frac{d}{f_1'} \\ \theta' = \frac{d}{f_2'} \end{cases}$$

Et en injectant dans l'expression du grossissement :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{\frac{d}{f_2'}}{\frac{d}{f_1'}} = \frac{d}{f_2'} \times \frac{f_1'}{d}$$

Et finalement, on retrouve bien :

$$\boxed{G = \frac{f_1'}{f_2'}}$$

Q6. On cherche la valeur de f_2' à prendre pour avoir un grossissement donné en connaissant f_1'. Or,

$$G = \frac{f_1'}{f_2'} \implies \boxed{f_2' = \frac{f_1'}{G}}$$

D'où, $f_2' = 700/78 = 8,97\,\text{mm}$.

Il faut donc choisir une lentille avec une distance focale $\underline{f_2' = 8,97\,\text{mm}}$ pour respecter la condition sur le grossissement.

2. Observation des anneaux de Saturne

Q7. Lors d'une observation à l'œil nu de Saturne, on a, entre l'extrémité des anneaux et le centre de la planète, $\Delta d = d_{max} + R_S$. Elle nous apparaît donc sous l'angle :

$$\theta \sim \tan\theta = \frac{\Delta d}{D} = \frac{7,7 \times 10^4 + 5,8 \times 10^4}{1,5 \times 10^9} \underline{= 9,0 \times 10^{-5}\,\text{rad}}$$

On remarque alors que $\theta < \varepsilon$, l'observateur verra Saturne comme un point.

Q8. On cherche, en observant au travers de la lunette astronomique étudiée, la distance minimale δd entre deux points de Saturne que l'observateur pourra distinguer, afin de déterminer le niveau d'observation atteint.

On a le grossissement :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} \implies \theta' = G\theta$$

On a alors, pour une distance δd entre deux points de Saturne, l'angle perçu par l'observateur au-travers de l'oculaire :

$$\theta' = G\theta = G\frac{\delta d}{D}$$

Il vient donc :

$$\boxed{\delta d = \frac{\theta' D}{G}}$$

Et en prenant $\theta' = \varepsilon$ pouvoir séparateur de l'œil humain emmétrope, on a :

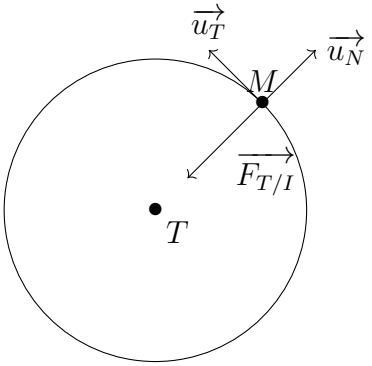
$$\delta d = \frac{2,9 \times 10^{-4} \times 1,5 \times 10^9}{78} = 5,6 \times 10^3\,\text{km}$$

À partir des données, on remarque que l'observateur pourra distinguer clairement Saturne et ses anneaux ($d_{min} > \delta d$), mais ne pourra pas distinguer la division de Cassini ($d_{cas} < \delta d$). Le niveau d'observation atteint est donc finalement le <u>niveau 3</u>.

Exercice B — Vitesse de la Station Spatiale Internationale

1. Détermination de la vitesse à l'aide d'une loi de la mécanique

Q1. On représente, sur un même schéma, la Terre et l'ISS (munie d'un repère de Frenet) sans souci d'échelle :



Q2. Dans ce repère, l'ISS est soumise à la force :

$$\boxed{\overrightarrow{F_{T/I}} = -G\frac{M_T m}{R^2}\overrightarrow{u_N}}$$

Q3. On applique à l'ISS en mouvement circulaire uniforme autour de la Terre dans le référentiel géocentrique supposé galiléen la loi de quantité de mouvement, en remarquant que la force précédemment calculée est la seule à prendre en compte :

$$m\vec{a} = \overrightarrow{F_{T/S}} = -G\frac{M_T m}{R^2}\overrightarrow{u_N}$$

D'où, en simplifiant par la masse m supposée constante et en projetant sur $\overrightarrow{u_N}$:

$$a = a_N = -G\frac{M_T}{R^2}$$

Or, dans le cadre d'un mouvement circulaire uniforme, on sait que la mécanique du point nous donne la relation :

$$a = -\frac{v^2}{R} \implies v = \sqrt{-aR}$$

Et finalement, on a bien :

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{GM_T}{R}}}$$

Q4. On a donc

$$v = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{(6371 + 419) \times 10^3}} = 7,66 \times 10^3 \,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

L'ISS a donc une vitesse moyenne $\underline{v = 7,66 \times 10^3 \,\mathrm{m \cdot s^{-1}}}$.

2. Estimation de la vitesse de l'ISS à partir d'une chronophotographie

Q5. On cherche désormais à estimer la vitesse de l'ISS à partir d'une chronophotographie. Pour cela, nous savons que les clichés de la chronophotographie sont séparés de $\Delta t = 0,11\,\mathrm{s}$.

Il est donc nécessaire, connaissant le temps, de déterminer la distance parcourue entre M_0 et M_5. On sait, grâce au cliché reproduit en figure 2, que l'ombre de l'ISS parcourt au total une distance $\Delta d_S = 1,8D$ (D le diamètre du soleil).

Il reste maintenant à déterminer la distance M_0M_5 réellement parcourue par l'ISS. Il suffit pour cela d'utiliser le théorème de Thalès dans le triangle OS_0S_5 entre les droites M_0M_5 et S_0S_5. Ce dernier donne l'égalité :

$$\frac{M_0M_5}{S_0S_5} = \frac{OM_5}{OS_5}$$

Or, ici, les grandeurs OM_5 et OS_5 sont inconnues. Cependant, au vu de l'échelle du système étudié, on peut en toute sobriété proposer l'approximation [2] $OM_5 \approx h$ et $OS_5 \approx d_{TS}$. L'égalité devenant alors :

$$\frac{\Delta d_M}{1,8D} = \frac{h}{d_{TS}} \implies \boxed{\Delta d_M = 1,8\frac{Dh}{d_{TS}}}$$

D'où,

$$\Delta d_M = 1,8 \times \frac{1,39 \times 10^6 \times 419}{153 \times 10^6} = 6,85\,\text{km}$$

L'ISS a donc parcouru, en $\Delta T = 5\Delta t = 0,55\,\text{s}$, une distance $\Delta d_M = 6,85\,\text{km}$.
Sa vitesse, lors de son observation, est donc :

$$\boxed{v = \frac{\Delta d_M}{5\Delta t}} = \frac{6,85 \times 10^3}{0,55} \underline{= 12,45 \times 10^3\,\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Cette valeur est supérieure à la valeur calculée précédemment, ce qui s'explique par le fait que l'orbite de l'ISS n'est pas rigoureusement constante, donc sa vitesse ne l'est pas non plus, mais aussi par le fait que la Terre a une vitesse de rotation qui, sur les distances ici manipulées, n'est pas négligeable.

2. on peut s'en convaincre en calculant l'angle $\alpha = \widehat{S_0OS_5}$ et en montrant dans un triangle rectangle que $OM_5 = \cos(\alpha/2)h \sim h$ car $\alpha/2 \ll 1$

Exercice C — Contrôle de la largeur d'un fil de suture

1. Principe physique utilisé par un appareil de contrôle

Q1. Qualitativement, plus le diamètre du fil est grand, plus l'angle θ est faible.

Q2. Dans le tiangle rectangle formé entre le fil, le milieu de l'écran et l'extrémité de la principale tache de diffraction, il vient :

$$\tan\theta = \frac{L}{2D}$$

Or, on se place aux petits angles, donc $\tan\theta \sim \theta$. Alors finalement :

$$\boxed{\theta = \frac{L}{2D}}$$

Q3. La largeur de la tache centrale de diffraction est donnée par :

$$\boxed{L = 2\frac{\lambda D}{a}}$$

Q4. On remarque que la représentation graphique de $L = f(1/a)$ est linéaire. Ce qui signifie que L est proportionnelle à l'inverse de a, ce qui est cohérent avec la relation établie précédemment.

Q5. Graphiquement, on va déterminer le coefficient directeur de la droite. On a $L = k \times 1/a$ avec :

$$k = \frac{0,041}{25000} = 1,6 \times 10^{-6}$$

La modélisation donnée permet donc bien de rendre compte des résultats expérimentaux.

2. Mesure du diamètre d'un fil de suture vendu en pharmacie

Q6. Sur la photographie qui nous est donnée en figure 4, on mesure $3L/2 = 1,6\,\text{cm}$. D'où, $L = 1,1\,\text{cm}$. Or,

$$L = 1,6 \times 10^{-6} \times \frac{1}{a} \implies \boxed{a = \frac{1,6 \times 10^{-6}}{L}} = \frac{1,6 \times 10^{-6}}{1,1 \times 10^{-2}} = 0,14 \times 10^{-3}\,\text{m}$$

Le fil étudié a donc un diamètre $\underline{a = 0,14\,\text{mm}}$.

Q7. Dans les conditions de l'expérience, l'incertitude-type sur a a pour valeur :

$$u(a) = a \times \frac{u(L)}{L} = 0,14 \times 10^{-3} \times \frac{1 \times 10^{-3}}{1,1 \times 10^{-2}} = 1,3 \times 10^{-5}\,\text{m}$$

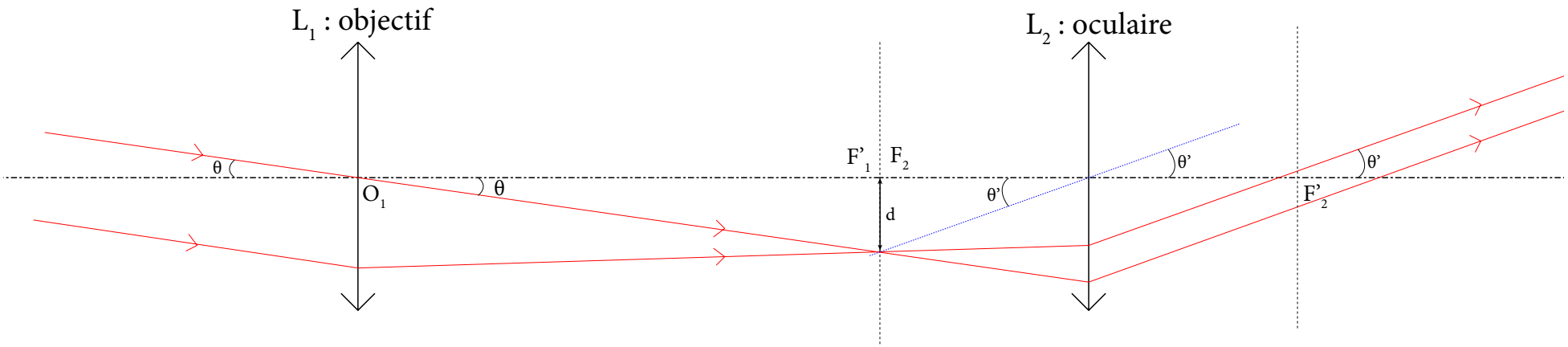
D'où, $\underline{a = 0,14 \pm 0,013\,\text{mm}}$. Or, l'étiquette du fil de suture indique 5/0, ce qui correspond à un diamètre $a_{ref} \in [0,100; 0,149]\,\text{mm}$.

Le fil étudié rentre donc *a priori* dans cette norme, il peut être considéré comme conforme.

* *
*

Proposé par T. Prévost (thomas.prevost@protonmail.com),
pour le site https://www.sujetdebac.fr/
Compilé le 1er novembre 2022.

Annexe 1 : Schéma pour l'exercice A



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.