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 • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Physique-chimie

Session 2022 • Asie • Jour 2

Code sujet **22 PYCJ2JA1** 3 heures 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice 1 — Télémètre à ultrasons
15 réponses • sujet p. 2–6

Exercice A — L’acide formique pour stocker le dihydrogène ?
9 réponses • sujet p. 7–9

Exercice B — Savon de Marseille
10 réponses • sujet p. 10–11

Exercice C — Dissolution d’une coquille d’œuf
11 réponses • sujet p. 12–14

Les numéros, parties et pages renvoient au sujet original. Chaque réponse rappelle la consigne, explique la démarche et donne le résultat.

Exercice 1

10 points

Télémètre à ultrasons

Partie A – Principe de la mesure de distance avec le télémètre

Question 1.

Sujet p. 2, 3

> Montrer que la relation liant la distance x à la durée Δt nécessaire à l'aller-retour de la salve d'ultrasons est x = v_s Δt / 2, où v_s est la vitesse de propagation des ultrasons dans l'air.

La salve parcourt la distance EP à l'aller et la distance PR au retour. D'après l'énoncé, chacune vaut x, donc la distance totale parcourue est $2x$. À vitesse de propagation v_s, cette distance vaut aussi $v_s \Delta t$. Ainsi, $2x = v_s \Delta t$, d'où :

RÉPONSE À RETENIR

$$x = \frac{v_s \Delta t}{2}.$$

Question 2.

Sujet p. 2, 3

> Identifier la ligne du programme Python (Document 1) permettant de passer de la durée mesurée à la distance x et préciser l'unité dans laquelle le programme calcule la valeur de x.

La ligne 12 applique la relation de la question 1 à la durée mesurée. Le facteur 10^{-6} convertit les microsecondes en secondes, et la division par 2 tient compte de l'aller-retour.

RÉPONSE À RETENIR

La ligne concernée est la ligne 12 : `x.append(v*t_telemetre[i]*1e-6 / 2)`. La position x est calculée en mètres, puisque la vitesse est exprimée en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ et la durée convertie en secondes.

Partie A – Calibrage du télémètre et précision des mesures

Question 3.

Sujet p. 3

> À l'aide de la relation (1), proposer un protocole expérimental permettant de déterminer la vitesse des ultrasons dans l'air à l'aide du télémètre.

On place un objet réfléchissant à une distance x mesurée avec soin, suffisamment grande devant l'écartement entre l'émetteur et le récepteur. On mesure avec le télémètre la durée Δt de l'aller-retour de la salve. En réarrangeant la relation $x = v_s \Delta t / 2$, on obtient $v_s = 2x / \Delta t$. On répète les mesures, éventuellement pour plusieurs distances, puis on calcule la moyenne des valeurs obtenues.

RÉPONSE À RETENIR

Le calibrage consiste à mesurer une distance connue x, à relever la durée d'aller-retour correspondante Δt, puis à calculer $v_s = \dfrac{2x}{\Delta t}$. Des répétitions permettent d'obtenir une estimation plus fiable.

Question 4.

Sujet p. 3, 4

> Calculer la valeur moyenne de la série de mesures (349, 352, 348, 347 et 351 m·s⁻¹). Montrer, en conservant un nombre adapté de chiffres significatifs, que le résultat de la mesure de la vitesse des ultrasons dans l'air peut s'écrire v_s = 349,4 ± 0,9 m·s⁻¹. L'écart-type donné pour la série est σ = 2,07 m·s⁻¹.

La moyenne des cinq mesures vaut :

$$\overline{v_s} = \frac{349 + 352 + 348 + 347 + 351}{5} = \frac{1747}{5} = 349{,}4 \ \mathrm{m \cdot s^{-1}}.$$

L'incertitude-type de la moyenne est $u(\overline{v_s}) = \sigma/\sqrt{n}$. Avec $\sigma = 2{,}07 \ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ et $n = 5$:

$$u(\overline{v_s}) = \frac{2{,}07}{\sqrt{5}} \simeq 0{,}926 \ \mathrm{m \cdot s^{-1}} \simeq 0{,}9 \ \mathrm{m \cdot s^{-1}}.$$

RÉPONSE À RETENIR

Avec un arrondi adapté, $v_s = (349{,}4 \pm 0{,}9) \ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Question 5.

Sujet p. 2, 4

> Dans le Document 1 présentant l'extrait du code Python, indiquer la ligne et la modification à faire pour tenir compte de la valeur moyenne de v_s établie à la question 4.

La valeur de la vitesse des ultrasons est fixée à la ligne 6 par l'instruction `v=340`. Il faut remplacer 340 par la valeur moyenne obtenue à la question 4.

RÉPONSE À RETENIR

À la ligne 6, remplacer `v=340` par `v=349.4` (en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$).

Question 6.

Sujet p. 4

> Au niveau du microcontrôleur, la durée de l'aller-retour d'une salve d'ultrasons est déterminée avec une incertitude u(Δt) = 10 µs. Lors d'une mesure de distance x, le télémètre mesure une durée Δt = 343 µs. Calculer la valeur de x déterminée par le télémètre à l'issue du calibrage précédent. Estimer la valeur de l'incertitude de mesure u(x) et écrire le résultat de la mesure avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

La page originale indique $\Delta t = 3438 \ \mu\mathrm{s}$, soit $3{,}438 \times 10^{-3}$ s. Avec la vitesse calibrée $v_s = 349{,}4 \ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$:

$$x = \frac{v_s \Delta t}{2} = \frac{349{,}4 \times 3438 \times 10^{-6}}{2} = 0{,}6006186 \ \mathrm{m}.$$

Pour la propagation des incertitudes du produit, le facteur $1/2$ étant exact :

$$u(x) = x\sqrt{\left(\frac{u(v_s)}{v_s}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2}$$

$$u(x) = 0{,}6006186\sqrt{\left(\frac{0{,}9}{349{,}4}\right)^2 + \left(\frac{10}{3438}\right)^2} \simeq 2{,}3 \times 10^{-3} \ \mathrm{m}.$$

RÉPONSE À RETENIR

En conservant un nombre de chiffres significatifs adapté, $x = (0{,}6006 \pm 0{,}0023) \ \mathrm{m}$, soit environ $(60{,}1 \pm 0{,}2) \ \mathrm{cm}$.

Partie B – Estimation de la valeur d'une force de frottement

Question 7.

Sujet p. 4, 5

> À l'aide de la description du mouvement, déterminer la direction et le sens du vecteur accélération a(t) du centre de masse du système {voiture}.

Le mouvement est rectiligne suivant l'axe (Ox). La figure 3 indique que le déplacement se fait vers la gauche, donc vers les x décroissants. Puisque le mouvement est accéléré, le vecteur accélération a le même sens que le déplacement.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le vecteur accélération est dirigé suivant l'axe (Ox), dans le sens des x décroissants.

Question 8.

Sujet p. 5

> Énoncer la deuxième loi de Newton.

Dans un référentiel galiléen, pour un système de masse constante, la deuxième loi de Newton relie la somme vectorielle des forces extérieures à l'accélération du centre de masse.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}.$

Question 9.

Sujet p. 5

> En déduire la direction et le sens de la résultante des forces $\vec{F}$.

Selon la deuxième loi de Newton, la résultante des forces extérieures est colinéaire au vecteur accélération et de même sens, car la masse est positive. D'après la question 7, l'accélération est dirigée suivant (Ox) vers les x décroissants.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La résultante $\vec{F}$ est dirigée suivant l'axe (Ox), dans le sens des x décroissants.

Étude mécanique

Question 10.

Sujet p. 5, 6

> L'étude est menée le long de l'axe (Ox). Montrer que l'équation horaire du mouvement du centre de masse du système s'écrit x(t) = −(1/2)(F/m)t² + x_0.

On projette la deuxième loi de Newton sur l'axe (Ox), orienté vers les x croissants. La résultante est dirigée vers les x décroissants : sa composante algébrique vaut donc $-F$, où F est sa valeur. Ainsi, $m\ddot{x} = -F$, soit $\ddot{x} = -F/m$. Comme F est constante, l'accélération est constante. La voiture est lâchée sans vitesse initiale à la position x_0, donc $\dot{x}(0) = 0$ et $x(0) = x_0$. Après intégration, $\dot{x}(t) = -(F/m)t$, puis :

RÉPONSE À RETENIR

$$x(t) = x_0 - \frac{F}{2m}t^2.$$

Question 11.

Sujet p. 4, 6

> Les relevés expérimentaux de x(t) sont modélisés par un polynôme d'équation x(t) = kt² + c, avec k = −1,84 m·s⁻² et c = 0,558 m. Indiquer si la valeur obtenue pour le coefficient c est cohérente avec les données du problème.

À $t = 0$, le modèle $x(t) = kt^2 + c$ donne $x(0) = c$. Il faut donc comparer c à la position initiale $x_0 = 56{,}0\ \text{cm} = 0{,}560\ \text{m}$. L'écart entre cette valeur et $c = 0{,}558\ \text{m}$ est de $0{,}002\ \text{m}$, soit 2 mm.

RÉPONSE À RETENIR

Oui, $c = 0{,}558\ \text{m}$ est cohérent avec la position initiale $x_0 = 0{,}560\ \text{m}$: l'écart de 2 mm est faible au regard d'un ajustement expérimental.

Question 12.

Sujet p. 5, 6

> À partir de la modélisation des points expérimentaux, montrer que la valeur f de la force de frottement est voisine de 0,27 N.

Dans le modèle $x(t) = kt^2 + c$, l'accélération suivant (Ox) est la dérivée seconde de x, soit $a_x = 2k$. Avec $k = -1{,}84\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, on obtient $a_x = -3{,}68\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. La valeur de la résultante est donc $F = m|a_x|$. En convertissant $m = 103\ \text{g} = 0{,}103\ \text{kg}$:

$$F = 0{,}103 \times 3{,}68 = 0{,}379\ \text{N}.$$

La relation (3), $F = mg\sin(\alpha) - f$, donne $f = mg\sin(\alpha) - F$. Ainsi :

$$f = 0{,}103 \times 9{,}81 \times \sin(40^\circ) - 0{,}379 \simeq 0{,}270\ \text{N}.$$

RÉPONSE À RETENIR

La valeur de la force de frottement est donc voisine de $0{,}27\ \text{N}$.

Étude énergétique

Question 13.

Sujet p. 6

> Énoncer le théorème de l'énergie cinétique entre les positions A et B.

Entre A et B, le théorème de l'énergie cinétique énonce que la variation de l'énergie cinétique du système est égale à la somme des travaux des forces qui s'exercent sur lui pendant le déplacement.

RÉPONSE À RETENIR

$$E_c(B) - E_c(A) = \sum_i W_{AB}(\vec{F}_i).$$

Question 14.

Sujet p. 5, 6

> Exprimer le travail W_AB(F⃗) de la résultante des forces F⃗ entre A et B en fonction de m, g, f, α et d = x_A − x_B.

La composante de la résultante suivant (Ox), orienté vers les x croissants, vaut $-F$, avec $F = mg\sin(\alpha) - f$. De A vers B, le déplacement a pour composante $x_B - x_A = -d$, puisque $d = x_A - x_B$. Le travail de la résultante est donc $(-F)(-d) = Fd$.

RÉPONSE À RETENIR

$$W_{AB}(\vec{F}) = \big(mg\sin(\alpha) - f\big)d.$$

Question 15.

Sujet p. 6

> Les positions sont x_A = x_0 = 56,0 cm et x_B = 35,0 cm. La vitesse du centre de masse au point B est V_B = 1,21 m·s⁻¹. Proposer une nouvelle estimation de la valeur de f.

La voiture part sans vitesse initiale, donc $E_c(A) = 0$, et $E_c(B) = \frac{1}{2}mV_B^2$. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique et le résultat de la question 14 :

$$\frac{1}{2}mV_B^2 = \big(mg\sin(\alpha) - f\big)d, \qquad f = mg\sin(\alpha) - \frac{mV_B^2}{2d}.$$

Les conversions donnent $d = x_A - x_B = 0{,}560 - 0{,}350 = 0{,}210\ \text{m}$ et $m = 0{,}103\ \text{kg}$. Avec $V_B = 1{,}21\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$:

$$f = 0{,}103 \times 9{,}81 \times \sin(40^\circ) - \frac{0{,}103 \times (1{,}21)^2}{2 \times 0{,}210} \simeq 0{,}291\ \text{N}.$$

RÉPONSE À RETENIR

L'estimation énergétique est $f \simeq 0{,}29\ \text{N}$.

Exercice A

5 points

L'acide formique pour stocker le dihydrogène ?

Partie A – Intérêt de l'acide formique pour le stockage du dihydrogène

Question 1.

Sujet p. 8

> La formule semi-développée de l'acide formique est donnée. Justifier que cet acide se nomme acide méthanoïque dans la nomenclature officielle.

La formule semi-développée de l'acide formique est H–C(=O)–OH : elle comporte le groupe carboxyle –COOH, caractéristique d'un acide carboxylique, et une chaîne carbonée constituée d'un seul atome de carbone. Le préfixe correspondant à un carbone est « méth- » ; le nom de l'acide carboxylique se termine par « -oïque ».

RÉPONSE À RETENIR

Son nom officiel est donc **acide méthanoïque**.

Question 2.

Sujet p. 7, 8

> Vérifier qu'un litre de dihydrogène à la pression P = 350 bar et à la température θ = 25 °C contient une masse m = 28 g de dihydrogène. On supposera que ce gaz obéit à l'équation des gaz parfaits dans ces conditions de température et de pression.

On applique la loi des gaz parfaits : $PV = nRT$, donc $n = PV/(RT)$. Les conversions sont $P = 350 \times 10^5 = 3{,}50 \times 10^7$ Pa, $V = 1{,}00\ \text{L} = 1{,}00 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$ et $T = 25 + 273{,}15 = 298{,}15\ \text{K}$.

Ainsi, $n = \frac{3{,}50\times10^{7}\times1{,}00\times10^{-3}}{8{,}314\times298{,}15} \simeq 14{,}1\ \text{mol}$. La masse de dihydrogène vaut $m = nM_2$, avec $M_2 = 2{,}0\ \text{g mol}^{-1}$, soit $m \simeq 14{,}1 \times 2{,}0 = 28{,}2\ \text{g}$.

RÉPONSE À RETENIR

À deux chiffres significatifs, un litre de dihydrogène à 350 bar et 25 °C contient bien environ **28 g de** H_2.

Question 3.

Sujet p. 7, 8

> Pour récupérer le dihydrogène à partir de l'acide formique, la transformation HCOOH(l) → H_2(g) + CO_2(g) est considérée comme totale. Vérifier qu'un litre d'acide formique permet de produire 53 g de dihydrogène, comme indiqué dans le Document 1.

La réaction $\text{HCOOH(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{(g)} + \text{CO}_2\text{(g)}$ est équilibrée et considérée comme totale : une mole d'acide formique produit une mole de dihydrogène. La masse d'un litre d'acide formique pur est, avec $\rho = 1{,}22\ \text{g mL}^{-1}$, $m = 1{,}22 \times 1000 = 1220\ \text{g}$. La quantité de matière d'acide formique vaut donc $n = 1220/46{,}0 \simeq 26{,}5\ \text{mol}$. La même quantité de matière de H_2 est produite, d'où $m(\text{H}_2) = 26{,}5 \times 2{,}0 \simeq 53{,}0\ \text{g}$.

RÉPONSE À RETENIR

Un litre d'acide formique pur peut produire environ **53 g de dihydrogène**, conformément au document 1.

Question 4.

Sujet p. 7, 8

> Citer deux avantages de l'acide formique pour le stockage du dihydrogène par rapport au stockage du gaz sous pression.

L'énoncé indique que l'acide formique est liquide et peu inflammable aux températures et pressions ambiantes, tandis que le dihydrogène est gazeux et hautement inflammable. Le document 1 précise aussi qu'un litre d'acide formique permet de récupérer plus de dihydrogène qu'un litre de dihydrogène stocké à 350 bar.

RÉPONSE À RETENIR

- L'acide formique se stocke sous forme liquide à pression ambiante : il n'est pas nécessaire de maintenir le dihydrogène sous une très forte pression.
- Il est peu inflammable, et permet de stocker, pour un même volume, davantage de dihydrogène récupérable : environ 53 g par litre contre environ 28 g pour le gaz à 350 bar.

Partie B – Contrôle de la teneur en acide formique d'une solution aqueuse d'acide formique

Question 5.

Sujet p. 8, 9

> Exprimer la conductivité σ de la solution en fonction des concentrations et des conductivités molaires ioniques des ions oxonium et des ions formiate.

D'après les hypothèses de l'énoncé, seuls les ions $\mathrm{H_3O^+}$ et $\mathrm{HCOO^-}$ contribuent significativement à la conductivité. Celle-ci est la somme des produits de la conductivité molaire ionique de chaque ion par sa concentration, exprimée en $\mathrm{mol\,m^{-3}}$.

RÉPONSE À RETENIR

$$\sigma = \lambda(\mathrm{H_3O^+})[\mathrm{H_3O^+}] + \lambda(\mathrm{HCOO^-})[\mathrm{HCOO^-}]$$

Question 6.

Sujet p. 8, 9

> En déduire une relation entre σ, λ(H₃O⁺), λ(HCOO⁻), V₁ et l'avancement x_f en fin de réaction pour la réaction 1 (x_f en mol).

Pour la réaction $\mathrm{HCOOH(aq) + H_2O \rightleftharpoons HCOO^-(aq) + H_3O^+(aq)}$, chaque ion produit a un coefficient stœchiométrique égal à 1. À l'avancement final x_f, il y a donc x_f mole de chacun de ces ions dans le volume V_1. En exprimant V_1 en $\mathrm{m^3}$, les concentrations sont $[\mathrm{H_3O^+}] = [\mathrm{HCOO^-}] = x_f/V_1$, en $\mathrm{mol\,m^{-3}}$.

RÉPONSE À RETENIR

En remplaçant ces concentrations dans l'expression de la conductivité, on obtient :

$$\sigma = \left(\lambda(\mathrm{H_3O^+}) + \lambda(\mathrm{HCOO^-})\right)\frac{x_f}{V_1}.$$

Question 7.

Sujet p. 8, 9

> La mesure de la conductivité de la solution S_1 donne σ = 144 mS·m⁻¹. Montrer que l'avancement en fin de réaction

a pour valeur x_f = 3,56 × 10⁻³ mol.

On utilise la relation obtenue à la question 6. En unités SI, $\sigma = 144\ \text{mS m}^{-1} = 0{,}144\ \text{S m}^{-1}$, $V_1 = 1{,}00\ \text{L} = 1{,}00 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$, et $\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) + \lambda(\text{HCOO}^-) = (35{,}0 + 5{,}46)\ \text{mS m}^2\ \text{mol}^{-1} = 0{,}04046\ \text{S m}^2\ \text{mol}^{-1}$.

On isole x_f :

$$x_f = \frac{\sigma V_1}{\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) + \lambda(\text{HCOO}^-)} = \frac{0{,}144 \times 1{,}00 \times 10^{-3}}{0{,}04046} \simeq 3{,}56 \times 10^{-3}\ \text{mol}.$$

RÉPONSE À RETENIR

L'avancement final vaut bien $x_f = 3{,}56 \times 10^{-3}\ \text{mol}$.

Question 8.

Sujet p. 8, 9

On admet que la constante d'équilibre K_A peut s'écrire, sous forme approchée, K_A = (x_f/V₁)² × 1/(c⁰ × C₁), avec x_f en mol. Déterminer la valeur de la concentration molaire C₁ de la solution S₁.

La relation fournie est $K_A = (x_f/V_1)^2/(c^0 C_1)$. On isole C_1 : $C_1 = (x_f/V_1)^2/(K_A c^0)$. Avec $x_f = 3{,}56 \times 10^{-3}\ \text{mol}$ et $V_1 = 1{,}00\ \text{L}$, on a $x_f/V_1 = 3{,}56 \times 10^{-3}\ \text{mol L}^{-1}$. En utilisant $K_A = 1{,}77 \times 10^{-4}$ et $c^0 = 1{,}00\ \text{mol L}^{-1}$:

$$C_1 = \frac{(3{,}56 \times 10^{-3})^2}{(1{,}77 \times 10^{-4})(1{,}00)} \simeq 7{,}16 \times 10^{-2}\ \text{mol L}^{-1}.$$

RÉPONSE À RETENIR

La concentration de la solution fille est $C_1 \simeq 7{,}16 \times 10^{-2}\ \text{mol L}^{-1}$, soit environ $0{,}072\ \text{mol L}^{-1}$.

Question 9.

Sujet p. 7, 8, 9

En déduire la concentration molaire C₀ de la solution S₀. Comparer qualitativement la concentration obtenue à la teneur en acide formique annoncée dans l'article du Document 2.

La solution S_1 est obtenue par dilution au centième de S_0. La conservation de la quantité de matière lors de la dilution donne $C_0 = 100 C_1$. Ainsi, $C_0 \simeq 100 \times 7{,}16 \times 10^{-2} = 7{,}16\ \text{mol L}^{-1}$.

Le document 2 annonce une concentration d'environ $7{,}0\ \text{mol L}^{-1}$. La valeur calculée est proche de cette valeur annoncée ; la comparaison est donc cohérente.

RÉPONSE À RETENIR

La concentration de la solution initiale est $C_0 \simeq 7{,}2\ \text{mol L}^{-1}$, en accord avec la valeur d'environ $7{,}0\ \text{mol L}^{-1}$ annoncée dans le document 2.

Exercice B

5 points

Savon de Marseille

Analyse qualitative du protocole

Question 1.

Sujet p. 10

> En analysant la formule chimique de l'oléine, justifier que l'oléine est un triester.

Dans la formule de l'oléine représentée, on repère trois liaisons ester de type $-\mathrm{O}-\mathrm{C}(=\mathrm{O})-$. Elles relient les trois groupes issus du glycérol aux trois chaînes d'acide oléique. Une molécule qui possède trois fonctions ester est un triester.

RÉPONSE À RETENIR

L'oléine est un triester du glycérol, car sa formule comporte trois fonctions ester.

Question 2.

Sujet p. 10

> Citer deux règles de sécurité relatives à l'utilisation de la soude concentrée.

La soude concentrée est corrosive et peut provoquer des brûlures ; elle peut aussi irriter gravement le nez et la gorge. Les règles de sécurité doivent donc empêcher les projections et le contact avec la peau ou les yeux.

RÉPONSE À RETENIR

- Porter une blouse, des lunettes de protection et des gants adaptés.
- Manipuler la soude avec précaution, sans contact avec la peau ni les yeux ; en cas de contact, rincer immédiatement et abondamment à l'eau.

Question 3.

Sujet p. 10

> Proposer une hypothèse sur le rôle de l'éthanol.

Le tableau indique que l'oléine et l'hydroxyde de sodium sont fortement solubles dans l'éthanol. L'éthanol peut donc jouer le rôle de solvant ou de cosolvant et faciliter la mise en contact des réactifs dans le mélange.

RÉPONSE À RETENIR

On peut supposer que l'éthanol favorise le mélange de l'oléine et de la soude et facilite ainsi leur contact au cours de la réaction.

Question 4.

Sujet p. 10

> Donner un argument permettant d'expliquer que l'ion oléate prédomine par rapport à l'acide oléique.

Le couple acide oléique/ion oléate a pour $pK_A = 4{,}8$. En milieu basique, les ions hydroxyde captent les protons de l'acide oléique : $\mathrm{C_{17}H_{33}COOH} + \mathrm{HO^-} \rightarrow \mathrm{C_{17}H_{33}COO^-} + \mathrm{H_2O}$. Cette transformation est favorisée, car le couple $\mathrm{H_2O/HO^-}$ a un pK_A bien supérieur à 4,8. La soude étant présente en excès, le

milieu favorise donc la forme déprotonée.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'ion oléate prédomine par rapport à l'acide oléique, car la soude en excès rend le milieu basique et favorise la déprotonation de l'acide oléique.

Question 5.

Sujet p. 10

> Préciser le rôle du chauffage.

Une élévation de la température augmente la vitesse de la réaction de saponification. Le chauffage à reflux permet de chauffer le mélange tout en limitant les pertes de matière : les vapeurs se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le ballon.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le chauffage à reflux accélère la saponification sans entraîner de pertes importantes par évaporation.

Question 6.

Sujet p. 10, 11

> Expliquer pourquoi on utilise de l'eau salée et non de l'eau douce dans la phase de relargage.

Selon le tableau de solubilité, l'oléate de sodium est peu soluble dans l'eau salée, alors qu'il est davantage soluble dans l'eau douce. Le glycérol et la soude, eux, sont très solubles dans l'eau salée. L'ajout d'eau salée favorise donc la séparation du savon solide de la phase aqueuse.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'eau salée est utilisée pour le relargage : elle diminue la solubilité du savon et permet de le récupérer par filtration, tandis que le glycérol et la soude restent dans la phase aqueuse.

Rendement de la synthèse

Question 7.

Sujet p. 10, 11

> Montrer que l'oléine est le réactif limitant.

L'équation de réaction montre qu'une mole d'oléine consomme trois moles d'hydroxyde de sodium. Calculons les quantités initiales.

Pour l'oléine, $m = \rho V = 0{,}90 \times 10 = 9{,}0\,\text{g}$, puis $n(\text{oléine}) = \frac{m}{M} = \frac{9{,}0}{884} = 1{,}02 \times 10^{-2}\,\text{mol}$.

Pour la soude, $n(\text{HO}^-) = cV = 10 \times 0{,}010 = 0{,}100\,\text{mol}$. La quantité nécessaire pour consommer toute l'oléine vaut $3n(\text{oléine}) = 3 \times \frac{9{,}0}{884} = 3{,}05 \times 10^{-2}\,\text{mol}$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La quantité de soude disponible, $0{,}100\,\text{mol}$, est supérieure à la quantité nécessaire, $3{,}05 \times 10^{-2}\,\text{mol}$. La soude est en excès ; l'oléine est donc le réactif limitant.

Question 8.

Sujet p. 10, 11

> Justifier l'importance d'éliminer le réactif en excès par le lavage. Préciser quelle autre espèce chimique est également éliminée.

La soude est le réactif en excès. Comme elle est corrosive, ses traces doivent être éliminées du savon. Le tableau de solubilité indique aussi que le glycérol est très soluble dans l'eau, contrairement au savon, qui est peu soluble dans l'eau salée.

RÉPONSE À RETENIR

Le lavage élimine la soude en excès, dont la présence dans le savon serait indésirable et dangereuse. Il élimine également le glycérol, qui se dissout dans l'eau de lavage.

Question 9.

Sujet p. 10, 11

> Calculer le rendement de la synthèse sachant que l'on a obtenu une masse de savon m_exp = 7,3 g.

La réaction produit trois moles d'oléate de sodium par mole d'oléine. L'oléine étant limitante, la quantité théorique de savon est :

$n_{\text{th}}(\text{savon}) = 3 \times \frac{9{,}0}{884} = 3{,}05 \times 10^{-2}\,\text{mol}.$

Avec $M(\text{oléate de sodium}) = 304\,\text{g mol}^{-1}$, on obtient $m_{\text{th}} = n_{\text{th}} M \simeq 3{,}05 \times 10^{-2} \times 304 = 9{,}28\,\text{g}$. Le rendement vaut alors $\eta = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{th}}} \times 100 = \frac{7{,}3}{9{,}28} \times 100 \simeq 78{,}7\,\%$.

RÉPONSE À RETENIR

La masse théorique de savon est d'environ $9{,}28\,\text{g}$. Le rendement de la synthèse est donc d'environ $79\,\%$ ($78{,}7\,\%$ avant arrondi).

Question 10.

Sujet p. 11

> Proposer une hypothèse susceptible d'expliquer que le rendement ne soit pas de 100 %.

La masse expérimentale peut être inférieure à la masse théorique si une partie du savon formé est perdue au cours des manipulations, par exemple lors des transferts, de la filtration ou du lavage.

RÉPONSE À RETENIR

Une partie du savon a pu être perdue lors de la filtration ou des transferts, ce qui peut expliquer un rendement inférieur à $100\,\%$.

Exercice C

5 points

Dissolution d'une coquille d'œuf

A – Vérification du degré d'un vinaigre blanc

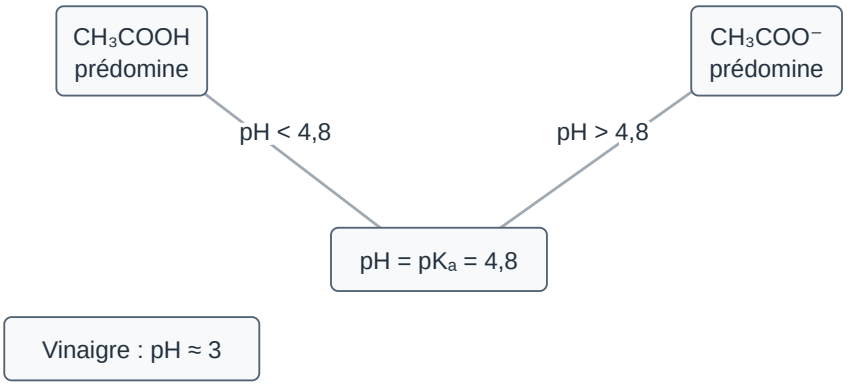
Question 1.

Sujet p. 12

> Tracer le diagramme de prédominance du couple acide éthanoïque / ion éthanoate. Indiquer quelle espèce prédomine dans la solution de vinaigre. Le pH du vinaigre est d'environ 3 et le pK_A du couple vaut 4,8.

Pour un couple acide/base, l'acide prédomine si le pH est inférieur au pK_A, tandis que la base conjuguée prédomine si le pH est supérieur au pK_A. La frontière est pH = pK_A = 4,8. Or le vinaigre a un pH d'environ 3, donc inférieur à 4,8.

Diagramme de prédominance du couple CH_3COOH / CH_3COO^-



À pH = pK_a, les deux formes sont en proportions égales ; de part et d'autre, l'espèce indiquée prédomine.

RÉPONSE À RETENIR

Le diagramme de prédominance est représenté ci-dessous. Dans le vinaigre, l'acide éthanoïque CH_3COOH prédomine.

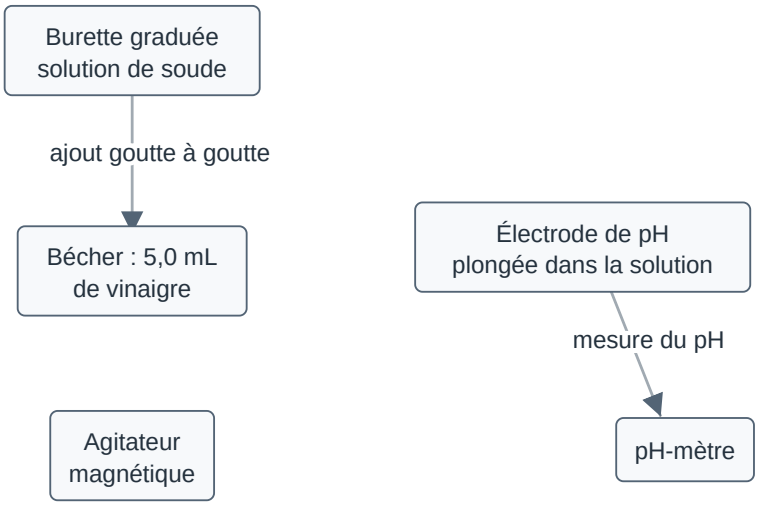
Question 2.

Sujet p. 12

> Faire un schéma annoté du montage expérimental nécessaire à la mise en œuvre du titrage avec suivi pH-métrique d'un volume de vinaigre V_vinaigre = 5,0 mL par une solution de soude de concentration c_b = 5,0 × 10^{-1} mol·L^{-1}.

On prélève 5,0 mL de vinaigre avec une pipette jaugée et on les verse dans un bécher. Une burette graduée contenant la solution de soude est placée au-dessus du bécher pour ajouter progressivement le titrant. On plonge dans le bécher une électrode reliée au pH-mètre et on agite la solution, par exemple avec un agitateur magnétique. On relève le pH en fonction du volume de soude versé.

Montage du titrage pH-métrique



Le bécher est placé sur l'agitateur ; l'électrode est reliée au pH-mètre.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le montage annoté comporte une burette graduée de soude au-dessus d'un bécher contenant les 5,0 mL de vinaigre, une électrode reliée au pH-mètre plongée dans la solution et un système d'agitation.

Question 3.

Sujet p. 12

> Écrire la réaction support du titrage qui a lieu entre la solution de soude et le vinaigre.

La réaction support met en jeu l'acide éthanoïque et l'ion hydroxyde apporté par la soude. L'ion sodium Na^+ est spectateur et ne figure pas dans l'équation ionique de la réaction.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $CH_3COOH(aq) + HO^-(aq) \rightarrow CH_3COO^-(aq) + H_2O(\ell)$.

Question 4.

Sujet p. 12

> Déterminer la concentration en mol·L⁻¹ de l'acide éthanoïque, notée c_a, présent dans ce vinaigre. Le volume relevé à l'équivalence est V_éq = 13,4 mL.

Les coefficients stœchiométriques de l'acide éthanoïque et de l'ion hydroxyde sont égaux à 1. À l'équivalence, leurs quantités de matière sont égales :

$c_a V_{\text{vinaigre}} = c_b V_{\text{éq}}$, donc $c_a = \dfrac{c_b V_{\text{éq}}}{V_{\text{vinaigre}}}$.

Les deux volumes peuvent être exprimés en mL puisque seul leur rapport intervient :

$c_a = 0{,}50 \times \dfrac{13{,}4}{5{,}0} = 1{,}34 \text{ mol\cdotpL}^{-1}$.

RÉPONSE À RETENIR

La concentration obtenue est $c_a = 1{,}34\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, soit environ $1{,}3\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en tenant compte des chiffres significatifs des données.

Question 5.

Sujet p. 12

En détaillant le raisonnement, vérifier que le titre de ce vinaigre est bien de 8°. Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti ; la démarche est évaluée et doit être correctement présentée.

La masse molaire de l'acide éthanoïque CH_3COOH vaut $M = 2M(C) + 4M(H) + 2M(O) = 2 \times 12{,}0 + 4 \times 1{,}0 + 2 \times 16{,}0 = 60{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Dans 1,00 L de vinaigre, la quantité d'acide éthanoïque est $n = c_a V = 1{,}34 \times 1{,}00 = 1{,}34\ \text{mol}$, soit une masse $m = nM = 1{,}34 \times 60{,}0 = 80{,}4\ \text{g}$.

La masse de 1,00 L de vinaigre est $m_{\text{vinaigre}} = \rho V = 1010 \times 1{,}00 = 1010\ \text{g}$. Le titre en degrés correspond à la masse, en grammes, d'acide éthanoïque pour 100 g de vinaigre. Ainsi, $\text{titre} = \dfrac{80{,}4}{1010} \times 100 = 7{,}96$.

RÉPONSE À RETENIR

Le titre calculé est $7{,}96^\circ$, soit environ $8{,}0^\circ$. Le vinaigre est donc bien à 8° à la précision des données.

B – Action du vinaigre sur une coquille d'œuf

Question 6.

Sujet p. 13

Représenter le schéma de Lewis de l'acide éthanoïque CH_3COOH.

Le carbone du groupe carboxyle est lié au carbone du groupe méthyle, doublement lié à un oxygène et simplement lié à l'oxygène du groupe hydroxyle. Chacun des deux atomes d'oxygène porte deux doublets non liants.

RÉPONSE À RETENIR

Un schéma de Lewis de l'acide éthanoïque est $H_3C - C(=O) - O - H$, avec deux doublets non liants sur chacun des atomes d'oxygène. Le premier oxygène est lié au carbone par une double liaison ; le second est lié simplement au carbone et à l'hydrogène.

Question 7.

Sujet p. 13

À l'aide des principales bandes d'absorption données, identifier le spectre infrarouge correspondant à l'acide éthanoïque parmi ceux proposés dans la Figure 1.

Un acide carboxylique présente une bande O–H forte et très large entre 2600 et 3100 cm^{-1}, ainsi qu'une bande C=O forte et fine entre 1700 et 1760 cm^{-1}. Sur le spectre IR 1, on repère une large absorption dans la zone 2600–3100 cm^{-1} et une forte absorption vers 1700 cm^{-1}. Le spectre IR 2 ne présente pas la bande O–H très large caractéristique d'un acide carboxylique.

RÉPONSE À RETENIR

Le spectre correspondant à l'acide éthanoïque est le **spectre IR 1**.

Question 8.

Sujet p. 13

L'ion carbonate $CO_3^{2-}(aq)$ réagit avec l'acide éthanoïque introduit en large excès. Écrire l'équation de la réaction acido-basique qui se produit entre ces deux espèces chimiques.

L'ion carbonate capte un proton de l'acide éthanoïque. Il forme l'ion hydrogénocarbonate, tandis que l'acide éthanoïque perd un proton et devient l'ion éthanoate. Les atomes et les charges sont équilibrés.

RÉPONSE À RETENIR

$$\mathrm{CO_3^{2-}(aq) + CH_3COOH(aq) \rightarrow HCO_3^{-}(aq) + CH_3COO^{-}(aq)}.$$

Question 9.

Sujet p. 14

L'ion hydrogénocarbonate $HCO_3^-(aq)$ ainsi formé réagit avec l'acide éthanoïque. Écrire l'équation de la réaction acido-basique qui se produit entre ces deux espèces chimiques.

L'ion hydrogénocarbonate appartient au couple $\mathrm{CO_2(g), H_2O(\ell)/HCO_3^{-}(aq)}$. Il capte donc un proton de l'acide éthanoïque pour former la forme acide du couple, $\mathrm{CO_2}$ et $\mathrm{H_2O}$, tandis que l'acide éthanoïque donne l'ion éthanoate. L'équation est équilibrée en atomes et en charges.

RÉPONSE À RETENIR

$$\mathrm{HCO_3^{-}(aq) + CH_3COOH(aq) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(\ell) + CH_3COO^{-}(aq)}.$$

Question 10.

Sujet p. 12, 13, 14

Montrer que l'équation de la réaction qui modélise l'action du vinaigre sur le carbonate de calcium s'écrit : $CaCO_3(s) + 2\ CH_3COOH(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + CO_2(g) + H_2O(\ell) + 2\ CH_3COO^-(aq)$.

La dissolution du carbonate de calcium est modélisée par $\mathrm{CaCO_3(s) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)}$. En ajoutant cette équation à celles des questions 8 et 9, les ions carbonate et hydrogénocarbonate, espèces intermédiaires, s'éliminent. Les deux étapes acido-basiques consomment au total deux molécules d'acide éthanoïque et produisent deux ions éthanoate.

Le bilan est équilibré : on retrouve de chaque côté un calcium, un carbone provenant du carbonate, deux carbones provenant des deux molécules d'acide éthanoïque, quatre hydrogènes et le même nombre d'atomes d'oxygène ; la charge totale des produits vaut $+2 - 2 = 0$, comme celle des réactifs.

RÉPONSE À RETENIR

$$\mathrm{CaCO_3(s) + 2\ CH_3COOH(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + CO_2(g) + H_2O(\ell) + 2\ CH_3COO^{-}(aq)}.$$

Question 11.

Sujet p. 13, 14

Indiquer, en le justifiant, le caractère acide-base de l'ion hydrogénocarbonate $HCO_3^-(aq)$.

L'ion hydrogénocarbonate appartient aux deux couples acide/base donnés : $\mathrm{CO_2(g), H_2O(\ell)/HCO_3^{-}(aq)}$ et $\mathrm{HCO_3^{-}(aq)/CO_3^{2-}(aq)}$. Il peut capter un proton pour former $\mathrm{CO_2 + H_2O}$, ou céder un proton pour former $\mathrm{CO_3^{2-}}$.

RÉPONSE À RETENIR

L'ion $\mathrm{HCO_3^-}$ est amphotère (ou amphiprotique) : il peut se comporter à la fois comme un acide et comme une base.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2022/spe-physique-chimie-2022-asie-2-sujet-officiel.pdf
© FormaV EI • Proposition de correction, distincte d'un corrigé officiel.

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.