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 2023 • Asie • Jour 1

Code sujet **23-PYCJ1JA1** 3 h 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice I — Autour de Saturne
17 réponses • sujet p. 2–13

Exercice II — Contrôle de l’ordre d’une réaction
10 réponses • sujet p. 5–8

Exercice III — Teneur en ion salicylate dans une crème
9 réponses • sujet p. 9–13

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

Exercice I

11 points

Autour de Saturne

Partie A – Observation de Titan à l'œil nu

Question 1.

Sujet p. 2

> Montrer que l'angle θ sous lequel se présente Titan depuis la Terre vaut approximativement 3,6 × 10⁻⁶ rad.

Pour un objet de diamètre réel *d*, vu à la distance *D*, l'approximation des petits angles donne $\tan\theta \simeq \theta$, donc $\theta \simeq d/D$. Les deux distances sont ici exprimées en kilomètres.

$$\theta \simeq \frac{5{,}2 \times 10^{3}}{1{,}43 \times 10^{9}} = 3{,}64 \times 10^{-6}\ \text{rad}.$$

RÉPONSE À RETENIR

Le diamètre apparent de Titan vaut donc $\theta \simeq 3{,}6 \times 10^{-6}\ \text{rad}$.

Question 2.

Sujet p. 2

> Justifier que Titan n'est pas observable à l'œil nu.

L'œil distingue séparément deux points si leur écart angulaire atteint au moins son pouvoir séparateur $\varepsilon = 3 \times 10^{-4}\ \text{rad}$. Or le diamètre apparent de Titan est $3{,}6 \times 10^{-6}\ \text{rad}$, donc bien inférieur à cette valeur.

RÉPONSE À RETENIR

Titan n'est pas observable à l'œil nu. Son diamètre apparent est environ $\frac{3\times10^{-4}}{3{,}6\times10^{-6}} \simeq 83$ fois inférieur au pouvoir séparateur de l'œil.

Question 3.

Sujet p. 2

> En déduire la valeur Gmin du grossissement minimal que doit avoir un instrument d'optique, telle une lunette, pour observer Titan depuis la Terre.

Le grossissement doit rendre le diamètre apparent de Titan au moins égal au pouvoir séparateur de l'œil. Par définition, $G = \theta_{\text{image}}/\theta$, d'où $G_{\min} = \varepsilon/\theta$.

$$G_{\min} = \frac{3{,}0 \times 10^{-4}}{3{,}6 \times 10^{-6}} \simeq 8{,}3 \times 10^{1}.$$

RÉPONSE À RETENIR

Il faut un grossissement minimal d'environ $G_{\min} = 83$ (soit environ 80).

Partie B – Observation de Titan à l'aide d'une lunette astronomique

Question 4.

Sujet p. 3, 13

> Identifier l'objectif et l'oculaire sur le schéma en annexe et positionner les foyers F_2 et F'_2 de la lentille L_2 pour

obtenir une lunette afocale.

La lumière provenant de l'objet rencontre d'abord L_1 : cette lentille est l'objectif. La lentille L_2, proche de l'œil, est l'oculaire. Pour que la lunette soit afocale, le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire doivent coïncider : $F_1' = F_2$.

Pour une lentille convergente, les foyers objet et image sont à égale distance de son centre optique, de part et d'autre de la lentille. Une fois F_2 placé en F_1', on place donc F_2' à droite de O_2, à la même distance de O_2 que F_2.

RÉPONSE À RETENIR

Sur l'annexe, identifier L_1 comme l'objectif et L_2 comme l'oculaire. Placer F_2 au point F_1', puis placer F_2' à droite de O_2, symétriquement à F_2 par rapport à O_2.

Question 5.

Sujet p. 3, 13

Construire sur le schéma en annexe la marche complète des rayons lumineux incidents issus d'un point objet B∞ situé à l'infini, en faisant apparaître l'image intermédiaire B_1 donnée par la lentille L_1.

Les rayons issus de B_∞, situé à l'infini, arrivent parallèles. Après réfraction par l'objectif L_1, ils convergent vers l'image intermédiaire B_1, située dans le plan focal image de L_1. Comme le faisceau incident est incliné vers le bas, B_1 se trouve sous l'axe optique. Pour une lunette afocale, ce point est également dans le plan focal objet de l'oculaire, puisque $F_1' = F_2$. Les rayons issus de B_1 ressortent donc parallèles après L_2.

Un rayon passant par le centre optique O_1 de l'objectif n'est pas dévié par L_1, mais il ne passe pas nécessairement par O_2 : il est alors réfracté par l'oculaire. Le rayon passant par O_2, lui, traverse l'oculaire sans déviation et permet de déterminer la direction commune des rayons émergents.

RÉPONSE À RETENIR

Sur l'annexe, prolonger les rayons incidents parallèles après L_1 jusqu'à leur convergence en B_1, sous l'axe et dans le plan passant par $F_1' = F_2$. Depuis B_1, tracer les rayons traversant L_2 de sorte qu'ils ressortent parallèles entre eux. Le rayon passant par O_2 ressort sans déviation ; les autres rayons sont réfractés par L_2 pour être parallèles à celui-ci.

Question 6.

Sujet p. 3

À partir de la définition du grossissement G, établir que, dans le cas d'une lunette afocale, G = f'obj/f'oc.

Le grossissement angulaire est $G = |\theta'/\theta|$, où θ est l'angle sous lequel l'objet est vu avant la lunette et θ' l'angle du faisceau émergent. Pour les petits angles, la hauteur h de l'image intermédiaire donnée par l'objectif vérifie $h \simeq f'_{\text{obj}}\theta$. Cette image étant dans le plan focal objet de l'oculaire, elle vérifie aussi $h \simeq f'_{\text{oc}}|\theta'|$. En divisant ces relations, on obtient la formule demandée.

RÉPONSE À RETENIR

$$G = \left|\frac{\theta'}{\theta}\right| = \frac{f'_{\text{obj}}}{f'_{\text{oc}}}.$$

Le signe éventuel du grossissement algébrique dépend des conventions d'orientation ; cette expression donne sa valeur positive.

Question 7.

Sujet p. 2, 3

> Parmi les différents oculaires disponibles, indiquer en justifiant celui qui permet d'obtenir le grossissement maximal.

À objectif fixé, $G = f'_{\text{obj}}/f'_{\text{oc}}$ est d'autant plus grand que la distance focale de l'oculaire est petite. Parmi les focales proposées (12 mm, 25 mm et 40 mm), la plus petite est 12 mm.

En unités SI, $f'_{\text{obj}} = 3{,}10\ \text{m}$ et $f'_{\text{oc}} = 12\ \text{mm} = 0{,}012\ \text{m}$, donc $G = 3{,}10/0{,}012 \simeq 258$.

RÉPONSE À RETENIR

Il faut choisir l'oculaire de focale 12 mm : il donne le grossissement maximal, environ $2{,}6 \times 10^2$.

Question 8.

Sujet p. 2, 3

> Indiquer s'il est possible d'observer chacune des deux lunes, Titan et Janus, à l'aide de cette lunette.

Avec l'oculaire de 12 mm, le grossissement maximal est $G \simeq 258$. L'angle apparent après grossissement est approximativement $G\theta$. Pour Titan, il vaut $258 \times 3{,}6 \times 10^{-6} \simeq 9{,}3 \times 10^{-4}\ \text{rad}$, supérieur au pouvoir séparateur de l'œil $3 \times 10^{-4}\ \text{rad}$. Pour Janus, il vaut $258 \times 1{,}3 \times 10^{-7} \simeq 3{,}4 \times 10^{-5}\ \text{rad}$, inférieur à ce pouvoir séparateur.

RÉPONSE À RETENIR

Avec le grossissement maximal, Titan est observable, mais Janus ne l'est pas : son diamètre apparent après grossissement reste inférieur au pouvoir séparateur de l'œil.

Question 9.

Sujet p. 2, 3, 13

> Donner une estimation de la longueur L de la lunette de l'observatoire de Marseille en s'appuyant sur le schéma de principe de la lunette représentée en annexe et sur les valeurs des distances focales.

Dans une lunette afocale, la distance entre les lentilles est la somme des distances focales : $L = f'_{\text{obj}} + f'_{\text{oc}}$. L'énoncé propose trois focales d'oculaire et ne précise pas laquelle est utilisée. Les longueurs possibles sont donc : $3{,}10 + 0{,}012 = 3{,}112\ \text{m}$, $3{,}10 + 0{,}025 = 3{,}125\ \text{m}$ et $3{,}10 + 0{,}040 = 3{,}140\ \text{m}$. Le schéma de principe n'étant pas à l'échelle, il sert à identifier la relation géométrique, pas à mesurer la longueur.

RÉPONSE À RETENIR

Selon l'oculaire, la longueur est comprise entre $3{,}112\ \text{m}$ et $3{,}140\ \text{m}$. On peut donc estimer la longueur de la lunette à environ $3{,}1\ \text{m}$.

Partie C – Limites d'observation de la lunette astronomique

Question 10.

Sujet p. 3, 4

> Nommer le phénomène physique qui limite le pouvoir de résolution de la lunette.

Le caractère ondulatoire de la lumière entraîne l'étalement de l'image d'un point en une tache d'Airy à cause de l'ouverture limitée de l'objectif. Cet étalement empêche de distinguer deux points trop proches.

RÉPONSE À RETENIR

Le phénomène physique qui limite le pouvoir de résolution est la diffraction de la lumière par l'ouverture de l'objectif.

Question 11.

Sujet p. 3, 4

Pour la longueur d'onde du visible λ = 550 nm et pour un grossissement G = 260, vérifier que la lunette permet d'observer Titan correctement.

Les points A et B repèrent les pôles opposés de Titan : leur séparation angulaire est donc son diamètre apparent, $\theta_{AB} \simeq 3{,}6 \times 10^{-6}$ rad. Le critère de résolution de la lunette est $\alpha = 1{,}22\lambda/d_{\text{ob}}$. Avec $\lambda = 550\ \text{nm} = 5{,}50 \times 10^{-7}\ \text{m}$ et $d_{\text{ob}} = 260\ \text{mm} = 0{,}260\ \text{m}$:

$$\alpha = \frac{1{,}22 \times 5{,}50 \times 10^{-7}}{0{,}260} = 2{,}58 \times 10^{-6}\ \text{rad}.$$

Comme $\theta_{AB} > \alpha$, la lunette résout les pôles. Leur séparation apparente après grossissement vaut aussi $260 \times 3{,}6 \times 10^{-6} \simeq 9{,}4 \times 10^{-4}$ rad, supérieure au pouvoir séparateur de l'œil.

RÉPONSE À RETENIR

Oui. La lunette permet d'observer correctement Titan selon le critère donné : $\theta_{AB} \simeq 3{,}6 \times 10^{-6}\ \text{rad} > \alpha \simeq 2{,}6 \times 10^{-6}\ \text{rad}$. Les pôles sont résolus par la lunette et leur séparation apparente est perceptible à l'œil.

Question 12.

Sujet p. 3, 4

Expliquer pourquoi il est préférable d'utiliser des lunettes avec un objectif ayant un grand diamètre d'ouverture.

Le pouvoir de résolution angulaire vaut $\alpha = 1{,}22\lambda/d_{\text{ob}}$. À longueur d'onde fixée, augmenter le diamètre d'ouverture d_{ob} diminue α. La lunette peut alors distinguer deux points dont l'écart angulaire est plus faible.

RÉPONSE À RETENIR

Un objectif de grand diamètre est préférable, car il réduit la limite de résolution due à la diffraction et permet de discerner des détails plus proches.

Partie D – Autour de Saturne

Question 13.

Sujet p. 4

Retrouver la relation 1 en utilisant la deuxième loi de Newton et la loi d'interaction gravitationnelle.

Dans le référentiel de Saturne supposé galiléen, un satellite de masse m en orbite circulaire de rayon r subit la force gravitationnelle exercée par Saturne, de masse M_S. Cette force fournit l'accélération centripète. En valeur, la deuxième loi de Newton donne $mv^2/r = GM_Sm/r^2$. En simplifiant par m et en isolant v, on retrouve la relation demandée.

RÉPONSE À RETENIR

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GM_Sm}{r^2} \quad \Longrightarrow \quad v^2 = \frac{GM_S}{r} \quad \Longrightarrow \quad v = \sqrt{\frac{GM_S}{r}}.$$

Question 14.

Sujet p. 4

> Montrer que l'expression de la vitesse du satellite permet de retrouver la troisième loi de Kepler qui relie la période T du satellite au rayon r de son orbite : T² = k × r³ avec k = 4π²/(G × Mₛ).

Pour une orbite circulaire parcourue en une période T, la vitesse vaut $v = 2\pi r/T$. En utilisant aussi $v^2 = GM_S/r$, on obtient :

$$\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = \frac{GM_S}{r} \quad \Longrightarrow \quad T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_S} r^3.$$

RÉPONSE À RETENIR

On retrouve bien la troisième loi de Kepler : $T^2 = k \times r^3$, avec $k = \frac{4\pi^2}{GM_S}$.

Question 15.

Sujet p. 4

> Déterminer la masse de Saturne sachant que la période de révolution de Janus est de 17 h.

La troisième loi de Kepler conduit à $M_S = 4\pi^2 r^3/(GT^2)$. En unités SI, $r = 1{,}51 \times 10^5\ \text{km} = 1{,}51 \times 10^8\ \text{m}$, $T = 17\ \text{h} = 17 \times 3600 = 6{,}12 \times 10^4\ \text{s}$, et $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3\,\text{kg}^{-1}\,\text{s}^{-2}$.

$$M_S = \frac{4\pi^2 (1{,}51 \times 10^8)^3}{(6{,}67 \times 10^{-11})(6{,}12 \times 10^4)^2} \simeq 5{,}44 \times 10^{26}\ \text{kg}.$$

RÉPONSE À RETENIR

La masse de Saturne déduite de la période de Janus est $M_S \simeq 5{,}4 \times 10^{26}\ \text{kg}$.

Question 16.

Sujet p. 4

> Justifier qualitativement que tous les corps du premier anneau ne tournent pas à la même vitesse autour de Saturne.

Les corps du premier anneau sont répartis entre le rayon intérieur et le rayon extérieur de l'anneau ; ils n'ont donc pas tous le même rayon orbital. Or $v = \sqrt{GM_S/r}$ dépend de ce rayon : lorsque r augmente, la vitesse orbitale diminue.

RÉPONSE À RETENIR

Les corps du premier anneau ne tournent pas tous à la même vitesse, car leurs rayons orbitaux diffèrent et $v \propto 1/\sqrt{r}$.

Question 17.

Sujet p. 4

> Déterminer le nombre de tours effectués par la bordure interne du premier anneau, située à la distance rint, pendant que la bordure externe du dernier anneau, située à Rext, réalise un tour complet.

La troisième loi de Kepler donne $T \propto r^{3/2}$. Pendant que la bordure externe du dernier anneau effectue un tour, la durée écoulée est sa période T_{ext}. Le nombre de tours de la bordure interne du premier anneau est donc $N = T_{\text{ext}}/T_{\text{int}} = (R_{\text{ext}}/r_{\text{int}})^{3/2}$. Les rayons étant dans la même unité, leur rapport est sans dimension.

$$N = \left(\frac{1{,}36 \times 10^5}{6{,}69 \times 10^4}\right)^{3/2} \simeq 2{,}90.$$

RÉPONSE À RETENIR

La bordure interne du premier anneau effectue environ $2{,}9$ tours pendant que la bordure externe du dernier anneau en réalise un.

Exercice II

4.5 points

Contrôle de l'ordre d'une réaction

Question 1.

Sujet p. 5

> En analysant les étapes ① et ② de la dismutation du peroxyde d'hydrogène en présence d'ions fer, justifier que l'ion fer Fe^{3+} joue un rôle de catalyseur.

Dans l'étape ①, les ions fer(III) sont transformés en ions fer(II) : $2\,Fe^{3+}$ deviennent $2\,Fe^{2+}$. Dans l'étape ②, les ions fer(II) sont transformés à nouveau en ions fer(III). En additionnant les deux étapes, les ions fer et les ions H^+ se simplifient ; on retrouve le bilan $2\,H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2\,H_2O$. Les ions fer sont donc régénérés et ne sont pas consommés dans le bilan global. Ils permettent à la réaction de suivre un mécanisme plus rapide.

RÉPONSE À RETENIR

Les ions Fe^{3+} jouent le rôle de catalyseur : ils sont transformés en Fe^{2+} dans l'étape ①, puis régénérés dans l'étape ②.

Question 2.

Sujet p. 5, 6

> Identifier les deux facteurs cinétiques mis en œuvre pour stopper la réaction de dismutation (équation 1) le temps du dosage.

Le prélèvement est versé dans un erlenmeyer contenant de l'eau distillée glacée et une solution d'acide sulfurique. L'ajout de ce liquide dilue le prélèvement : la concentration des réactifs diminue. Le mélange glacé refroidit également le prélèvement. La dilution et la diminution de la température ralentissent la réaction pendant le dosage.

RÉPONSE À RETENIR

Les deux facteurs cinétiques mis en œuvre sont la dilution du prélèvement et la diminution de sa température.

Question 3.

Sujet p. 5, 6

> Indiquer le changement de couleur observé à l'équivalence (équation 2).

Les ions permanganate MnO_4^- sont la seule espèce colorée du dosage, et leur couleur en solution est rose-violet. Avant l'équivalence, ils sont consommés par le peroxyde d'hydrogène ajouté au prélèvement. À l'équivalence, le premier léger excès d'ions permanganate reste dans le mélange et y laisse sa couleur.

RÉPONSE À RETENIR

À l'équivalence, le mélange prend une coloration rose-violet persistante.

Question 4.

Sujet p. 5, 6

> À partir de l'équation de la réaction support du dosage, équation 2, et de la définition de l'équivalence, établir que la concentration en quantité de matière du peroxyde d'hydrogène est donnée par la relation [H₂O₂] = (5 × Cp × VE)/(2 × VR).

L'équation de dosage est $5\,\mathrm{H_2O_2} + 2\,\mathrm{MnO_4^-} + 6\,\mathrm{H^+} \rightarrow 5\,\mathrm{O_2} + 2\,\mathrm{Mn^{2+}} + 8\,\mathrm{H_2O}$. À l'équivalence, les quantités de matière des deux réactifs sont dans les proportions stœchiométriques :

$$\frac{n(\mathrm{H_2O_2})}{5} = \frac{n(\mathrm{MnO_4^-})}{2}.$$

Dans le prélèvement de volume V_R, $n(\mathrm{H_2O_2}) = [\mathrm{H_2O_2}]V_R$, et le volume équivalent V_E de solution titrante de concentration C_P apporte $n(\mathrm{MnO_4^-}) = C_P V_E$. Ainsi, en exprimant les deux volumes dans la même unité :

$$\frac{[\mathrm{H_2O_2}]V_R}{5} = \frac{C_P V_E}{2} \quad \Longrightarrow \quad [\mathrm{H_2O_2}] = \frac{5C_P V_E}{2V_R}.$$

RÉPONSE À RETENIR

On obtient bien $[\mathrm{H_2O_2}] = \dfrac{5C_P V_E}{2V_R}$, avec V_E et V_R exprimés dans la même unité.

Question 5.

Sujet p. 6

> Calculer la valeur de [H₂O₂] manquante à la date t = 12 min dans le tableau des résultats expérimentaux.

À $t = 12\ \mathrm{min}$, le tableau donne $V_E = 11{,}4\ \mathrm{mL}$. On utilise $C_P = 2{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$, $V_R = 10{,}0\ \mathrm{mL}$ et la relation établie à la question 4. Les volumes sont exprimés dans la même unité :

$$[\mathrm{H_2O_2}] = \frac{5 \times (2{,}00 \times 10^{-2}) \times 11{,}4}{2 \times 10{,}0}\ \mathrm{mol\,L^{-1}} = 5{,}70 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}.$$

Comme $1\ \mathrm{mol\,L^{-1}} = 1000\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$, cela correspond à $57{,}0\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$.

RÉPONSE À RETENIR

La valeur manquante à $t = 12\ \mathrm{min}$ est $[\mathrm{H_2O_2}] = 57{,}0\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$.

Question 6.

Sujet p. 6

> À partir de la définition de la vitesse de disparition de l'eau oxygénée et en supposant que la dismutation du peroxyde d'hydrogène suit une loi cinétique d'ordre 1, retrouver la relation d[H₂O₂]/dt = −k × [H₂O₂].

Par définition, la vitesse de disparition du peroxyde d'hydrogène est $v_{\mathrm{disp}} = -\dfrac{d[\mathrm{H_2O_2}]}{dt}$. Pour une cinétique d'ordre 1, cette vitesse est proportionnelle à la concentration en peroxyde d'hydrogène, avec pour constante de proportionnalité k : $v_{\mathrm{disp}} = k[\mathrm{H_2O_2}]$. En égalant ces expressions, on obtient :

$$-\frac{d[\mathrm{H_2O_2}]}{dt} = k[\mathrm{H_2O_2}] \quad \Longrightarrow \quad \frac{d[\mathrm{H_2O_2}]}{dt} = -k[\mathrm{H_2O_2}].$$

RÉPONSE À RETENIR

La loi différentielle d'ordre 1 est $\dfrac{d[\mathrm{H_2O_2}]}{dt} = -k[\mathrm{H_2O_2}]$.

Question 7.

Sujet p. 6

> Donner la signification physique de B dans la relation $[H_2O_2](t) = B \times e^{-kt}$.

Dans la relation $[\mathrm{H_2O_2}](t) = B\,e^{-kt}$, on prend $t = 0$. Puisque $e^0 = 1$, on obtient $[\mathrm{H_2O_2}](0) = B$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> B représente la concentration initiale en peroxyde d'hydrogène : $B = [\mathrm{H_2O_2}]_0$.

Question 8.

Sujet p. 7

> En s'appuyant sur la relation 2 et le graphique de la figure 2, montrer que l'hypothèse selon laquelle la dismutation du peroxyde d'hydrogène suit une loi cinétique d'ordre 1 est bien valide. En déduire la valeur de la constante k.

La relation 2 prévoit que $\ln\left(\dfrac{[\mathrm{H_2O_2}]}{c^\circ}\right) = \ln\left(\dfrac{B}{c^\circ}\right) - kt$. La représentation de cette grandeur en fonction du temps doit donc être une droite de pente $-k$. Sur la figure 2, les points expérimentaux sont approximativement alignés : cette linéarité est conforme à une cinétique d'ordre 1. En lisant deux points suffisamment éloignés sur la droite, par exemple environ $(10\ \mathrm{min}; -2{,}9)$ et $(70\ \mathrm{min}; -4{,}9)$, on estime sa pente :

$$\text{pente} \simeq \frac{-4{,}9 - (-2{,}9)}{70 - 10} = -3{,}3 \times 10^{-2}\ \mathrm{min^{-1}}.$$

Comme la pente vaut $-k$, on en déduit $k \simeq 3{,}3 \times 10^{-2}\ \mathrm{min^{-1}}$. Cette valeur est une estimation fondée sur la lecture graphique.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La linéarité de la figure 2 valide l'hypothèse d'une cinétique d'ordre 1. La constante de vitesse est estimée à $k \simeq 3{,}3 \times 10^{-2}\ \mathrm{min^{-1}}$.

Question 9.

Sujet p. 7, 8

> Définir puis déterminer le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ de cette réaction de dismutation à l'aide de la figure 1.

Le temps de demi-réaction est la durée nécessaire pour que la concentration du réactif atteigne la moitié de sa valeur initiale : $[\mathrm{H_2O_2}](t_{1/2}) = [\mathrm{H_2O_2}]_0/2$. D'après la figure 1, la concentration initiale extrapolée est d'environ $85\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$, dont la moitié vaut environ $42{,}5\ \mathrm{mmol\,L^{-1}}$. La courbe atteint cette valeur vers $20\ \mathrm{min}$.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le temps de demi-réaction est estimé à $t_{1/2} \simeq 20\ \mathrm{min}$.

Question 10.

Sujet p. 8

> Préciser si la valeur de la grandeur k varie si la concentration initiale $[H_2O_2]_0$ diminue.

À température et dans les mêmes conditions réactionnelles, la constante de vitesse k ne dépend pas de la concentration initiale. La relation fournie, $k\,t_{1/2} = \ln 2$, est cohérente avec cela puisque, pour une cinétique d'ordre 1, le temps de demi-réaction est indépendant de $[\mathrm{H_2O_2}]_0$.

RÉPONSE À RETENIR

Non : si seule la concentration initiale diminue, la constante de vitesse k ne varie pas.

Exercice III

4.5 points

Teneur en ion salicylate dans une crème

Partie A – Étude de la réaction entre l'ion Fe^{3+} et l'ion HL^-

Question 1.

Sujet p. 9, 10

> Déterminer la masse m de salicylate de sodium NaHL solide qu'il a fallu peser pour préparer un volume $V_0 = 100{,}0$ mL de la solution S_0 de concentration $C_0 = 100$ mmol·L^{-1}.

La quantité de matière de salicylate de sodium nécessaire est donnée par **$n = C_0V_0$**, puis la masse par **$m = nM(NaHL)$**. Convertissons les unités : $C_0 = 100$ mmol·L^{-1} = 0,100 mol·L^{-1} et $V_0 = 100{,}0$ mL = 0,1000 L.

On obtient $n = 0{,}100 \times 0{,}1000 = 1{,}00 \times 10^{-2}$ mol, puis $m = 1{,}00 \times 10^{-2} \times 160{,}1 = 1{,}601$ g.

RÉPONSE À RETENIR

Il faut peser **m = 1,60 g de NaHL** (à trois chiffres significatifs).

Question 2.

Sujet p. 10

> Identifier dans la liste ci-dessous la verrerie à utiliser pour préparer $V_1 = 50{,}0$ mL de la solution S_1 à partir de la solution mère S_0. Justifier à l'aide d'un calcul. Verrerie à disposition : fioles jaugées de 10,0 mL et 50,0 mL ; pipettes jaugées de 2,0 mL, 5,0 mL, 10,0 mL et 20,0 mL.

Lors de la dilution, la quantité de matière de soluté prélevée est conservée : $C_0V_{prélevé} = C_1V_1$. Donc $V_{prélevé} = C_1V_1/C_0$. Avec $C_0 = 100$ mmol·L^{-1}, $C_1 = 10{,}0$ mmol·L^{-1} et $V_1 = 50{,}0$ mL, on trouve $V_{prélevé} = (10{,}0 \times 50{,}0)/100 = 5{,}00$ mL.

On prélève donc la solution mère avec une pipette jaugée de 5,0 mL, puis on transfère le prélèvement dans une fiole jaugée de 50,0 mL. On complète avec de l'eau jusqu'au trait de jauge et on homogénéise.

RÉPONSE À RETENIR

Il faut utiliser une **pipette jaugée de 5,0 mL** et une **fiole jaugée de 50,0 mL**.

Question 3.

Sujet p. 10

> Après avoir rappelé les propriétés d'une solution tampon, justifier que la valeur du pH du milieu réactionnel ne varie pas.

Une solution tampon est une solution dont le pH varie peu lors de l'ajout de petites quantités d'acide ou de base, ainsi que lors d'une dilution modérée. Le milieu réactionnel contient 10,0 mL de la solution tamponnée en ions Fe^{3+} et seulement 0,100 mL de solution S_1. La quantité d'ions HL^- apportée par S_1 est faible devant la quantité d'ions Fe^{3+} présente ; la réaction ne produit donc qu'une faible quantité d'ions H^+. La solution tampon limite la variation de pH provoquée par ces ions.

RÉPONSE À RETENIR

Le pH du milieu réactionnel ne varie pas de manière significative ; on peut le considérer constant et égal à **pH = 3,0**.

Question 4.

Sujet p. 10, 13

> Compléter littéralement le tableau d'avancement de la réaction en annexe, page 13/13, à rendre avec la copie. On note xeq l'avancement à l'état d'équilibre, exprimé en mol.

L'équation de réaction est $Fe^{3+}(aq) + HL^{-}(aq) \rightleftharpoons FeL^{+}(aq) + H^{+}(aq)$. Les coefficients stœchiométriques étant tous égaux à 1, une avancée de x mol consomme x mol de Fe^{3+} et de HL^{-}, et forme x mol de FeL^{+} et de H^{+}. Dans l'annexe, la quantité de H^{+} est indiquée comme constante, car le pH est maintenu par la solution tampon.

RÉPONSE À RETENIR

État	$Fe^{3+}(aq)$	$HL^{-}(aq)$	$FeL^{+}(aq)$	$H^{+}(aq)$
État initial	Cfer × Vfer	$C_1 \times V$	0	$n(H^{+})$, constante
État d'équilibre	Cfer × Vfer − xeq	$C_1 \times V$ − xeq	xeq	$n(H^{+})$, constante

Question 5.

Sujet p. 10

> Montrer qu'à l'équilibre du système chimique, la constante d'équilibre K de cette réaction peut se mettre sous la forme K = [xeq × $[H^{+}]$ × (V + Vfer)]/[(Cfer × Vfer − xeq) × (C_1 × V − xeq)].

Le volume total après mélange est V + Vfer. Les quantités de matière à l'équilibre sont $n(FeL^{+})$ = xeq, $n(Fe^{3+})$ = CferVfer − xeq et $n(HL^{-})$ = C_1V − xeq. Ainsi :

$[FeL^{+}] = xeq/(V + Vfer)$, $[Fe^{3+}] = (CferVfer - xeq)/(V + Vfer)$ et $[HL^{-}] = (C_1V - xeq)/(V + Vfer)$.

Pour l'équation $Fe^{3+} + HL^{-} \rightleftharpoons FeL^{+} + H^{+}$, la constante d'équilibre est $K = [FeL^{+}][H^{+}]/([Fe^{3+}][HL^{-}])$. En remplaçant les concentrations par leurs expressions, on obtient :

RÉPONSE À RETENIR

Après simplification des facteurs de volume au dénominateur, il vient :

$$K = \frac{x_{\text{eq}}[\text{H}^+](V + V_{\text{fer}})}{(C_{\text{fer}}V_{\text{fer}} - x_{\text{eq}})(C_1V - x_{\text{eq}})}.$$

Question 6.

Sujet p. 10

> Indiquer pourquoi il convient de ne retenir que la valeur x_1 parmi les deux solutions proposées ($x_1 = 9{,}999 \times 10^{-7}$ mol et $x_2 = 9{,}999 \times 10^{-5}$ mol) et déduire de cette valeur que la réaction peut être considérée comme totale.

L'avancement ne peut pas dépasser la quantité initiale du réactif limitant. Avec $C_1 = 10{,}0$ mmol·L^{-1} = $1{,}00 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1} et V = 0,100 mL = $1{,}00 \times 10^{-4}$ L, la quantité initiale de HL^{-} vaut $n_0(HL^{-}) = C_1V = 1{,}00 \times 10^{-6}$ mol. Pour Fe^{3+}, Cfer = $1{,}00 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1} et Vfer = $1{,}00 \times 10^{-2}$ L, donc $n_0(Fe^{3+}) = 1{,}00 \times 10^{-4}$ mol. HL^{-} est le réactif limitant et xmax = $1{,}00 \times 10^{-6}$ mol. La valeur $x_2 = 9{,}999 \times 10^{-5}$ mol dépasse xmax : elle est physiquement impossible.

On retient donc $x_1 = 9{,}999 \times 10^{-7}$ mol. Le rapport x_1/xmax vaut 0,9999, soit 99,99 % : l'avancement final est pratiquement égal à l'avancement maximal.

RÉPONSE À RETENIR

La seule valeur physiquement acceptable est **x_1 = 9,999 × 10⁻⁷ mol**. Comme elle est pratiquement égale à xmax = 1,00 × 10⁻⁶ mol, la réaction peut être considérée comme **totale**.

Partie B – Dosage spectrophotométrique des ions salicylate HL^-

Question 7.

Sujet p. 11, 12

Indiquer la couleur de l'espèce chimique FeL^+ à partir de son spectre d'absorption (figure 1).

Le spectre d'absorption présente un maximum autour de 535 nm, dans le domaine du vert. Une espèce apparaît de la couleur complémentaire de celle qu'elle absorbe principalement. D'après le cercle chromatique fourni, la couleur complémentaire du vert est le magenta.

RÉPONSE À RETENIR

L'espèce FeL^+ est de couleur **magenta**.

Question 8.

Sujet p. 9, 11, 12

À partir de la figure 2, déterminer la quantité de matière en ions salicylate HL^- présente dans la crème et en déduire le pourcentage massique mesuré wmes en ions salicylate dans la crème contre l'acné.

La lecture de la courbe d'étalonnage à A = 0,83 donne une concentration d'environ 0,67 mmol·L⁻¹ en ions HL^- dans le mélange mesuré. La quantité de matière apportée par l'échantillon de crème se retrouve dans le volume total du mélange, Vtotal = 10,0 mL + 0,100 mL = 1,01 × 10⁻² L. Ainsi, $n(HL^-) = cV_{total} = 0,67 \times 10^{-3} \times 1,01 \times 10^{-2} = 6,77 \times 10^{-6}$ mol.

La masse d'ions salicylate correspondante vaut $m(HL^-) = nM(HL^-) = 6,77 \times 10^{-6} \times 137,1 = 9,28 \times 10^{-4}$ g. La masse de l'échantillon de crème est $m(\text{crème}) = \rho V_{\text{crème}} = 860 \times 0,100 \times 10^{-3} = 8,60 \times 10^{-2}$ g. Le pourcentage massique est donc $w_{mes} = m(HL^-)/m(\text{crème}) \times 100 \approx 1,08$ %.

RÉPONSE À RETENIR

L'échantillon contient environ **$n(HL^-)$ = 6,8 × 10⁻⁶ mol**. La teneur massique mesurée est **wmes ≈ 1,08 %**.

Question 9.

Sujet p. 9, 12

Comparer le résultat obtenu expérimentalement à celui indiqué sur l'étiquette du flacon, en utilisant le critère donné : la valeur mesurée wmes est compatible avec la valeur de référence wref si |wmes − wref|/u(w) ≤ 2, avec u(w) = 0,02 %.

On applique le critère fourni avec wmes ≈ 1,08 %, wref = 1,00 % et u(w) = 0,02 % :

$$\frac{|w_{\text{mes}} - w_{\text{ref}}|}{u(w)} = \frac{|1,08 - 1,00|}{0,02} = 4,0.$$

Ce quotient est supérieur à 2, limite indiquée pour conclure à la compatibilité.

RÉPONSE À RETENIR

La teneur mesurée est **incompatible**, selon le critère fourni, avec la valeur de 1,00 % annoncée sur l’étiquette.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2023/spe-physique-chimie-2023-asie-1-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.