BAC STI2D · PHYSIQUE-CHIMIE & MATHÉMATIQUES · POLYNÉSIE · 17 JUIN 2025

Corrigé – Polynésie Juin 2025

3 heures · Calculatrice autorisée · 20 points

Exercice 1 – Accélération d'un véhicule

Physique-Chimie & Mathématiques – 4 pts

Question 1 – Nature du mouvement sur chaque intervalle

En lisant le graphique du document 1, la vitesse $v(t)$ évolue de la façon suivante :

RÉPONSE

- **[0 ; 5] :** la vitesse augmente de 0 à $10\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ $\rightarrow$ **mouvement rectiligne accéléré**.
- **[5 ; 10] :** la vitesse est constante $(10\,\mathrm{m\cdot s^{-1}})$ $\rightarrow$ **mouvement rectiligne uniforme**.
- **[10 ; 30] :** la vitesse augmente de 10 à $20\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ $\rightarrow$ **mouvement rectiligne accéléré**.
- **[30 ; 50] :** la vitesse diminue de 20 à $0\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ $\rightarrow$ **mouvement rectiligne décéléré**.

Question 2 – Accélération sur [1 ; 4]

Sur $[1\,;\,4]$, on admet $v(t) = 2t$. L'accélération est la dérivée de la vitesse :

$$a(t) = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}(t) = \frac{\mathrm{d}(2t)}{\mathrm{d}t}$$

RÉPONSE

$$a(t) = 2\ \mathrm{m\,s^{-2}} \quad \text{(constante sur [1 ; 4])}$$

Question 3 – Distance totale parcourue

MÉTHODE

$D = \displaystyle\int_0^{50} v(t)\,\mathrm{d}t$ est l'aire sous la courbe $v(t)$. On décompose en régions géométriques simples.
L'encadré hachuré (25 u.a.) aide à calibrer : 1 u.a. = $5\,\mathrm{s} \times 5\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ = 25 m.

RÉPONSE

- $[0\,;\,5]$: courbe proche d'un triangle $\approx \frac{1}{2} \times 5 \times 10 = 25$ m
- $[5\,;\,10]$: rectangle $= 5 \times 10 = 50$ m
- $[10\,;\,30]$: trapèze $= \frac{10+20}{2} \times 20 = 300$ m
- $[30\,;\,50]$: triangle $= \frac{1}{2} \times 20 \times 20 = 200$ m

$$\boxed{D \approx 25 + 50 + 300 + 200 = 575\ \text{m}}$$

Question 4 – Vitesse moyenne en km/h

RAPPEL DE COURS

$$v_{moy} = \frac{D}{\Delta t}$$

$$v_{moy} = \frac{575}{50} = 11{,}5\,\mathrm{m\,s^{-1}} \quad \Longrightarrow \quad v_{moy} = 11{,}5 \times 3{,}6$$

RÉPONSE

$$v_{moy} \approx 41{,}4\,\mathrm{km \cdot h^{-1}}$$

Question 5 – Inventaire des forces

RÉPONSE

Quatre forces s'exercent sur le véhicule en mouvement sur route horizontale :

- Le **poids** $\vec{P}$ (vers le bas) ;
- La **réaction normale** du sol $\vec{N}$ (vers le haut) ;
- La **force de traction** $\vec{F}$ du moteur (dans le sens du mouvement) ;
- Les **forces de frottement** (résistance à l'avancement) $\vec{f}$ (opposées au mouvement).

Question 6 – Force négligée

RÉPONSE

La relation $\vec{F} = M\vec{a}$ ne fait intervenir que la traction et l'accélération. La force **négligée** est donc la **force de frottement** (résistance à l'avancement / résistance de l'air).

Question 7 – Vérification de l'intensité de la force de traction

Sur $[15\,;\,25]$ (inclus dans $[10\,;\,30]$), on admet $a = 0{,}5\,\mathrm{m\,s^{-2}}$.

$$F = M \times a = 1600 \times 0{,}5$$

RÉPONSE

$$F = 800\,\mathrm{N}$$

La valeur de la force de traction est bien d'environ **800 N**, ce qui confirme l'affirmation du constructeur.

Exercice 2 – Préserver son audition

Physique-Chimie – 6 pts

Question 1 – Protocole expérimental

RÉPONSE

Matériel utilisé : GBF, haut-parleur, sonomètre, mètre ruban, ordinateur muni d'un tableur-grapheur.
Protocole :

1. Relier le GBF au haut-parleur et régler le signal sonore à amplitude constante.
2. Placer le sonomètre à une distance D du haut-parleur (mesurée avec le mètre ruban). Relever

l'intensité sonore I correspondante.

3. Répéter pour plusieurs valeurs de D (de 0,5 m à quelques mètres).
4. Pour chaque mesure, calculer $1/D^2$.
5. Saisir les couples $(1/D^2\ ;\ I)$ dans le tableur et tracer le graphique $I = f(1/D^2)$.

Question 2 – Ajout du point expérimental au graphique

RÉPONSE

À $D = 0{,}40\,\text{m}$, on calcule :

$$\frac{1}{D^2} = \frac{1}{(0{,}40)^2} = \frac{1}{0{,}16} = 6{,}25\ \text{m}^{-2}$$

Le point à ajouter sur le graphique est :

$$\left(6{,}25\ \text{m}^{-2}\ ;\ 18{,}6 \times 10^{-6}\ \text{W}\,\text{m}^{-2}\right)$$

Question 3 – Description de l'évolution

RÉPONSE

Le graphique montre que l'intensité sonore I **est proportionnelle à** $1/D^2$: les points sont alignés suivant une droite passant par l'origine. Ainsi, quand la distance à la source **double**, l'intensité sonore est **divisée par 4**. Plus on s'éloigne de la scène, plus le son s'affaiblit, et ce de façon rapide.

Question 4 – Niveau sonore à la place la plus éloignée (D = 80 m)

RAPPEL DE COURS

$I = 14{,}3 \times \dfrac{1}{D^2}$ (en $\text{W}\,\text{m}^{-2}$, D en m) et $L = 10\log\left(\dfrac{I}{I_0}\right)$ avec $I_0 = 10^{-12}\ \text{W}\,\text{m}^{-2}$.

$$I = 14{,}3 \times \frac{1}{80^2} = \frac{14{,}3}{6400} = 2{,}234 \times 10^{-3}\ \text{W}\,\text{m}^{-2}$$

$$L = 10\log\left(\frac{2{,}234 \times 10^{-3}}{10^{-12}}\right) = 10\log\left(2{,}234 \times 10^{9}\right) = 10 \times (9 + \log 2{,}234) = 10 \times (9 + 0{,}349)$$

RÉPONSE

$$L \approx 93{,}5\,\text{dB} \approx 93\,\text{dB}$$

Le niveau sonore à la place la plus éloignée vaut environ **93 dB**.

Question 5 – Nécessité des protections auditives

RÉPONSE

Même à la distance **maximale** ($D = 80\,\text{m}$), le niveau sonore atteint **93 dB**, ce qui est supérieur à la limite de 90 dB. Le spectateur ne peut donc pas se protéger simplement en s'éloignant. **Le port de protections auditives est nécessaire** quelle que soit la place choisie.

Question 6 – Atténuation de la protection auditive

RAPPEL DE COURS

$$A = 20\log\left(\frac{U_{\text{sans}}}{U_{\text{avec}}}\right)$$

Les deux oscillogrammes ont le même nombre de divisions en amplitude, mais les sensibilités verticales diffèrent : $500\,\text{mV/div}$ (sans bouchon) et $50\,\text{mV/div}$ (avec bouchon). Ainsi :

$$\frac{U_{\text{sans}}}{U_{\text{avec}}} = \frac{500\text{ mV}}{50\text{ mV}} = 10$$

RÉPONSE

$$A = 20\log(10) = 20 \times 1$$
$$A = 20\,\text{dB}$$

Question 7 – Niveau sonore perçu avec bouchon juste devant la scène

Le niveau sonore à la place la plus proche est $L = 102\,\text{dB}$.

RÉPONSE

$$L_{\text{perçu}} = L - A = 102 - 20$$
$$L_{\text{perçu}} = 82\,\text{dB} < 90\,\text{dB}$$

Avec les protections auditives, le spectateur perçoit un niveau de **82 dB**, en dessous du seuil dangereux de 90 dB.

Question 8 – Fréquence du son

RAPPEL DE COURS

La période T se lit sur l'axe horizontal de l'oscillogramme. $f = 1/T$.

La sensibilité horizontale est $1{,}0\,\text{ms/div}$ pour les deux oscillogrammes. Une période occupe 2 divisions :

$$T = 2 \times 1{,}0\text{ ms} = 2{,}0\text{ ms}$$

RÉPONSE

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}0 \times 10^{-3}} = 500\,\text{Hz}$$

La fréquence du son est **identique** avec et sans bouchon : la protection auditive ne change pas la hauteur du son, seulement son amplitude.

Question 9 – Son pur ou son complexe ?

RÉPONSE

Un **son pur** n'est composé que d'une seule fréquence (un seul pic dans le spectre). Un **son complexe** présente plusieurs fréquences.
Le spectre du document 7 montre **plusieurs pics** : la fréquence fondamentale $f_0 = 220$ Hz (La2) et plusieurs harmoniques (440 Hz, 660 Hz, etc.). La voix du chanteur est donc un **son complexe**.

Question 10 – Modification de la voix par la protection auditive ?

RÉPONSE

D'après le document 8, l'atténuation n'est **pas constante** selon la fréquence :

- De 220 à $2000\,\mathrm{Hz}$: atténuation de $\approx 19{,}2$ à $19{,}4\,\mathrm{dB}$ (quasiment constante).
- À $3000\,\mathrm{Hz}$: atténuation de $18{,}2\,\mathrm{dB}$.
- À $3500\,\mathrm{Hz}$: atténuation de $16{,}9\,\mathrm{dB}$ (nettement plus faible).

Les harmoniques élevées du chanteur (si elles sont présentes au-delà de 3 000 Hz) sont donc **moins atténuées** que les harmoniques basses. Le timbre perçu est légèrement modifié, mais l'effet reste faible (écart maximal de 2,5 dB sur toute la plage).
Conclusion : la voix du chanteur est **légèrement modifiée** par les protections auditives en raison de l'atténuation non uniforme en fréquence.

Exercice 3 – Mathématiques

(4 pts)

Partie I – Nombres complexes

Question 1 – Forme exponentielle de z_1

On considère $z_1 = \sqrt{3} - \mathrm{i}$.
Calcul du module :

$$|z_1| = \sqrt{(\sqrt{3})^2 + (-1)^2} = \sqrt{3+1} = \sqrt{4} = 2$$

Calcul de l'argument :

On cherche θ tel que $\cos\theta = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$ et $\sin\theta = \dfrac{-1}{2}$.

MÉTHODE

$\cos\theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$ et $\sin\theta = \frac{-1}{2}$ correspondent à $\theta = -\frac{\pi}{6}$ (z_1 est dans le quatrième quadrant car partie réelle positive, partie imaginaire négative).

RÉPONSE

$$z_1 = 2\,e^{-i\frac{\pi}{6}}$$

Question 2 – $Z = z_1^3 \times z_2^2$ est un réel

On dispose de $z_1 = 2\,e^{-i\pi/6}$ et $z_2 = 2\,e^{i\pi/4}$.
Calcul de z_1^3 :

$$z_1^3 = \left(2\,e^{-i\pi/6}\right)^3 = 2^3\,e^{-3i\pi/6} = 8\,e^{-i\pi/2}$$

Calcul de z_2^2 :

$$z_2^2 = \left(2\,e^{i\pi/4}\right)^2 = 2^2\,e^{2i\pi/4} = 4\,e^{i\pi/2}$$

Calcul de Z :

$$Z = z_1^3 \times z_2^2 = 8\,e^{-i\pi/2} \times 4\,e^{i\pi/2} = 32\,e^{i(-\pi/2+\pi/2)} = 32\,e^0 = 32 \times 1$$

RÉPONSE

$$Z = 32$$

$Z = 32 \in \mathbb{R}$: l'argument de Z est nul, sa partie imaginaire est nulle. Z est bien un **nombre réel**.

Partie II – Équation différentielle

Question 3 – Ensemble des solutions de (E)

L'équation différentielle est $y' = -4y + 80$, soit $y' + 4y = 80$.

Solution de l'équation homogène $y' + 4y = 0$:

$$y_h(t) = C\,e^{-4t}, \quad C \in \mathbb{R}$$

Solution particulière constante $y_p = k$, donc $y_p' = 0$:

$$0 + 4k = 80 \implies k = 20$$

> **RÉPONSE**
>
> Les solutions de (E) sur $\mathbb{R}$ sont :
>
> $$y(t) = C\,e^{-4t} + 20, \quad C \in \mathbb{R}$$

Question 4 – Solution f vérifiant $f(0) = 100$

On applique la condition initiale à la solution générale $f(t) = Ce^{-4t} + 20$:

$$f(0) = C\,e^{0} + 20 = C + 20 = 100 \implies C = 80$$

> **RÉPONSE**
>
> $$f(t) = 80\,e^{-4t} + 20$$

Question 5 – Limite de f en $+\infty$

Comme $-4 < 0$, on a $\lim_{t\to+\infty} e^{-4t} = 0$, donc :

> **RÉPONSE**
>
> $$\lim_{t\to+\infty} f(t) = \lim_{t\to+\infty} \left(80\,e^{-4t} + 20\right) = 0 + 20 = \mathbf{20}$$
>
> La solution converge vers la valeur d'équilibre $y = 20$ (solution particulière constante).

Exercice 4 – Un traitement respectueux de la biodiversité

Physique-Chimie – 6 pts

Question 1 – Appareil de mesure du pH

> **RÉPONSE**
>
> L'appareil permettant la mesure du pH d'une solution est le **pH-mètre** (ou pHmètre électronique).

Question 2 – Définitions pH acide / neutre / basique

> **RÉPONSE**
>
> – Solution **acide** : pH < 7
>
> – Solution **neutre** : pH $= 7$
>
> – Solution **basique** : pH > 7

Question 3 – pH correspondant aux deux concentrations limites

RAPPEL DE COURS

$\mathrm{pH} = -\log[\mathrm{H_3O^+}]$

Pour $[\mathrm{H_3O^+}] = 1{,}1 \times 10^{-6}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$:

$$\mathrm{pH}_1 = -\log(1{,}1 \times 10^{-6}) = 6 - \log(1{,}1) = 6 - 0{,}041 = 5{,}96$$

Pour $[\mathrm{H_3O^+}] = 3{,}2 \times 10^{-6}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$:

$$\mathrm{pH}_2 = -\log(3{,}2 \times 10^{-6}) = 6 - \log(3{,}2) = 6 - 0{,}505 = 5{,}50$$

RÉPONSE

Les pH correspondant aux deux concentrations limites sont :

$$\mathrm{pH}_1 \approx 5{,}96 \quad \text{et} \quad \mathrm{pH}_2 \approx 5{,}50$$

La plage de pH correspondant aux préconisations est donc $5{,}50 \leq \mathrm{pH} \leq 5{,}96$.

Question 4 – Plage de pH préconisée pour la biodiversité

En lisant le document 10, la plage qui minimise les risques pour *toutes* les espèces (poissons, plantes, bactéries) est celle où aucune catégorie ne présente de risque fort.

RÉPONSE

D'après le document 10, les plages de pH recommandées sont :

- $\mathbf{6{,}0 - 6{,}5}$: risque faible pour les poissons et les bactéries, pas de risque pour les plantes.
- $\mathbf{6{,}5 - 7{,}0}$: risque faible pour toutes les espèces (meilleur compromis global).

La plage **6,5 à 7** est la plus favorable à la préservation de la biodiversité.

Question 5 – Espèces en danger à pH = 5,8

Le pH de 5,8 se situe dans la ligne 5,5–6 du document 10.

RÉPONSE

À pH = 5,8 (plage 5,5–6) :

- Les **poissons** : risque fort.
- Les **bactéries** : risque fort.
- Les plantes : pas de risque.

Les **poissons** et les **bactéries** sont en danger.

Question 6 – Concentration initiale en ions oxonium

À $\mathrm{pH} = 5{,}8$:

$$[\mathrm{H_3O^+}]_0 = 10^{-\mathrm{pH}} = 10^{-5{,}8} = 10^{-6} \times 10^{0{,}2} = 10^{-6} \times 1{,}585$$

RÉPONSE

$$[\mathrm{H_3O^+}]_0 \approx 1{,}6 \times 10^{-6}\ \mathrm{mol\,L^{-1}} \qquad \square$$

Question 7 – Volume initial de l'étang

$$V = L \times \ell \times p = 50{,}0 \times 10{,}0 \times 4{,}0 = 2000\ \mathrm{m^3}$$

RÉPONSE

$$V = 2000\,\mathrm{m}^3 = 2{,}0 \times 10^6 \text{ L}$$

(On rappelle que 1 m^3 $= 1000$ L.)

Question 8 – Quantité de matière initiale n_0 d'ions oxonium

$$n_0 = [\mathrm{H_3O^+}]_0 \times V = 1{,}6 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \times 2{,}0 \times 10^6 \text{ L}$$

RÉPONSE

$$n_0 = 3{,}2 \text{ mol} \qquad \square$$

Question 9 – Sens d'évolution du pH lors de l'ajout d'eau pure

RÉPONSE

L'eau pure est neutre (pH = 7). L'ajout d'eau pure **dilue** la solution acide : la concentration en ions H_3O^+ diminue. Le pH **augmente** (se rapproche de 7).

Question 10 – Volume final pour atteindre pH = 6,8

Pour $\mathrm{pH_{final}} = 6{,}8$:

$$[\mathrm{H_3O^+}]_f = 10^{-6{,}8} = 10^{-7} \times 10^{0{,}2} \approx 1{,}585 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$

Conservation de la quantité de matière lors de la dilution ($n_0 = n_f$) :

$$n_0 = [\mathrm{H_3O^+}]_f \times V_f \implies V_f = \frac{n_0}{[\mathrm{H_3O^+}]_f} = \frac{3{,}2}{1{,}585 \times 10^{-7}} \approx 2{,}0 \times 10^7 \text{ L}$$

RÉPONSE

$$V_f \approx 2{,}0 \times 10^7 \text{ L} = 2{,}0 \times 10^4 \text{ m}^3 = 20\,000\,\mathrm{m}^3$$

Question 11 – Commentaire

RÉPONSE

Le volume final nécessaire ($20\,000\,\mathrm{m}^3$) représente **10 fois** le volume initial de l'étang ($2000\,\mathrm{m}^3$). Il faudrait donc multiplier le volume de l'étang par 10 en y ajoutant $18\,000$ m^3 d'eau pure.
Cela est **totalement irréaliste** pour un agriculteur. L'ajout d'eau pure ne constitue pas une solution praticable pour corriger l'acidité de l'étang.

Question 12 – Équation bilan de la réaction acido-basique

Les couples mis en jeu sont H_3O^+/H_2O et HCO_3^-/CO_3^{2-}.
L'acide H_3O^+ réagit avec la base CO_3^{2-} :

RÉPONSE

$$\mathrm{H_3O^+(aq) + CO_3{}^{2-}(aq) \longrightarrow HCO_3{}^{-}(aq) + H_2O\,(l)}$$

Question 13 – Masse de carbonate de calcium à ajouter

Chaque mole de $CaCO_3$ fournit une mole d'ions CO_3^{2-}, donc $n(\mathrm{CaCO_3}) = n(\mathrm{CO_3^{2-}}) = 3{,}4$ mol.
Masse molaire de $CaCO_3$:

$$M(\mathrm{CaCO_3}) = M(\mathrm{Ca}) + M(\mathrm{C}) + 3\,M(\mathrm{O}) = 40{,}1 + 12{,}0 + 3 \times 16{,}0 = 40{,}1 + 12{,}0 + 48{,}0 = 100{,}1 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m = n \times M = 3{,}4 \times 100{,}1$$

RÉPONSE

$$m(\text{CaCO}_3) \approx 340 \text{ g} \approx 0{,}34\,\text{kg}$$

Question 14 – Choix de la méthode la plus réaliste

RÉPONSE

Comparaison des deux méthodes :

- **Ajout d'eau** : nécessite $18\,000$ m^3 d'eau supplémentaire, soit l'équivalent de 9 fois le volume actuel de l'étang. Impossible.
- **Ajout de CaCO$_3$** : nécessite seulement **340 g** de carbonate de calcium ($\approx 0{,}34$ kg), produit courant disponible en agriculture (calcaire broyé).

L'ajout de **carbonate de calcium** (chaulage) est de loin la méthode la plus réaliste et la plus utilisée par les agriculteurs pour corriger l'acidité des plans d'eau.

Corrigé réalisé par Pierre Carrée – pierre-carree.fr – Document à usage pédagogique uniquement