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 en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2024**

# SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

# Physique-Chimie et Mathématiques

## ÉPREUVE DU MERCREDI 11 SEPTEMBRE 2024

Durée de l'épreuve : **3 heures**

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.*
*L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

**PHYSIQUE-CHIMIE** ..... 14/20 points
**MATHÉMATIQUES** ..... 6/20 points

**EXERCICE 1 (4 points) (**physique-chimie et mathématiques)

## Isolation phonique et réverbération

La réverbération est un phénomène acoustique qui désigne la persistance d'un son dans un espace clos lorsque sa source a cessé d'émettre.
Pour atténuer ce phénomène, une solution consiste à installer des panneaux de matériaux absorbants acoustiques sur les murs. Cet exercice étudie les propriétés d'absorption acoustique de deux matériaux, la mousse de mélamine et le feutre acoustique.

**Donnée :** On rappelle la relation entre niveau sonore et intensité acoustique :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

où :

- $L$ est le niveau sonore en dB ;
- $I$ est l'intensité acoustique du son considéré en $W \cdot m^{-2}$ ;
- $I_0$ est l'intensité acoustique correspondant au seuil conventionnel d'audibilité, soit $10^{-12}$ $W \cdot m^{-2}$ ;
- log désigne le logarithme décimal.

**Q1.** Calculer la valeur de l'intensité acoustique $I_1$ correspondant à un son de niveau sonore $L_1$ = 85 dB.

Pour caractériser l'absorption des ondes sonores dans la mousse de mélamine, on place une source d'ondes sonores en contact avec une plaque de ce matériau, comme représenté sur la figure 1. On note $I$(x) l'intensité acoustique de l'onde sonore après traversée d'une épaisseur $x$ de matériau absorbant.

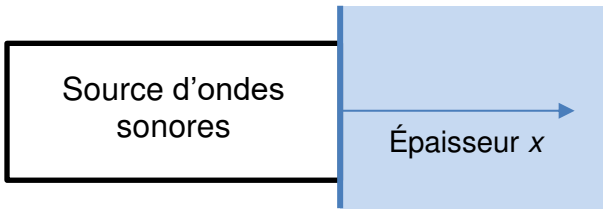



Figure 1 – Émission d'une onde sonore dans une plaque de mousse de mélamine.

Dans un modèle simple, on montre que l'intensité sonore $I(x)$ dans la mousse de mélamine vérifie la relation :

$$\frac{dI}{dx} = -\mu I(x)$$

où $\mu$ est un coefficient caractéristique du matériau.
Pour la mousse de mélamine, on a : $\mu$ = 0,262 $cm^{-1}$.

Pour des valeurs de $x$, en cm, l'intensité acoustique $I(x)$ peut donc être obtenue en résolvant l'équation différentielle :

$$(E) : y' = -\ 0{,}262\ y$$

**Q2.** Déterminer les solutions sur $[0\ ;\ +\infty[$ de l'équation différentielle (E).

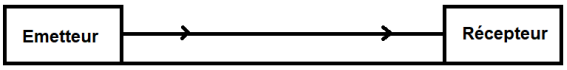
**Q3.** Montrer que la fonction $f$ définie sur $[0\ ;\ +\infty[$ par $f(x) = 3{,}2.10^{-4}e^{-0{,}262x}$ est la solution particulière de (E) vérifiant la condition initiale $f(0) = 3{,}2.10^{-4}$.

**Q4.** Résoudre sur $[0\ ;\ +\infty[$ l'équation $e^{-0{,}262\,x} = 0{,}5$. Déterminer la distance de propagation $d$ au bout de laquelle l'intensité acoustique de l'onde est divisée par 2.

On étudie par ailleurs expérimentalement les propriétés d'une plaque d'isolant acoustique constituée de feutrine de polyester, selon le protocole suivant.

Dans une première expérience, le signal sonore est reçu directement par un récepteur après propagation dans l'air (figure 2.a). Dans une deuxième expérience, on intercale une plaque de feutrine de polyester entre l'émetteur et le récepteur (figure 2.b). Le signal reçu est, dans les deux cas, visualisé à l'oscilloscope, comme indiqué sur les figures 2.a et 2.b ci-après. La puissance de l'onde émise par l'émetteur est identique dans les deux cas. Au cours des deux expériences, on néglige l'atténuation du son dans l'air.

Figure 2.a



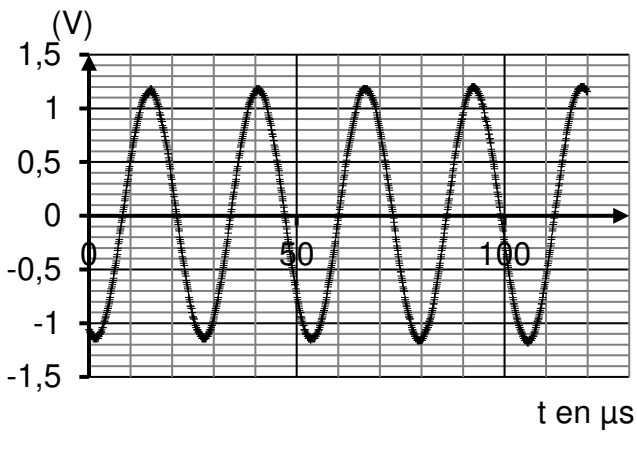
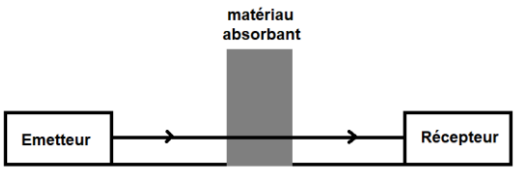




Figure 2.b



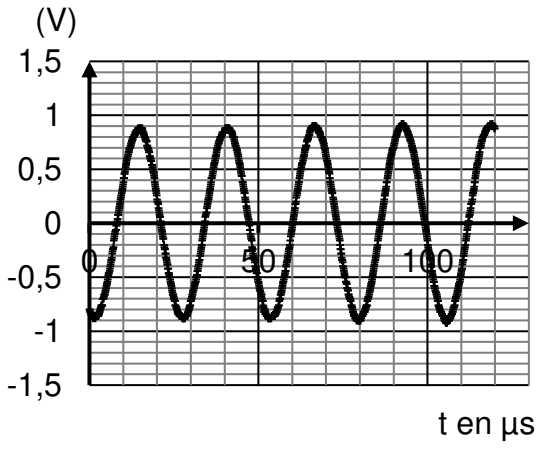




Figure 2 – Étude d'une plaque d'isolant acoustique

On note $U_a$ l'amplitude du signal reçu dans la première expérience, et $U_b$ celle du signal reçu dans la deuxième expérience, en présence de la plaque absorbante.
Les intensités acoustiques correspondantes sont respectivement notées $I_a$ et $I_b$.
On précise que le rapport des intensités acoustiques $\frac{I_b}{I_a}$ est donné par la relation :

$$\frac{I_b}{I_a} = \left(\frac{U_b}{U_a}\right)^2$$

**Q5.** Grâce aux figures 2.a et 2.b, calculer le rapport des amplitudes $\frac{U_b}{U_a}$.

Pour une plaque d'isolant acoustique, on définit le coefficient d'absorption acoustique $\alpha = 1 - \frac{I_b}{I_a}$, de valeur comprise entre 0 et 1, qui correspond au rapport entre l'intensité absorbée par la plaque et l'intensité incidente.
Plus le coefficient $\alpha$ est élevé, plus la plaque absorbe efficacement les ondes sonores**.**

**Q6.** En s'appuyant sur le document 1 ci-après, montrer que la plaque étudiée est de classe D.

| **Valeur de $\alpha$** | **Classe d'absorption** |
|---|---|
| $\alpha > 0{,}90$ | A |
| $0{,}80 < \alpha \leq 0{,}90$ | B |
| $0{,}60 < \alpha \leq 0{,}80$ | C |
| $0{,}30 < \alpha \leq 0{,}60$ | D |
| $0{,}15 < \alpha \leq 0{,}30$ | E |
| $\alpha < 0{,}15$ | Non classé |

Document 1 – Classes d'absorption acoustique de matériaux absorbants, selon la norme ISO 11654

**EXERCICE 2 (7 points)** (physique-chimie)

## Impact de la pollution atmosphérique sur les bâtiments historiques

Les sculptures et monuments historiques construits en pierres calcaires souffrent de l'action de la pollution atmosphérique des villes.



Ainsi, la dissolution du dioxyde de soufre présent dans l'air dans les eaux de pluies entraîne la formation d'acide sulfurique $H_2SO_{4(aq)}$ .

Celui-ci se dissocie totalement dans l'eau en libérant des ions $H_3O^+_{(aq)}$. Le *pH* des eaux de pluie peut alors être inférieur à 5.

**Données :**

- Formule du calcaire : $CaCO_{3(s)}$ ou $(Ca^{2+},CO_3^{2-})_{(s)}$.
- Les couples acides bases à considérer dans cette étude sont :

$$HCO_{3(aq)}^- \quad / \quad CO_{3\,(aq)}^{2-}$$
$$H_3O^+_{(aq)} \quad / \quad H_2O_{(l)}$$

**Q1.** À partir des informations données en début d'exercice, justifier le caractère acide des eaux de pluies dans lesquelles le dioxyde de soufre présent dans l'air s'est dissout.

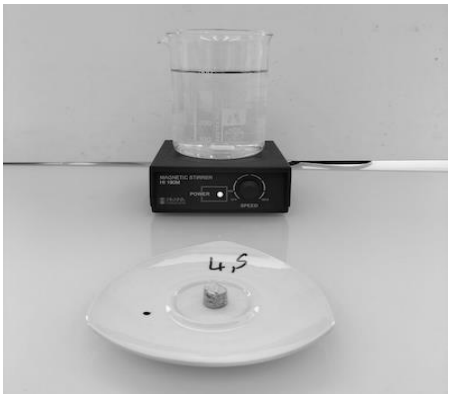
**Q2.** Écrire l'équation de la réaction acide-base qui a lieu lorsque les ions oxonium $H_3O^+_{(aq)}$ réagissent avec les ions carbonate $CO_{3\,(aq)}^{2-}$ du calcaire. Les ions calcium $Ca^{2+}$ sont spectateurs, ils n'interviennent pas dans le bilan de la réaction.

**Étude expérimentale**

Pour étudier au laboratoire l'action de l'eau acidifiée par l'acide sulfurique sur la pierre composant les immeubles on met en présence un morceau de calcaire cylindrique calibré et une solution d'acide sulfurique dont le *pH* vaut 4,5.

À l'instant initial, on plonge le morceau de calcaire dans la solution, on déclenche le chronomètre et on mesure la diminution de la masse de calcaire au cours du temps, au milligramme près.

Le document 1 montre le matériel expérimental employé.




Réactifs et matériel mis en œuvre :
- Une solution aqueuse d'acide sulfurique de *pH* = 4,5.
- Un morceau de pierre calcaire.
- Un chronomètre.
- Un agitateur magnétique.
- Une balance de précision à 0,001 g.

Document 1 – Photo du matériel expérimental

Les résultats de l'expérience sont consignés dans le tableau du document 2.

| Temps (minutes) | 0 | 30 | 60 | 90 | 150 | 210 | 270 | 495 | 1000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m_{calcaire}$ (g) | 4,622 | 4,622 | 4,622 | 4,621 | 4,622 | 4,620 | 4,610 | 4,605 | 4,600 |

Document 2 - masse des pierres calcaires en fonction du temps

**Q3.** Calculer la concentration en ions $H_3O^+_{(aq)}$ dans la solution à l'instant initial.

**Q4.** À l'aide des données du tableau, calculer la perte de masse de calcaire a diminué pour une durée d'expérience de 4,5 h.

La surface du morceau de pierre en contact avec la solution d'acide sulfurique est $S = 6{,}7 \times 10^{-4}$ m² et la masse volumique du calcaire est $\rho = 2{,}500 \times 10^6$ g·m$^{-3}$.

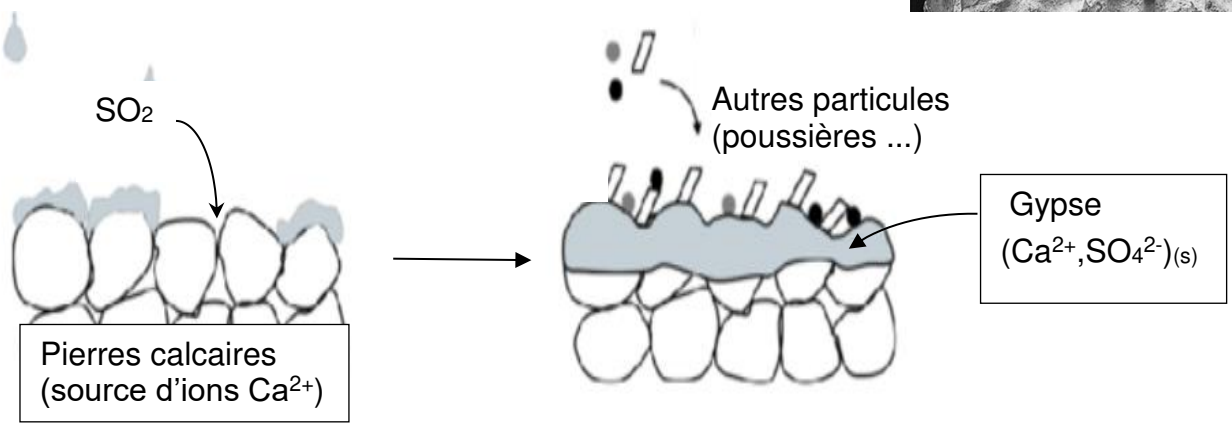
**Q5.** Calculer la diminution du volume de la pierre, notée $\Delta V$, au bout d'une durée de présence dans la solution de 4,5 h.

**Q6.** Sachant que la variation de volume de la pierre entraine une diminution de l'épaisseur $\Delta e = \frac{\Delta V}{S}$, montrer que la diminution d'épaisseur de la partie de la pierre en contact avec la solution d'acide sulfurique vaut : $\Delta e = 7{,}2$ µm.
En admettant que la vitesse d'attaque du calcaire par l'acide reste constante, calculer le temps nécessaire pour que la réaction ait enlevé une couche de 1 mm d'épaisseur au calcaire.

**La formation de gypse**

La présence de dioxyde de soufre dans l'air entraîne également la formation de gypse (sulfate de calcium) sur les pierres calcaires. Ce dépôt de gypse protège le calcaire de l'action des pluies acides mais il forme des dépôts noirs sur les façades.






Document 3 - Étapes de la formation de gypse

**Q7.** Expliquer en quoi la formation de gypse peut limiter l'action des pluies acides sur la pierre.

Afin de redonner aux pierres leur couleur d'origine, on peut ôter le gypse à l'aide d'une source laser dont le document 4 présente les caractéristiques. Ce laser émet des impulsions lumineuses.

| Modèle | Longueur d'onde | Durée d'une impulsion | Nombre de photons par impulsion | Puissance moyenne du laser | Section du faisceau laser |
|---|---|---|---|---|---|
| Laser | 1064 nm | 100 ns | $4{,}0 \times 10^{14}$ | 300 W | $1{,}4 \times 10^{-2}$ m$^2$ |

Document 4 - Caractéristiques du laser utilisé

**Q8.** Montrer que l'énergie d'un photon émis par ce laser a pour valeur $E_{photon} = 1{,}87 \times 10^{-19}$ J.
On donne $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s$^{-1}$ et $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m·s$^{-1}$.

**Q9.** À partir de la question précédente et des caractéristiques de la source laser utilisée, montrer que l'énergie $E_{imp}$ émise lors d'une impulsion vaut environ $7{,}5 \times 10^{-5}$J.

**Q10.** Si le laser émet $n_{imp}$ impulsions par seconde, montrer que sa puissance moyenne $P_{moy}$ vérifie : $P_{moy} = n_{imp} \times E_{imp}$.
Calculer la valeur du nombre d'impulsions par seconde, $n_{imp}$.

L'utilisation de ce laser nécessite le port de verres de protection par l'opérateur.
Le choix du type de verre à utiliser dépend de l'énergie émise par impulsion mais aussi de l'irradiance (en W·m$^{-2}$) du faisceau laser.
Le document 5 indique les types de verre à porter en fonction de la valeur de ces deux grandeurs.

| Numéro d'échelon des verres | Irradiance moyenne (W·m$^{-2}$) | Énergie maximale par impulsion (J) |
|---|---|---|
| R1 | $1 \times 10^{2}$ | $2 \times 10^{-6}$ |
| R2 | $1 \times 10^{3}$ | $2 \times 10^{-5}$ |
| R3 | $1 \times 10^{4}$ | $2 \times 10^{-4}$ |
| R4 | $1 \times 10^{5}$ | $2 \times 10^{-3}$ |
| R5 | $1 \times 10^{6}$ | $2 \times 10^{-2}$ |

Document 5 - Type de verres de protection en fonction de l'énergie maximale par impulsion et de l'irradiance maximale (normes AFNOR).

**Q11.** En considérant uniquement l'énergie émise par une impulsion, indiquer le numéro d'échelon des verres de protection nécessaires.

**Q12.** À partir des données du document 4, calculer l'irradiance moyenne pour la source laser utilisée.
Expliquer pourquoi l'opérateur doit au minimum porter des protections de type R4 lors de l'utilisation du laser.

**EXERCICE 3 (4 points**) (mathématiques)

**Dans cet exercice, les questions 1, 2, 3 et 4 sont indépendantes les unes des autres.**

**Question 1**

*Pour cette question, indiquer la lettre de la réponse exacte.*

*Aucune justification n'est demandée.*

Pour tout nombre réel $x > 0$, l'expression $3\ln(2x) - \ln(8)$ est égale à :

| A | B | C | D |
|---|---|---|---|
| $\ln\left(\frac{3}{2}x\right)$ | $3\ln(x)$ | $3\ln\left(\frac{x}{4}\right)$ | $3\ln(2x-8)$ |

**Question 2**

*Pour cette question, indiquer la lettre de la réponse exacte.*

*Aucune justification n'est demandée.*

Soit la fonction $g$ définie sur **R** par $g(x) = x^2\mathrm{e}^{-2x}$. On admet que $g$ est dérivable sur **R** et on note $g'$ la fonction dérivée de $g$. Pour tout nombre réel $x$, on a :

| A | B |
|---|---|
| $g'(x) = 2x\mathrm{e}^{-2x}(1-x)$ | $g'(x) = -4x\mathrm{e}^{-2x}$ |

| C | D |
|---|---|
| $g'(x) = 2x\mathrm{e}^{-2x}(1+x)$ | $g'(x) = -2x^2\mathrm{e}^{-2x}$ |

**Question 3**

Le plan complexe est rapporté à un repère orthonormé (O ; $\vec{u}$, $\vec{v}$). On désigne par i le nombre complexe de module 1 et d'argument $\frac{\pi}{2}$.

Soient les points A et B d'affixes respectives $z_A = 2\mathrm{e}^{\mathrm{i}\frac{\pi}{3}}$ et $z_B = -\sqrt{3} + \mathrm{i}$.

Donner la forme algébrique de $z_A$ ainsi que la forme exponentielle de $z_B$.

**Question 4**

En faisant apparaître les étapes de calcul, calculer :

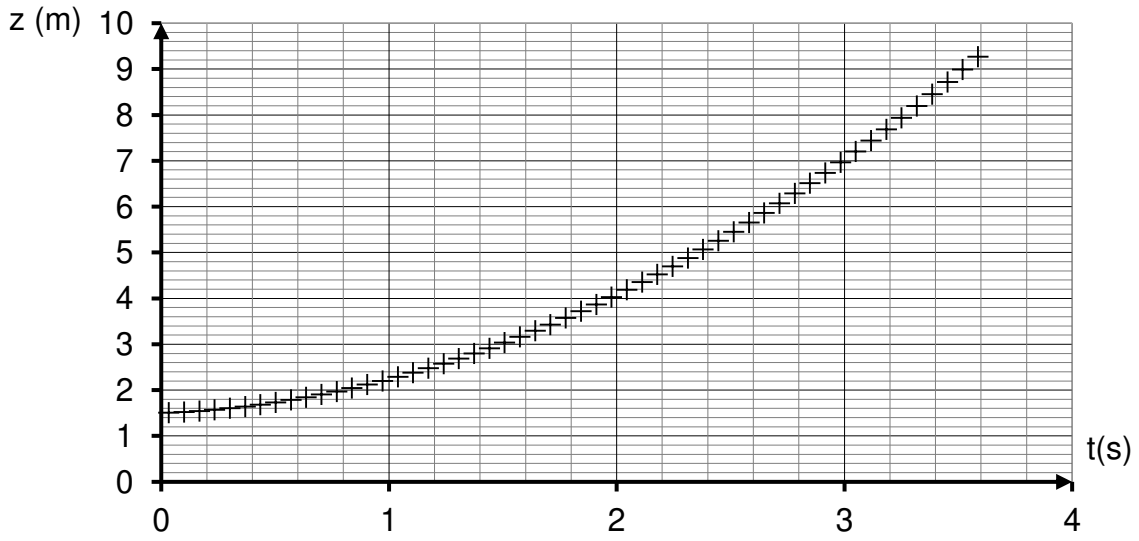
$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(2x)\,\mathrm{d}x.$$

**EXERCICE 4 (5 points)** (physique-chimie)

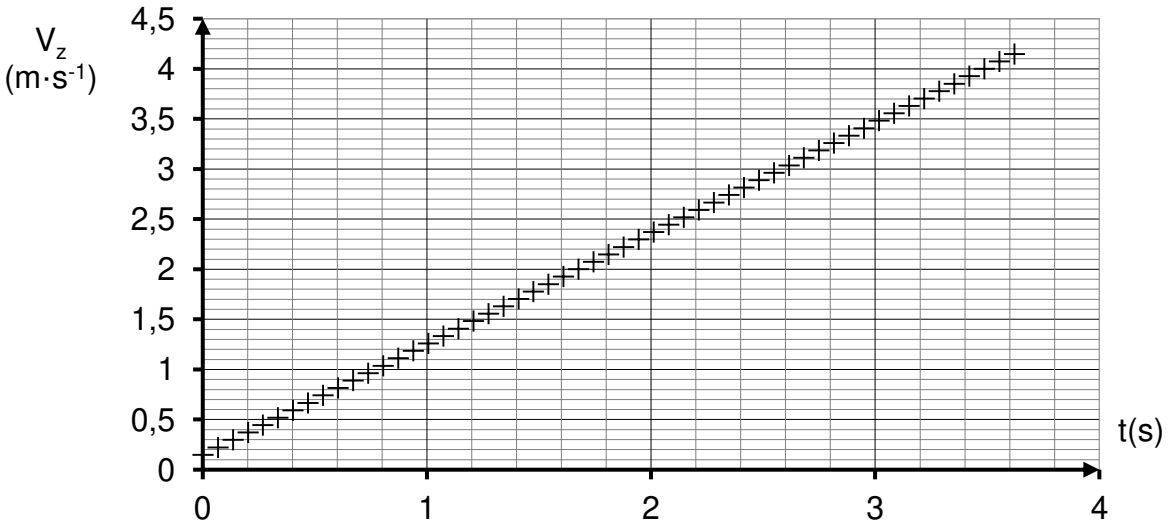
## Mouvement d'un drone

Un drone utilisé en surveillance géographique a été filmé pendant la phase de décollage, durant laquelle son mouvement est vertical ascendant.

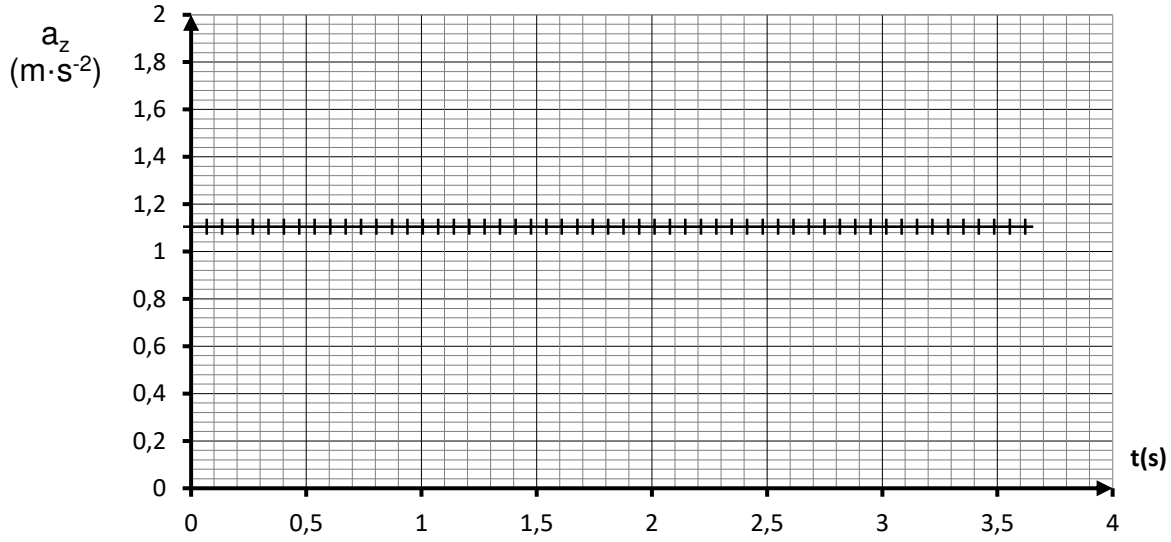
Les caractéristiques du mouvement ainsi mesurées figurent sur les documents 1, 2 et 3.




Document 1 – Évolution de l'altitude z du drone en fonction du temps




Document 2 – Évolution de la vitesse $V_Z$ du drone en fonction du temps




Document 3 – Évolution de l'accélération $a_z$ du drone en fonction du temps

**Étude du mouvement du drone pendant le décollage**

**Q1.** Grâce aux documents 1, 2 et 3 déterminer le type de mouvement dont le drone est animé lors du décollage. Justifier votre réponse à l'aide de deux arguments.

**Q2.** À l'aide du document 1, déterminer la distance parcourue par le drone pendant les 3 premières secondes de la phase de décollage.

**Q3.** À l'aide du document 2, calculer la valeur de l'accélération $a_z$ du drone pendant la phase de décollage. Préciser si cette valeur est cohérente avec le document 3.

On admet que l'on peut appliquer le principe fondamental de la dynamique dans la situation étudiée. La masse du drone étudiée est $m = 895$ g.

**Q4.** Montrer que la valeur de la résultante des forces $\vec{F}_{totale}$ exercées sur le drone pendant ce mouvement est $F_{totale} = 9{,}8 \times 10^{-1}$ N.

**Q5.** Rappeler des caractéristiques du poids $\vec{P}$. Donner l'expression de sa valeur et la calculer. On donne la valeur de l'intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81$ m·s$^{-2}$.

Lors du décollage, le mouvement du drone est vertical vers le haut. Il n'est alors soumis qu'à son poids noté $\vec{P}$ et à la force, notée $\vec{F}_{air}$ , composée de la force de traction de l'air due aux hélices et de la traînée aérodynamique.

**Q6.** En expliquant le raisonnement suivi, déterminer la direction, le sens et la valeur de la force $\vec{F}_{air}$. On s'aidera d'un schéma modélisant la situation, sans souci d'échelle. Toute prise d'initiative pertinente du candidat, même inaboutie, sera valorisée.

**Caractéristiques de la télécommande du drone**

La télécommande qui permet de piloter le drone contient quatre antennes de longueur 3,13 cm et utilise une fréquence de l'ordre de 2,400 GHz.

**Q7.** Calculer la longueur d'onde du signal utilisé pour piloter le drone.

**Donnée** : célérité de la lumière $c = 3{,}00 \times 10^8$ m·s$^{-1}$.

La longueur d'une antenne demi-onde pour une télécommande est égale à la moitié de la longueur d'onde de la radiation transmise. Dans le cas d'une antenne quart d'onde, cette longueur vaut le quart de la longueur d'onde de la radiation transmise.

**Q8.** Déterminer si les antennes qui équipent la télécommande sont du type quart d'onde ou demi-onde.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.