

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## Série STI2D

### Sujet 0

**Spécialité : physique-chimie et mathématiques**

**Durée de l'épreuve : 3 heures – Coefficient : 16**

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

***Le candidat doit traiter quatre exercices. Il traite obligatoirement les exercices 1, 2 et 5, et choisit de traiter l'un ou l'autre des exercices 3 ou 4 de physique-chimie.  
Il est invité à faire figurer sur la copie toute trace de recherche, même incomplète ou non fructueuse, qu'il aura développée.  
La qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements seront prises en compte dans l'appréciation des copies.***

« La montagne ça vous gagne ! »



Station des Alpes du Sud

Une station de sports d'hiver, plus couramment appelée station de ski, est un ensemble touristique, aménagé pour la pratique des sports d'hiver.

Le sujet comporte 5 exercices pouvant être traités indépendamment les uns des autres. Le candidat doit traiter les exercices 1, 2 et 5 et il choisit de traiter l'un des exercices 3 ou 4.

**Exercice 1 : Alimentation en eau des canons à neige (exercice de physique-chimie et mathématiques commun à tous les candidats).**

**Exercice 2 : Local technique (exercice de physique-chimie commun à tous les candidats).**

**Exercice 3 : Contrôle des caractéristiques physico-chimiques de l'eau du bassin (exercice de physique-chimie au choix).**

**Exercice 4 : Remonte-pente (exercice de physique-chimie au choix).**

**Exercice 5 : Exercice de mathématiques commun à tous les candidats.**

Les documents ressources à utiliser sont rassemblés en fin de chaque exercice.

**La page 13 comprenant les documents réponses est à rendre obligatoirement avec la copie.**

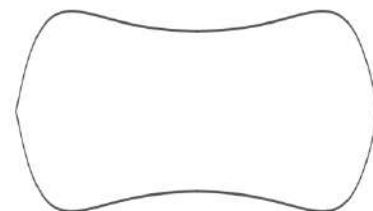
**Exercice 1 : Alimentation des canons à neige  
(exercice de physique-chimie et mathématiques commun à tous les candidats)**

L'enneigement artificiel des stations de ski est une pratique relativement récente en Europe et en Amérique du Nord. C'est un procédé nécessaire au maintien et au développement des activités économiques d'une station. Or, la production de neige nécessite de grands volumes d'eau pompés dans les rivières, les nappes phréatiques, les barrages hydroélectriques et les retenues collinaires.

Aujourd'hui, la plupart des stations construisent des retenues d'eau en altitude afin d'alimenter les canons à neige placés le long des pistes en aval. La surface qu'il est possible de recouvrir en neige artificielle dépend du volume d'eau stockée dans la retenue.

Il faut environ un volume de  $4\,000\text{ m}^3$  d'eau pour couvrir de neige et rendre skiable une surface d'un hectare.

Pour répondre à ses besoins, une station a décidé de réaliser un bassin dont la vue de dessus a la forme ci-contre et d'une profondeur telle que le volume d'eau contenu présente une hauteur  $h$  maximale de 8 m.



L'objectif est de déterminer si la quantité d'eau liquide retenue dans le bassin lorsque celui-ci est rempli permet de couvrir de neige une surface de 14 hectares.

Au niveau du sol, le tour du bassin peut être modélisé par la courbe fermée représentée sur la figure 1 ci-dessous.

Avec l'échelle utilisée sur le graphique, 1 unité correspond à 15 m :

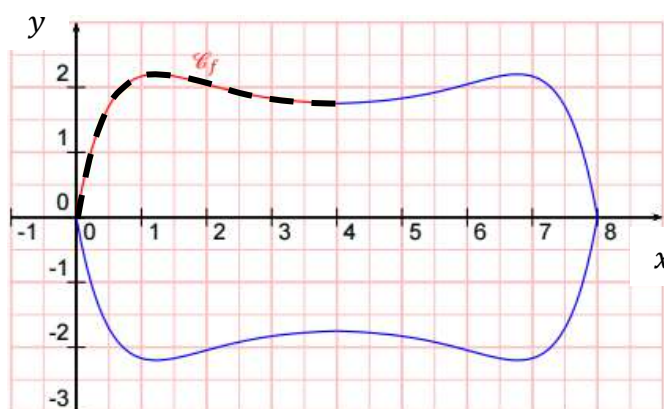


Figure 1 : tour du bassin au niveau du sol

### 1.1. Calcul de la surface du bassin au niveau du sol

Le tour du bassin au niveau du sol présente deux axes de symétrie : l'axe des abscisses et la droite d'équation  $x = 4$ . Il est obtenu par symétrie de la la courbe  $\mathcal{C}_f$  tracée en pointillé sur la figure 1.

La courbe  $\mathcal{C}_f$  est représentative de la fonction  $f$  définie pour tout réel sur l'intervalle  $[0 ; 4]$  par :

$$f(x) = -(x^2 - 3,8x + 1,8)e^{-x} + 1,8$$

Sur l'intervalle  $[0 ; 4]$ , on admet que la fonction  $f$  est positive.

1.1.1. Montrer que la fonction  $f$  admet comme primitive sur  $\mathbb{R}$  la fonction  $F$  définie pour tout réel  $x$  par :

$$F(x) = (x^2 - 1,8x)e^{-x} + 1,8x$$

1.1.2. En exploitant la symétrie du bassin, montrer que la surface  $S$  du bassin au niveau du sol exprimée en  $m^2$  a pour valeur :  $6480 + 7920e^{-4}$

Donner sa valeur arrondie au  $m^2$  près.

## 1.2. Calcul du volume d'eau pouvant être retenue dans le bassin

On admet que le volume d'eau dans le bassin dépend de la surface  $S$  du bassin au niveau du sol précédemment calculée et de la hauteur d'eau  $h$  qui y est contenue.

Plus précisément, pour une hauteur d'eau  $h$ , le volume  $V$ , mesuré en  $m^3$  est donné par la relation suivante :

$$V(h) = \left( \frac{(24+h)^3}{3072} - \frac{9}{2} \right) S$$

1.2.1 Indiquer si l'eau contenue dans le bassin complètement rempli permet de recouvrir une surface d'un domaine skiable de 14 hectares en neige artificielle.

Pour surveiller la quantité d'eau disponible, on mesure la hauteur d'eau  $h$  à l'aide d'un capteur de niveau à ultrason maintenu au-dessus de l'eau à l'aide d'un support (voir figure 2 ci-dessous).

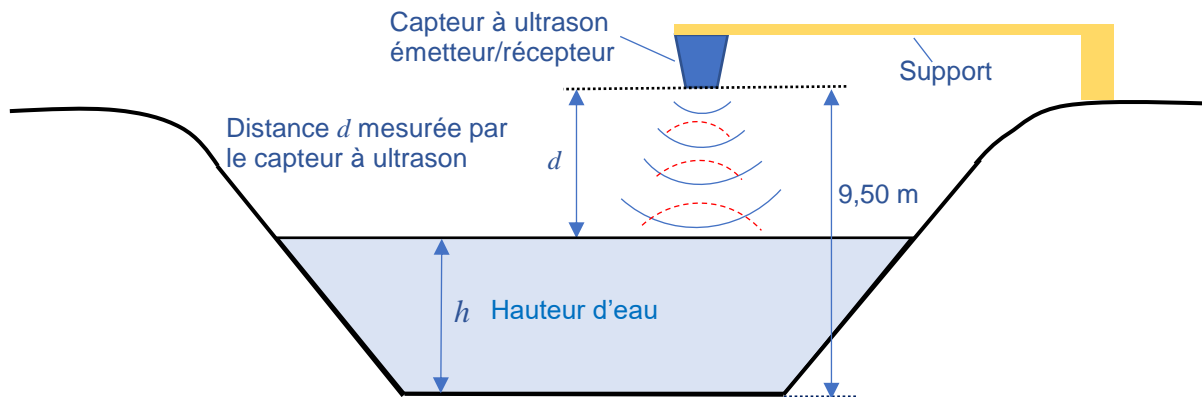


Figure 2 Schéma du bassin

Le document 1 présente les caractéristiques techniques du capteur proposé. Le document 2 présente l'évolution de la vitesse du son dans l'air en fonction de la température de celui-ci.

1.2.2. Justifier, en exploitant la figure 2 et le document 1, que le modèle du capteur présenté est adapté aux dimensions du bassin et aux conditions environnementales d'utilisation.

1.2.3. Le capteur présenté est équipé d'une compensation en température.

Lors d'un test de fonctionnement, le technicien relève les signaux ultrasonores représentés sur la figure 3 ci-contre.

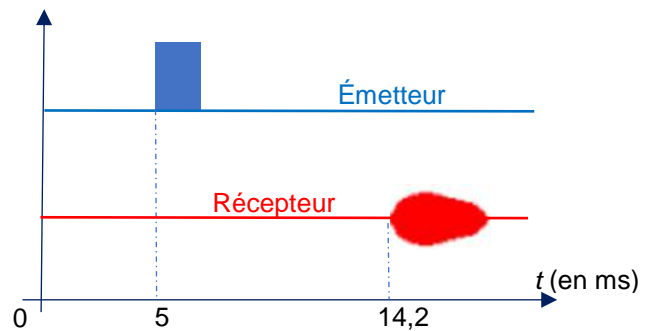


Figure 3 : Chronogrammes des signaux du capteur à ultrason

Déterminer la valeur de la hauteur d'eau  $h$  en exploitant le schéma du bassin (figure 2), le document 2 et le relevé des signaux (figure 3), sachant que la température extérieure est égale à  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  lors de la mesure.

**Document 1 : Documentation du capteur de niveau à ultrason**

**CARACTERISTIQUES**

Présentation :	Coque métallique
Matière :	Fonte d'aluminium, peinture époxy
Dimensions (mm) :	L=95 x l=67 x H=242 (voir détail)
Poids (kg) :	1.7 + câble
Tension d'alimentation :	10 à 40 V=
Signal de sortie :	4/20 mA sur 2 fils
Etendue de mesure :	30 cm à 10 mètres
Temps de chauffe :	3 s
Compensation en température :	oui



**ENVIRONNEMENT, NORMES**

Altitude maximum :	2000m au-dessus du niveau de la mer
Indice de protection :	IP68
Température de fonctionnement :	-20°C à 60°
Température de stockage :	-20°C à 60°C
Compatibilité électromagnétique :	Transitoires rapides niveau 4 Chocs de foudre onde 8/20, 2 KV EN 61000-6-2, EN 61000-6-3
Sécurité électrique :	EN 60950-1
Santé :	EN 62479
Marquage CE :	<b>CE</b>

Source : [www.paratronic.info/eau-environnement](http://www.paratronic.info/eau-environnement)

**Document 2 : Evolution de la vitesse du son**

On considère que la vitesse de propagation (ou célérité) d'un son ou ultrason dans l'air dépend uniquement de la température. Elle est proportionnelle à la racine carrée de la température absolue  $T$ .

Elle est donnée par la relation:

$$c_{air} = 20,05 \cdot \sqrt{T} \quad \text{avec} \quad T(\text{K}) = \theta (^{\circ}\text{C}) + 273$$

$T$  désignant la température en Kelvin (K), et  $\theta$  la température en degrés Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ )

**Exercice 2 : Local technique**  
**(exercice de physique-chimie commun à tous les candidats)**

**2.1. Étude d'un panneau solaire**

Afin d'alimenter les capteurs utilisés et le système de transmission pour la gestion du bassin, un kit d'alimentation autonome pour site isolé du réseau électrique est utilisé.

Le matériel choisi est le suivant :



**Caractéristiques du panneau photovoltaïque**

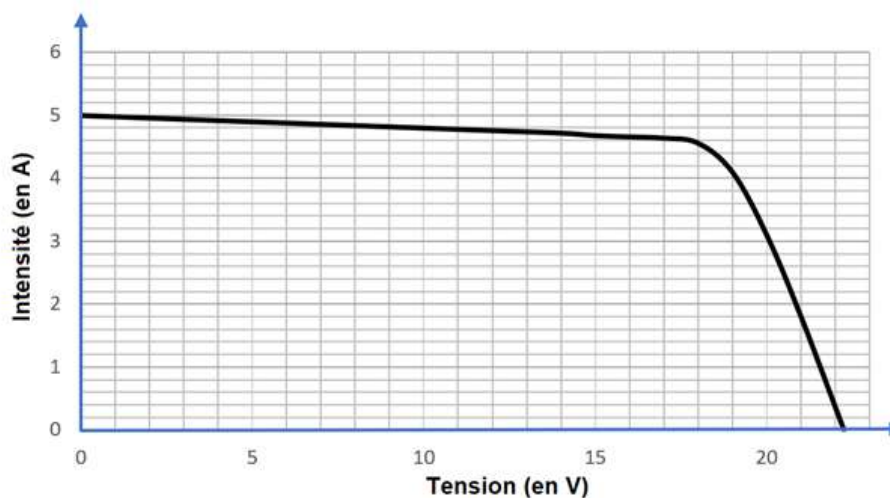
Tension circuit ouvert ( $V_{CO}$ ) : 22,25 V  
Intensité de court-circuit ( $I_{CC}$ ) : 4,98 A  
Températures de fonctionnement : -40 à 80°C  
Boîtier de raccordement résistant aux intempéries  
Dimensions (L x l x h) : 880x673x35 mm  
Masse : 8 kg

Garantie produit totale : 2 ans  
Certification : IEC 61215 et Classe de sécurité II

Source : <https://www.ecologie-shop.com>

L'étude a pour but de déterminer le rendement de ce panneau photovoltaïque.

Un technicien teste le panneau solaire photovoltaïque, en relevant la caractéristique intensité-tension pour un éclairement de **1000 W /m<sup>2</sup>**. Celle-ci est représentée sur la figure 4 ci-dessous.



**Figure 4 :** Courbe de l'intensité en fonction de la tension pour un éclairement de 1000 W/m<sup>2</sup>.

2.1.1. Représenter sur le document réponse n° 1 à joindre (page 13) le dispositif de mesure permettant de relever la caractéristique ci-dessus (on indiquera le nom des appareils de mesure utilisés et la position du sélecteur de chacun d'eux).

2.1.2. Indiquer, à l'aide de la figure 4 et en justifiant votre réponse, les coordonnées du point de fonctionnement permettant d'obtenir la puissance électrique maximale.

En déduire la valeur de la puissance électrique maximale fournie par le panneau solaire.

2.1.3. Calculer le rendement du panneau photovoltaïque lors de cet essai.

## 2.2. Surveillance d'une pompe

Lorsque le niveau d'eau est trop bas dans le bassin, une pompe prélève de l'eau dans une nappe phréatique pour assurer la continuité de l'alimentation des canons à neige.

Un contrôle de maintenance de la pompe est effectué périodiquement. Ce contrôle s'effectue grâce à une analyse des vibrations mécaniques pour évaluer l'état de fonctionnement de la machine tournante et de ses pièces mobiles.

Cette analyse permet de diagnostiquer des défauts de fonctionnement avant que la machine ne tombe en panne, comme un déséquilibre, un désalignement ou un endommagement des rotors, des roulements ou de toute autre interface mécanique entre des composants de la machine.

L'étude des vibrations mécaniques s'effectue à l'aide d'une analyse fréquentielle, grâce à un analyseur de spectre.

Un technicien relève le spectre représenté ci-contre (figure 5) pour une fréquence de rotation du moteur de la pompe de 1 500 tr/min.

L'étude a pour but de déterminer s'il est possible de diagnostiquer un défaut d'alignement de la machine tournante.

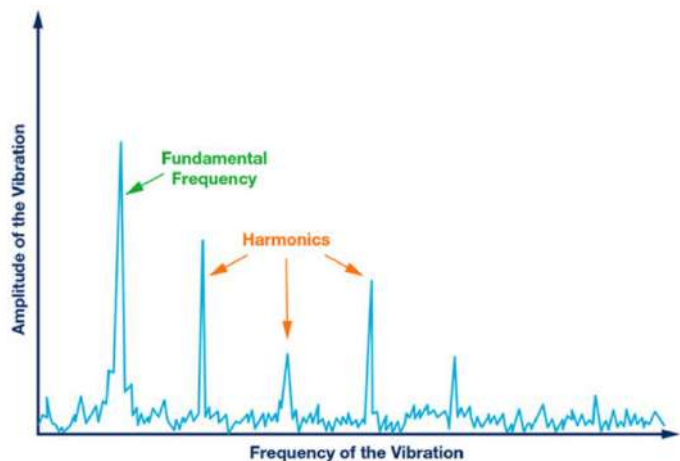


Figure 5 : Spectre d'amplitude des vibrations à 1500 tr/min

2.2.1. Déterminer la fréquence du fondamental, sachant qu'elle correspond au nombre de tours effectués en une seconde par l'arbre du moteur de la pompe.

2.2.2. Déduire alors la fréquence des trois premiers harmoniques indiqués sur la figure 5.

Un défaut d'alignement peut être détecté par un pic d'amplitude non négligeable sur le spectre pour une fréquence égale à 2 fois la fréquence de rotation du moteur (parfois 3 ou 4 fois).

2.2.3. Justifier à partir du spectre de la figure 5 si un problème d'alignement de la machine peut être diagnostiqué.

### **Exercice 3 : Contrôle des caractéristiques physico-chimiques de l'eau du bassin (exercice de physique-chimie au choix)**

#### 3.1. Mesure de la température de l'eau

Un capteur de température permet de surveiller la température de l'eau du bassin, car celle-ci doit absolument rester à l'état liquide pour alimenter les canons à neige.

Lors d'une opération de maintenance, le technicien relève une série de 10 valeurs successives de la température  $\theta$  de l'eau.

Celles-ci sont reportées dans le tableau de mesures suivant :

Mesure	n° 1	n° 2	n° 3	n° 4	n° 5	n° 6	n° 7	n° 8	n° 9	n° 10
$\theta$ (°C)	5,1	4,8	5,5	4,7	4,8	4,9	5,4	5,3	5,5	5,1

L'objectif de cette étude est de déterminer l'incertitude type de répétabilité sur la mesure de cette température.

- 3.1.1. Déterminer la valeur moyenne  $\theta_{moy}$  de ces 10 mesures.
- 3.1.2. Procéder à une évaluation de type A (approche statistique) de l'incertitude-type correspondant à cette série de mesure en vous aidant du document 3.
- 3.1.3. Écrire la plage de valeurs attendues lors de cette mesure que devra rapporter le technicien sur son rapport, en exprimant le résultat avec le nombre de chiffres significatifs adaptés à l'incertitude-type associée.

**Document 3 : Evaluation de type A d'une incertitude (à partir de n mesures)**

Soit  $n$  mesures effectuées dans des conditions de répétabilité (même opérateur, même matériel, ...).  
Le meilleur estimateur de la valeur du mesurande  $M$  est la valeur moyenne  $\bar{m}$  des valeurs mesurées.

L'incertitude type qui lui est associée est définie par la relation :  $u(M) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$

Remarque : L'incertitude de répétabilité est évaluée de façon statistique (type A) dans le cas où les  $n$  mesures ont été effectuées dans les mêmes conditions expérimentales (même opérateur, même matériel, ...)

**Rappel mathématique :**

$$\text{Ecart type (expérimental) d'un échantillon d'une population : } \sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum(m_i - \bar{m})^2}{n-1}} \text{ (statistique)}$$

Source : [https://disciplines.ac-toulouse.fr/physique-chimie/sites/physique-chimie/files/fichiers/stage\\_mesures\\_et\\_incertainitudes/support\\_prof-stage\\_paf-fevrier2017.pdf](https://disciplines.ac-toulouse.fr/physique-chimie/sites/physique-chimie/files/fichiers/stage_mesures_et_incertainitudes/support_prof-stage_paf-fevrier2017.pdf)

### 3.2. Transmission de l'information

L'information concernant la température de l'eau est transmise grâce à une onde électromagnétique selon le procédé Sigfox. Cette technologie basse consommation permet une transmission longue distance en utilisant la bande de fréquence ISM (industrielle scientifique et médicale) de fréquence centrale 868 MHz.

Le document 4 présente les grandeurs physiques caractéristiques d'une onde électromagnétique. Le document 5 présente le spectre des ondes électromagnétiques et le document 6 présente deux types d'antenne disponibles.

L'objectif de l'étude suivante est de déterminer les caractéristiques de l'antenne adaptée à cette transmission.

- 3.2.1. Donner la signification et l'unité de chaque terme représentant les grandeurs physiques indiquées dans le document 4.
- 3.2.2. Préciser à quel domaine appartiennent les ondes électromagnétiques de la bande de fréquence ISM en utilisant le document 5.
- 3.2.3. Calculer la valeur de la longueur d'onde de ces ondes électromagnétiques pour la fréquence centrale de la bande ISM.
- 3.2.4. Justifier, à partir du tableau ci-dessous et du document 6, le choix de l'antenne qui semble la plus adaptée pour transmettre l'information.

Antenne	A	B	C	D
Type	Demi-onde	Quart d'onde	Demi-onde	Quart d'onde
Longueur	69,2 cm	17,3 cm	17,3 cm	34,6 cm

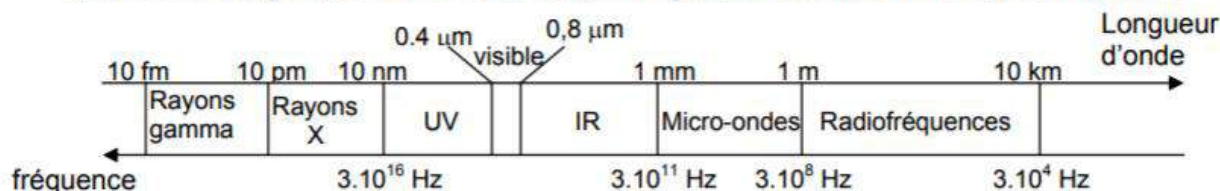
#### **Document 4 : Grandeurs physiques caractéristiques d'une onde électromagnétique**

Une onde électromagnétique est caractérisée par 3 grandeurs physiques  $\lambda$ ,  $c$  et  $f$ .

Ces grandeurs vérifient la relation :  $\lambda = \frac{c}{f}$ .

#### **Document 5 : Spectre des ondes électromagnétiques**

Spectre électromagnétique. Les différents domaines regroupent des ondes aux propriétés similaires.



#### **Document 6 : Types d'antenne disponibles**

Deux types d'antennes sont disponibles :

- L'antenne dipolaire ou « dipôle demi-onde » qui est constituée d'un élément conducteur de longueur égale à la demi longueur d'onde de l'onde électromagnétique à transmettre.
- L'antenne « monopôle » ou « quart d'onde » qui est constituée d'un élément conducteur de longueur égale au quart de longueur d'onde de l'onde électromagnétique à transmettre.

Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Antenne\\_radioélectrique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Antenne_radioélectrique)

### **3.3. Contrôle du pH de l'eau du bassin**

Des scientifiques réalisent périodiquement la mesure du pH de l'eau du bassin dans le but d'étudier et de contrôler l'évolution de l'acidité des réserves d'eau en altitude.

Une mesure effectuée en 2013 sur le bassin à l'aide d'un pH-mètre a donné une valeur de  $6,60 \pm 0,05$ .

L'étude suivante doit déterminer si un phénomène d'acidification de l'eau du bassin a eu lieu depuis 2013.

Données :  $\text{pH} = -\log [H_3O^+]$  et  $[H_3O^+] = 10^{-\text{pH}}$

Couples acido-basiques mis en jeu :  $H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(l)}$  ;  $(SO_2, H_2O_{(aq)})/HSO_3^-_{(aq)}$

3.3.1. Donner un encadrement de la concentration molaire en ions oxonium  $H_3O^+$  en mol.L<sup>-1</sup> correspondant à la mesure réalisé en 2013.

Tous les projets scientifiques consacrés à la question montrent que les lacs de basse et moyenne montagne sont touchés, à des degrés différents, par une acidification. Deux sources de ce phénomène sont essentiellement mises en cause :

- les précipitations acides ;
- les rejets polluants.

3.3.2. Écrire la réaction acido-basique entre le dioxyde de soufre dissout et l'eau à partir des couples « acide/base » fournis ci-dessus.

3.3.3. Un contrôle réalisé en 2020 a révélé que la concentration molaire en ions oxonium  $H_3O^+$  a été multipliée par 1,5 par rapport à 2013.

Justifier que ces mesures permettent de constater une acidification de l'eau du bassin depuis 2013.

#### **Exercice 4 : Remonte-pente (exercice de physique-chimie au choix)**

Dans cette partie, l'étude mécanique d'un skieur tiré par la perche d'une remontée mécanique est abordée.

Le schéma de la situation étudiée est présenté sur le document 9. Le document 10 présente la partie mécanique de la motorisation du remonte-pente.

L'objectif est de vérifier que le mécanisme du remonte-pente est correctement dimensionné d'un point de vue énergétique.



#### **4.1. Bilan des forces**

- 4.1.1. Indiquer à partir du document 9 les différentes forces extérieures qui s'exercent sur le skieur.
- 4.1.2. Représenter sur le document réponse n° 2 et sans soucis d'échelle, les deux forces extérieures manquantes qui s'exercent sur le skieur (le centre de gravité  $G$  sera utilisé comme point d'application de chacune des forces).
- 4.1.3. Indiquer la relation vectorielle existant entre ces 4 forces extérieures lorsque le skieur se déplace à vitesse constante pendant la remontée.
- 4.1.4. Indiquer si cette relation est vérifiée lorsque le skieur attrape la perche au départ du remonte-pente. Justifier votre réponse.

#### **4.2. Travail de la force exercée sur le skieur par la perche**

Le skieur se déplace d'une distance entre les points A et B représentés (sans souci d'échelle) sur le document 9 entre le départ et l'arrivée du télési.

- 4.2.1. Exprimer le travail de la force de traction  $\vec{F}$  exercée par la perche lors de ce déplacement.
- 4.2.2. Indiquer et justifier si le travail de cette force est moteur ou résistant.
- 4.2.3. Montrer que ce travail est égal à  $W_{\vec{F}} = 442 \text{ kJ}$  lors de ce déplacement.

#### **4.3. Chaîne énergétique du remonte-pente**

- 4.3.1. Calculer à l'aide du document 10, l'énergie  $E_A$  absorbée par le moteur électrique pour une durée de 6 minutes correspondant au temps nécessaire pour parcourir la distance AB.
- 4.3.2. Compléter sur le document réponse n° 3 (page 13), la chaîne énergétique du mécanisme du remonte-pente en indiquant sur votre copie les calculs nécessaires.

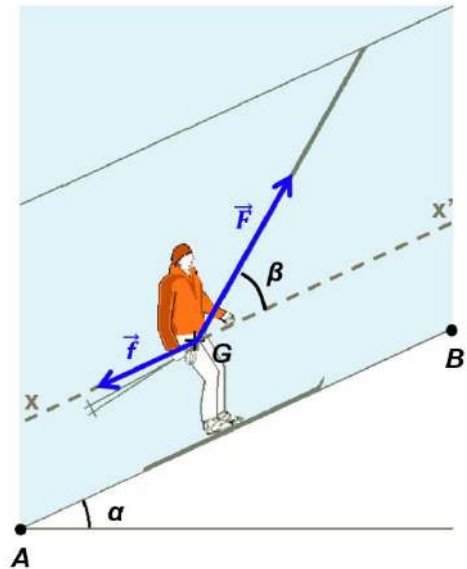
La capacité de ce remonte-pente est de 90 personnes, placées les unes derrière les autres entre le départ et l'arrivée du télési.

4.3.3. Indiquer à l'aide d'une explication chiffrée et détaillée si le mécanisme du remonte-pente peut fournir la quantité d'énergie nécessaire lorsque le remonte-pente est en pleine charge.

**Document 9 : Skieur sur le remonte-pente**

- Masse (skieur + équipement) :  $m = 75 \text{ kg}$
- Intensité de la pesanteur :  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$
- Distance parcourue :  $AB = 900 \text{ m}$
- Vitesse du skieur :  $10 \text{ km.h}^{-1}$
- Force  $F$  exercée par la perche :  $F = 600 \text{ N}$
- Inclinaison de la trajectoire par rapport à l'horizontale :  $\alpha = 25^\circ$
- Inclinaison de la perche par rapport à la pente :  $\beta = 35^\circ$

On néglige les forces de frottement autres que celles exercées par la piste sur le skieur, que l'on suppose constantes et d'intensité globale  $f$ .

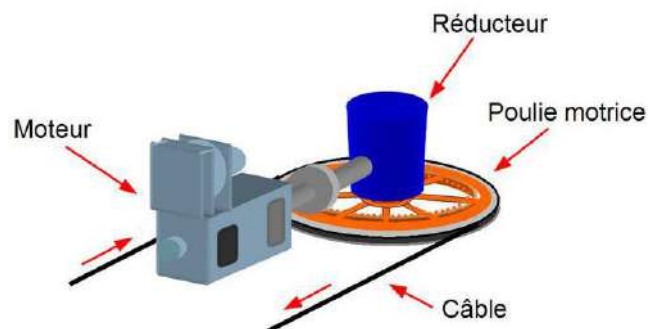


**Document 10 : Le mécanisme du remonte-pente**

Un remonte-pente est composé de trois éléments principaux : un moteur électrique qui entraîne une poulie par l'intermédiaire d'un réducteur.

Le moteur absorbe une puissance  $P_A = 380 \text{ kW}$  en fonctionnement nominal.

Le rendement du moteur est de 90 % et celui de l'ensemble « réducteur-poulie » est de 48 %.



Source : <https://www.remontees-mecaniques.net/dossier/page-la-motorisation-principale-8.html>

**Exercice 5 : Exercice de mathématiques commun à tous les candidats**

Le candidat doit traiter quatre questions parmi les six numérotées de 1 à 6 que comporte l'exercice. Les questions sont indépendantes.

Le candidat **choisit les quatre questions auxquelles il répond** et indique clairement leur numéro sur sa copie en début d'exercice. Seules ces questions sont évaluées. Chacune d'elles est notée sur un point.

Traiter une question supplémentaire ne rapporte aucun point.

On note  $\mathbb{C}$  l'ensemble des nombres complexes, et  $i$  le nombre complexe de module 1 et d'argument  $\frac{\pi}{2}$ .

**Question 1.** On considère le nombre complexe  $z_1 = \frac{2-6i}{2-i}$ .

Déterminer la forme algébrique de  $z_1$ .

**Question 2.** Soit  $z_2$  le nombre complexe défini par :  $z_2 = -2 - 2i$ .

a. Déterminer la forme exponentielle de  $z_2$ .

b. Montrer que  $z_2^4$  est un nombre réel que l'on déterminera.

**Question 3.** On considère A, B et C les points du plan d'affixes respectives :

$$z_A = 2 - 2i, z_B = -2 - 2i \text{ et } z_C = -4i.$$

a. Placer les points A, B et C dans le plan complexe rapporté au repère orthonormal direct  $(O; \vec{u}, \vec{v})$  d'unité 1 cm.

b. Montrer que le triangle ABC est rectangle et isocèle.

**Question 4.** On considère l'équation différentielle  $y' + 5y = 7$  où  $y$  est une fonction de la variable  $t$ , définie et dérivable sur  $\mathbb{R}$ .

a. Résoudre cette équation différentielle.

b. Préciser l'expression de la solution  $f$  vérifiant  $f(0) = 4$ .

**Question 5.** Soit  $g$  la fonction définie sur l'intervalle  $]0; +\infty[$  par  $g(x) = x \ln(x) - x + 4$ .

a. On admet que  $g$  est dérivable sur l'intervalle  $]0; +\infty[$ , et on note  $g'$  sa fonction dérivée. Montrer que pour tout réel  $x$  de l'intervalle  $]0; +\infty[$ ,  $g'(x) = \ln(x)$ .

b. En déduire le sens de variation de  $g$  sur l'intervalle  $]0; +\infty[$ .

**Question 6.** On considère la fonction  $h$  définie sur  $\mathbb{R}$  par  $h(x) = x^2 e^{-x}$ .

a. Calculer la limite de  $h$  en  $-\infty$ .

b. Justifier que  $\lim_{x \rightarrow +\infty} h(x) = 0$ .

On admet que  $h$  est strictement décroissante sur l'intervalle  $[2; +\infty[$  et que l'équation  $h(x) = 0,5$  admet une unique solution dans l'intervalle  $[2; +\infty[$  que l'on note  $a$ .

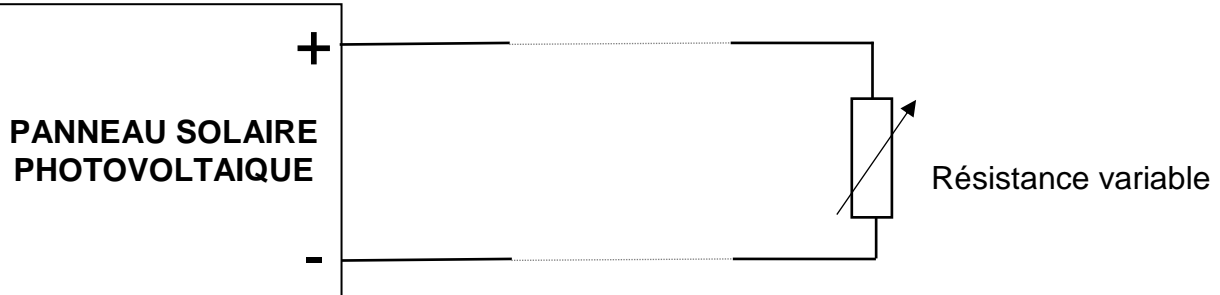
c. Recopier le programme ci-dessous et compléter les pointillés pour que la fonction `sol_bal` détermine une valeur approchée à  $10^{-n}$  près de  $a$  par balayage.

```
from math import exp

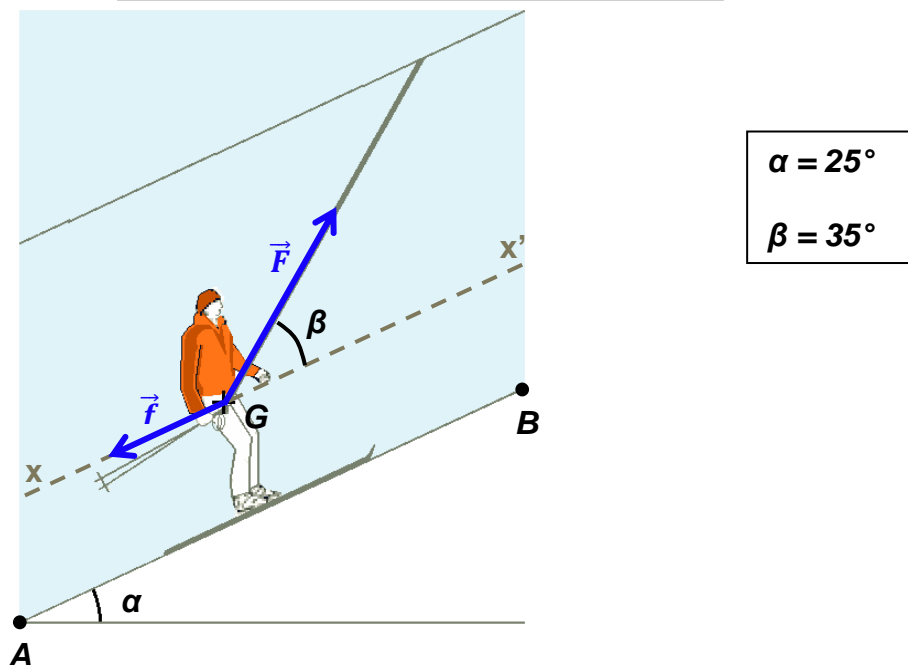
def sol_bal(n) :
    x = 2
    while ... >0.5 :
        x = ...
    return x
```

**DOCUMENTS RÉPONSES à rendre obligatoirement avec la copie**

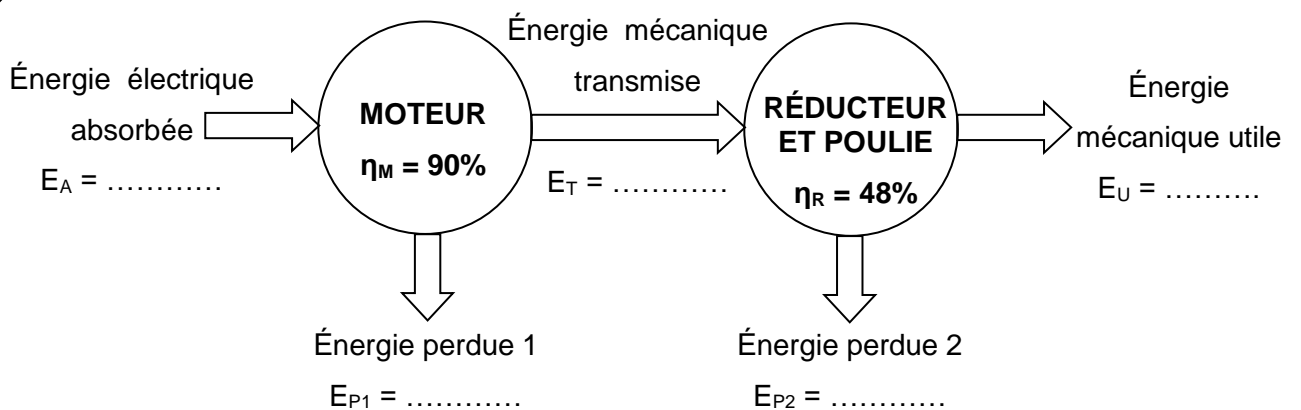
**Document réponse n° 1 (exercice 2)**



**Document réponse n° 2 (exercice 4)**



**Document réponse n° 3 (exercice 4)**



# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série STI2D

Sujet zéro

Enseignement de spécialité  
Physique-chimie et mathématiques

**Durée de l'épreuve : 3 heures – Coefficient : 16**

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.*

*L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.*

***Le candidat doit traiter les quatre exercices. Il est invité à faire figurer sur la copie toute trace de recherche, même incomplète ou non fructueuse, qu'il aura développée.***

***La qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements seront prises en compte dans l'appréciation des copies.***

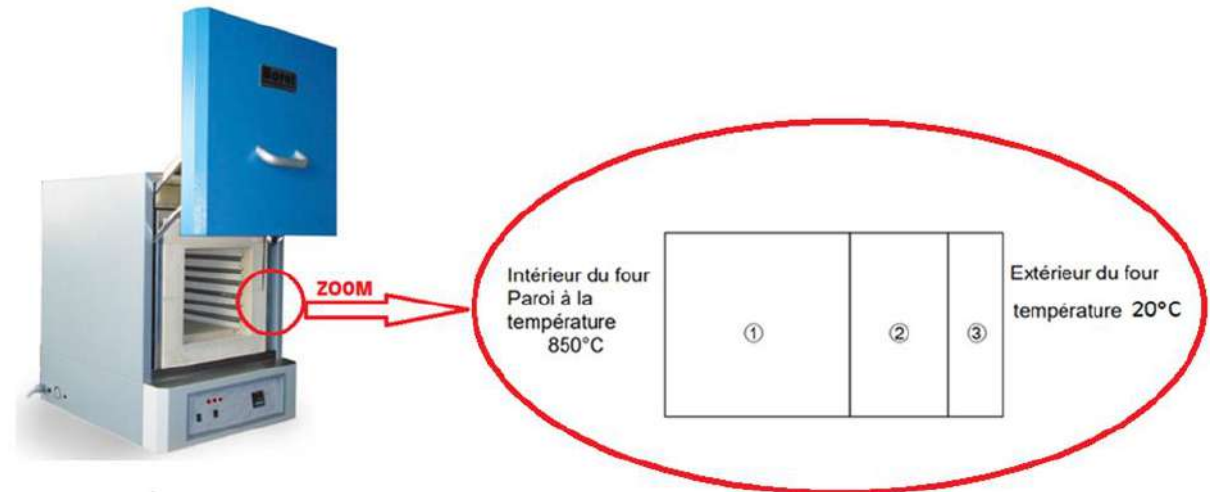
## Exercice 1 (5 points)

### Partie I - Étude thermique du four

#### Document 1

Un four industriel utilisé pour la fabrication de poteries en céramique est assimilé à un parallélépipède dont les caractéristiques sont les suivantes :

- la température intérieure du four est de 850°C lors de la cuisson et celle de la pièce est d'environ 20°C ;
- les parois du four sont constituées de 3 couches d'épaisseurs et de matériaux différents.



Les caractéristiques des trois couches ①, ② et ③ sont synthétisées dans le tableau suivant :

Matériaux	Conductivité thermique moyenne	Épaisseur	Surface
	$\lambda$ (W.m <sup>-1</sup> .°C <sup>-1</sup> )	e (mm)	S (m <sup>2</sup> )
Réfractaires lourds ①	1,25	75	0,371
Fibreux ②	0,20	20	0,654
Isolants réfractaires ③	0,13	10	0,710

Source : <https://www.borelswiss.fr/>

#### Rappel :

La résistance thermique d'un matériau homogène est donnée par la relation :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

Le flux thermique  $\varphi$  (en W) est donné par la relation :

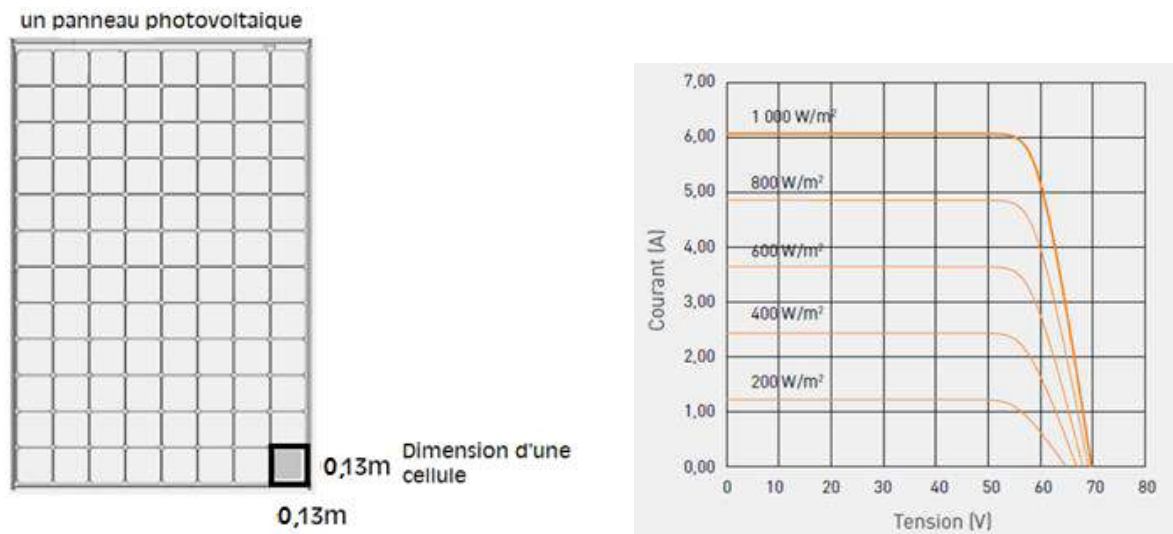
$$\varphi = \frac{\Delta T}{R_{th}} \text{ avec } \Delta T \text{ différence de température.}$$

1. Par analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de la résistance thermique.
2. Calculer les résistances thermiques  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  des couches ①, ② et ③ de la paroi composite.
3. En déduire la résistance thermique  $R_{th}$  totale de la paroi.
4. Calculer la valeur du flux thermique  $\varphi$  traversant la paroi.
5. Sachant que le four est capable de produire par effet Joule une puissance thermique  $P_{th}$  de 6 000 W pendant la montée en température, commenter la valeur du flux thermique perdu à travers les parois durant cette phase.

## Partie II - Étude d'un panneau solaire

### Document 2

Pour alimenter ce four en utilisant uniquement une énergie renouvelable, il est envisagé d'acheter des panneaux photovoltaïques possédant les caractéristiques suivantes :



### Les différents types de technologies photovoltaïques

Plus de 90 % des capteurs vendus dans le monde sont principalement composés de silicium.

Ce matériau semi-conducteur a l'avantage de pouvoir être produit à partir d'une ressource naturelle quasi inépuisable : le quartz, un composant des granites, des sables et des grès. Cette technologie a de nombreux atouts : sa robustesse, une durée de vie importante et des performances avec des rendements intéressants.

#### Le capteur photovoltaïque monocristallin

Un capteur photovoltaïque monocristallin est fabriqué à partir d'un bloc de silicium pur, formé d'un seul cristal. Ce procédé (35 % du marché) est coûteux, mais permet d'obtenir les cellules qui ont le meilleur rendement du marché : 18-20 %. D'un point de vue esthétique, les cellules qui constituent le panneau ont une couleur uniforme et ont la forme de petits carrés aux angles coupés.

#### Le capteur photovoltaïque polycristallin ou multicristallin

Un capteur photovoltaïque polycristallin est fabriqué à partir de chutes de silicium monocristallin. Sa fabrication est moins chère, mais son rendement d'environ 12-15 %. Ce sont les panneaux les moins chers du marché (dont ils représentent 56 %).

#### Le capteur photovoltaïque silicium amorphe

Technologie qui s'apparente à celle des écrans plats, le silicium amorphe est constitué d'une succession de couches de silicium. Avec cette technique, les rendements restent faibles (environ 7-8 %).

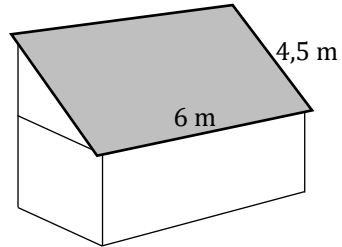
*<https://www.wattuneed.com/fr/panneaux-solaires/7317-panneau-solaire-panasonic-330wc-0712971138261.html>  
d'après : <https://panneau-solaire.ooreka.fr/astuce/voir/732473/les-differents-types-de-technologies-photovoltaïque>*

1. Calculer la surface  $S$  d'un panneau photovoltaïque.
2. En déduire la puissance lumineuse  $P_L$  reçue par un panneau sous une irradiance de  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .
3. Montrer que la puissance électrique maximale  $P_{Emax}$  que peut délivrer un panneau photovoltaïque a pour valeur  $330\text{ W}$ .
4. Après avoir calculé le rendement de la cellule, identifier la technologie utilisée par le panneau photovoltaïque.

### Partie III - Faisabilité de l'installation

L'atelier est isolé du réseau électrique et doit par conséquent être alimenté, de manière autonome, par des panneaux photovoltaïques.

1. Le toit de l'atelier, dont les dimensions sont données ci-dessous, serait-il adapté pour y installer ces panneaux alimentant le four qui nécessite une puissance électrique de 6000 W ?



2. Citer au moins un paramètre n'ayant pas été pris en compte pouvant influencer sur la quantité d'énergie solaire reçue.

## Exercice 2 (5 points)

Un lycéen souhaite réaliser des courses miniatures avec une voiture électrique. Avant de s'équiper avec un kit commercial, il choisit d'étudier les données techniques pour choisir le meilleur accumulateur possible.

### Document 1

#### Pack éco buggy 1/10

- **BUGGY**

Buggy radiocommandé électrique pour la pratique du modélisme sur tout terrain : quatre roues motrices, quatre amortisseurs hydrauliques, moteur électrique d'une puissance de 40 W, télécommande à volant. **Vitesse maxi 45 km/h**. Masse : 1 410 g.

- **CHARGEUR NI-MH**

Ce chargeur automatique fonctionne sous 230 V et délivre un courant de charge de 1 A. Soit environ 2 heures de charge pour un accumulateur de 2 000 mAh.

- **ACCUMULATEUR NI-MH 7,2 V 2200 mAh**

**Le kit comprend une télécommande à volant communiquant à une fréquence de 2,4 GHz.**

La télécommande fonctionne avec 4 piles AA (LR6 1,5 V) non incluses dans le kit.



d'après <https://www.rc-diffusion.com/pack-eco-buggy-1/10-absima-ab34-12222-modelisme-rc-tout-terrain>

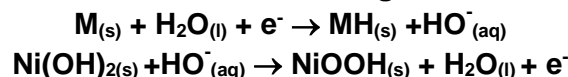
### Document 2

L'accumulateur est composé de :



- une électrode constituée d'hydrure métallique, noté **MH** ;
- une électrode d'oxyhydroxyde de nickel noté **NiOOH**.

L'électrolyte dans lequel plongent ces deux électrodes est une solution concentrée d'hydroxyde de potassium (KOH).

Les demi-équations aux électrodes **lors de la recharge** de l'accumulateur sont :

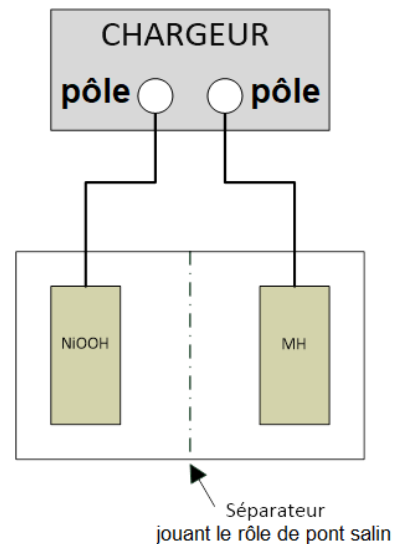


### Document 3

Accumulateur	Caractéristiques techniques	Avantages	Inconvénients
<b>Nickel-Métal Hydride (Ni-MH)</b> 	Capacité 2200 mAh Densité massique comprise entre 60 et 110 Wh/kg Nombre cycles charge/décharge : 800 à 1000	Peu d'effet mémoire (l'effet mémoire est un phénomène qui affecte les performances et la durée de vie des accumulateurs lorsque ceux-ci sont rechargés avant d'être totalement déchargés).	Autodécharge supérieure à 30 % par mois. Ne pas décharger complètement.
<b>Li-ion</b> 	Capacité 2200 mAh Densité massique comprise entre 150 et 190 Wh/kg Nombre de cycles charge/décharge : 500 à 1000	Aucun effet mémoire.	Autodécharge d'environ 10 % par mois. Cette technologie Li-ion nécessite un circuit de protection, car elle peut être dangereuse (risque d'explosion de l'accumulateur sans système de protection).

Sources des visuels : [amazon.fr](https://www.amazon.fr) et [studiosport.fr](https://www.studiosport.fr)

1. Le vendeur fournit un accumulateur pour l'alimentation de la voiture et recommande l'achat de piles pour la télécommande. Quelle est la principale différence entre pile et accumulateur ? Pourquoi le vendeur privilégie-t-il l'une ou l'autre technologie selon l'usage ?
2. Déterminer, d'après le document, la quantité d'électricité  $Q$  disponible dans l'accumulateur Ni-MH.
3. Calculer l'énergie disponible  $E_{elec}$  que peut fournir l'accumulateur.
4. Identifier la puissance électrique moyenne  $P_{elec}$  absorbée par le moteur de la voiture. En déduire la durée maximale possible de jeu sans recharge de l'accumulateur.
5. Quels sont les deux couples oxydant-réducteur (à noter sous la forme Ox/Red) mis en jeu dans cette transformation au cours de la recharge ?
6. Identifier, parmi les deux demi-équations redox qui figurent dans le document 2, celle qui correspond à une réduction. Justifier.
7. Établir l'équation globale de fonctionnement en charge de cet accumulateur.
8. Reproduire sur votre copie et compléter le schéma donné ci-contre, en précisant :
  - le sens de déplacement des électrons ;
  - le sens conventionnel du courant dans le fil conducteur, lors de la **charge** ;
  - la polarité du chargeur.



9. Le lycéen envisage de faire des courses de vitesse avec son véhicule. Il hésite entre les deux modèles d'accumulateurs. À l'aide du document 3, justifier le choix d'accumulateur le plus judicieux pour alimenter l'accumulateur.

### Exercice 3 (4 points)

Cet exercice est composé de quatre questions indépendantes.

#### Question 1

a. On considère l'équation différentielle

$$(E) : y' + 100y = 8.$$

Déterminer la solution  $v$  définie sur  $[0 ; +\infty[$  de cette équation différentielle, qui vérifie la condition initiale  $v(0) = 0$ .

b. La fonction  $v$  déterminée à la question précédente modélise la vitesse (exprimée en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) de chute d'une bille dans un liquide visqueux en fonction du temps  $t$  écoulé depuis le début de la chute (exprimé en s).

Déterminer la vitesse, arrondie à  $0,001 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , de la bille après  $0,01$  seconde de chute.

#### Question 2

**Rappel :** Pour  $a$  et  $b$  deux réels, on a les formules suivantes :

- $\cos(a + b) = \cos(a)\cos(b) - \sin(a)\sin(b)$
- $\cos(a - b) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)$
- $\sin(a + b) = \sin(a)\cos(b) + \cos(a)\sin(b)$
- $\sin(a - b) = \sin(a)\cos(b) - \cos(a)\sin(b)$

La tension  $u$  (exprimée en volt) aux bornes d'un dipôle en fonction du temps  $t$  (exprimé en seconde) est donnée par :

$$u(t) = \frac{7\sqrt{3}}{4} \cos(100t) - \frac{7}{4} \sin(100t)$$

a. Transformer l'écriture de  $u$  sous la forme  $u(t) = U_{\max} \cos(\omega t + \varphi)$  où :

- $U_{\max}$  représente la tension maximale (exprimée en V) ;
- $\omega$  représente la pulsation (exprimée en  $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ) ;
- $\varphi$  représente le déphasage (exprimé en rad).

b. En déduire la valeur du déphasage  $\varphi$  de  $u(t)$ .

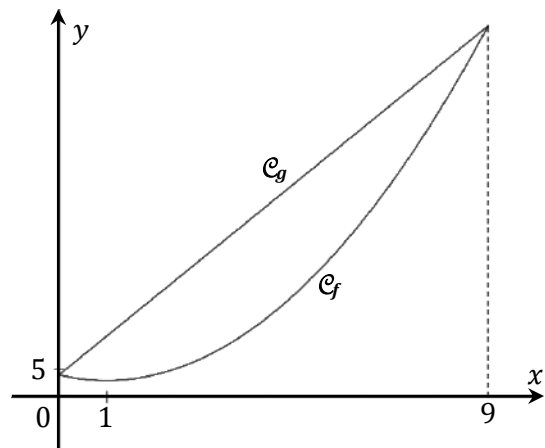
#### Question 3

On considère les deux fonctions  $f$  et  $g$  définies et continues sur  $[0 ; 9]$  respectivement par :

- $f(x) = x^2 - 2x + 4$
- $g(x) = 7x + 4$

Les représentations graphiques des deux fonctions sont données ci-contre.

Déterminer la valeur exacte de l'aire, exprimée en unité d'aire, située entre les courbes représentatives de ces deux fonctions.



#### Question 4

La tension  $u_c(t)$  (exprimée en volt), aux bornes d'un condensateur lors de sa charge, est modélisée par :

$$u_c(t) = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \text{ où } t \text{ désigne le temps, exprimé en seconde.}$$

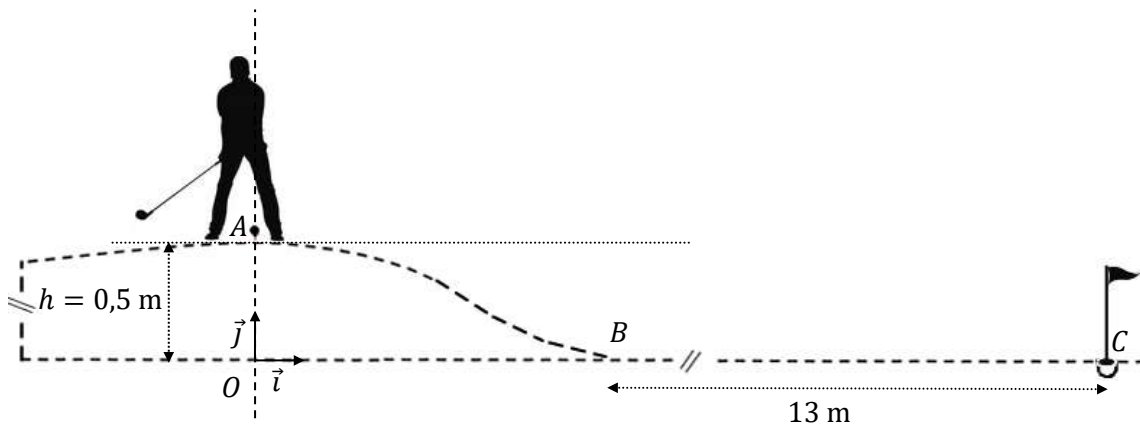
Les caractéristiques du condensateur utilisé sont :

- Tension maximale :  $E = 4 \text{ V}$
- Résistance :  $R = 10^3 \Omega$
- Capacité :  $C = 2 \cdot 10^{-3} \text{ F}$

Déterminer le temps de charge  $t$  (exprimé en seconde, arrondi à  $0,1 \text{ s}$  près) nécessaire pour obtenir une tension aux bornes du condensateur égale à la moitié de sa tension maximale.

### Exercice 4 (6 points)

Un joueur de mini-golf se trouve au sommet  $A$  d'une butte. Il vise le point  $C$  situé plus loin, sur la piste selon le schéma suivant :



Le golfeur frappe doucement la balle. La balle **ne quitte pas le sol**, passe par le point  $B$  et se dirige vers le point  $C$ .

On donne :

- la masse de la balle :  $m = 4,6 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$  ;
- la vitesse initiale au point  $A$  :  $v_A = 1,50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

1. Quel est le référentiel d'étude du mouvement de la balle ?

2. On étudie le système {balle} du point de départ  $A$  vers la base de la butte  $B$ .

Les frottements sont considérés comme négligeables.

On note  $g$  l'accélération de la pesanteur avec  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

Au cours de cette phase du mouvement, la variation d'énergie cinétique du système est égale au travail des forces extérieures appliquées au système.

- Exprimer le travail du poids  $W_{\vec{p}}$  entre le point  $A$  et le point  $B$ .
- Sans calcul, indiquer la valeur du travail de la réaction du support.
- Exprimer la variation d'énergie cinétique entre le point  $A$  et le point  $B$ .
- Vérifier que la vitesse de la balle en  $B$  est  $v_B = 3,50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Dans les questions suivantes, on étudie le système {balle} entre le point  $B$  et le point  $C$ .

On prend  $t = 0 \text{ s}$  comme étant l'instant où la balle quitte le point  $B$ .

3. On suppose, dans cette question, que les frottements sont négligeables.

- À quelles forces est soumis le système ?
- Justifier que la vitesse du système entre  $B$  et  $C$  est  $v_1 = 3,50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

4. On considère que le système est soumis à une force de frottement linéaire de type  $\vec{F}_f = -\alpha \cdot \vec{v}$

a. Appliquer le principe fondamental de la dynamique sur le système et en déduire l'équation différentielle que vérifie  $v_x$  en fonction de  $m$  et  $\alpha$ .

b. On admet que la fonction  $v_x$  définie par  $v_x(t) = K \cdot e^{-\frac{\alpha \cdot t}{m}}$  est solution de cette équation différentielle.

À partir des conditions initiales, déterminer la valeur de  $K$ .

c. La balle est en  $C$  au temps  $t = 3,9$  s.

La vitesse moyenne de la fonction  $v_x$  sur l'intervalle  $[0 ; 3,9]$  est donnée par :

$$v_2 = \frac{1}{3,9} \int_0^{3,9} v_x(t) dt$$

Sachant que  $\alpha = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{N} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}$ , montrer que  $v_2 \approx 3,34 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

d. En comparant les vitesses  $v_1$  et  $v_2$ , quelle hypothèse peut-on en tirer sur l'impact des frottements sur le mouvement ?

e. La balle poursuit son mouvement au-delà du point  $C$ .

Déterminer  $\lim_{t \rightarrow +\infty} v_x(t)$  et interpréter le résultat dans le contexte de l'exercice.

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2021**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

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 collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15.

La page 15/15 est une annexe du sujet, à rendre avec la copie.

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

**Le candidat sera attentif aux consignes contenues dans le sujet pour traiter les 4 exercices.**

## EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points) : préparation d'un échantillon de glace

(physique-chimie et mathématiques)

**ICE MEMORY** est un programme international qui vise à constituer des archives de la composition de l'air, pour analyser les évolutions et leur impact sur le climat. Il s'agit de collecter des carottes de glace des glaciers à forte valeur scientifique parmi les plus exposés au changement climatique et de les stocker en Antarctique pour les scientifiques des générations futures.

Source : [www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

Les analyses réalisées sur les carottes de glace permettent de mesurer les variations passées du climat, de l'environnement et, tout particulièrement, de la composition atmosphérique grâce aux micro-bulles piégées dans la glace : variations de la température, des concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre, des émissions d'aérosols naturels ou de polluants d'origine humaine.

Source : [www.ice-memory.org](http://www.ice-memory.org)

Afin d'effectuer des analyses de l'eau constituant la carotte, on fait fondre une tranche de carotte de glace de forme cylindrique de 1,0 cm d'épaisseur et 10 cm de diamètre à l'aide d'un appareil de chauffage de puissance  $P_0 = 500 \text{ W}$ .

### Données :

- masse volumique de la glace :

$$\rho_{\text{glace}} = 917 \text{ kg.m}^{-3}$$

- capacité thermique massique de la glace :

$$c_{\text{glace}} = 2,06 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

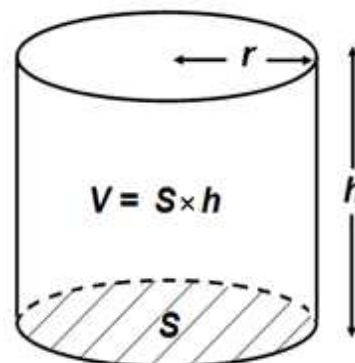
- capacité thermique massique de l'eau liquide :

$$c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

- énergie massique de fusion de la glace :

$$E_{m,\text{fus}} = 333 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

- volume  $V$  d'un cylindre de surface de base  $S$

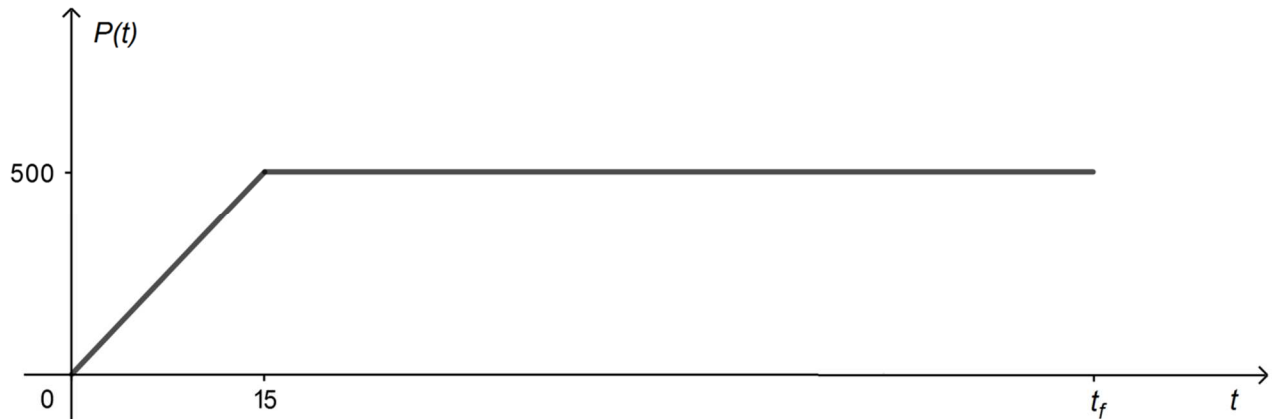


1. Déterminer la valeur de la masse de la tranche de glace.
2. Montrer qu'une énergie totale d'environ 37 kJ est nécessaire pour :
  - chauffer cette glace, initialement à  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  ;
  - la faire fondre ;
  - et porter l'eau liquide obtenue à  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

L'appareil de chauffage atteint la puissance  $P_0 = 500 \text{ W}$  en 15 secondes. On l'éteint à l'instant  $t_f$  lorsque l'eau liquide obtenue par la fonte de la glace atteint  $25 \text{ °C}$ .

La courbe représentée ci-après donne l'évolution de la puissance  $P(t)$  fournie par l'appareil au cours du chauffage, avec  $P(t)$  en W et  $t$  en seconde.

Cette courbe est formée d'un segment de droite et d'une demi-droite parallèle à l'axe des abscisses.



Évolution de la puissance en fonction du temps au cours du chauffage avec  $P(t)$  en W et  $t$  en seconde

**3.1.** Sur le **document réponse DR1, à rendre avec la copie**, hachurer sur le graphique en respectant les légendes proposées, le domaine dont l'aire vaut  $\int_0^{15} P(t)dt$  et le domaine dont l'aire vaut  $\int_{15}^{t_f} P(t)dt$ . Préciser les valeurs de ces aires.

**3.2.** Donner l'expression de  $\int_0^{t_f} P(t)dt$  en fonction de  $t_f$ .

**3.3.** Donner l'expression de  $P(t)$  pour  $t$  appartenant à l'intervalle  $[0 ; 15]$ . Donner une primitive de  $P$  sur l'intervalle  $[0 ; 15]$ . Retrouver la valeur de  $\int_0^{15} P(t)dt$ .

**4.** En supposant que toute l'énergie fournie par le chauffage sert à faire fondre la glace et à porter l'eau liquide obtenue à  $25 \text{ °C}$ , déterminer l'instant  $t_f$ . On utilisera les résultats obtenus aux questions **2** et **3.2**.

**5.** En réalité, le temps de chauffe est de 1 min 45 s. Commenter.

## **EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points) : profondeur d'un trou de forage**

(physique-chimie)

Afin de prélever un échantillon de glace, les glaciologues réalisent des forages aussi appelés carottages. Ils consistent en une découpe verticale réalisée à l'aide d'un carottier, un tube en acier en forme de vis, dont l'extrémité est équipée de lames coupantes. Les glaciologues récupèrent un cylindre de glace, la carotte.

Il est théoriquement possible de déterminer la profondeur d'un forage en laissant tomber un petit caillou dans le trou foré. Le choc provoqué par le caillou qui atteint le fond du trou produit dans ce cas un signal sonore que l'on entend au bout d'une certaine durée.

### **Expériences au lycée**

Cette expérience est difficilement réalisable dans le cadre des carottages dans la glace. La faible valeur du rayon du forage provoque en effet des rebonds sur la paroi au cours de la chute. Des élèves élaborent une série d'expériences au lycée afin de vérifier si le modèle de la chute libre peut s'appliquer à la chute d'un caillou.

### **Le modèle de la chute libre**

Le modèle de la chute libre sans vitesse initiale décrit le mouvement d'un objet soumis uniquement à son propre poids, les autres forces (poussée d'Archimède, frottements de l'air...) étant négligeables.

On peut alors montrer que la durée de chute  $t_{ch}$  de l'objet est proportionnelle à la racine

carrée de la hauteur de chute  $h$  :  $t_{ch} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ , où  $g$  est l'intensité de la pesanteur.

### **Première expérience : détermination de la valeur de l'intensité de pesanteur $g$**

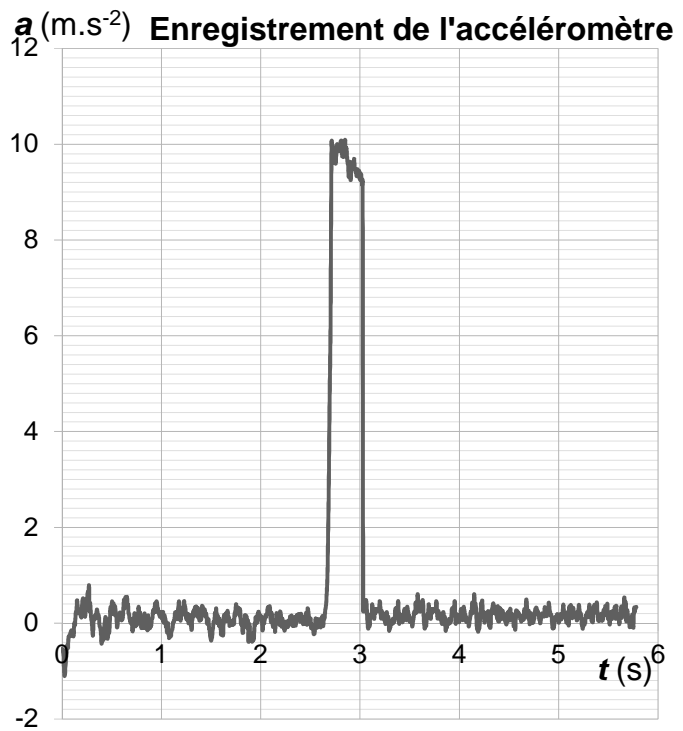
Les élèves décident d'exploiter l'accéléromètre de leur smartphone afin de déterminer la valeur de l'intensité de pesanteur  $g$  dans le laboratoire.

Protocole :

- déclencher l'enregistrement de l'accélération sur le smartphone ;

- lâcher le smartphone d'une hauteur  $H$  au-dessus d'un coussin ;

- arrêter l'enregistrement et afficher la courbe.



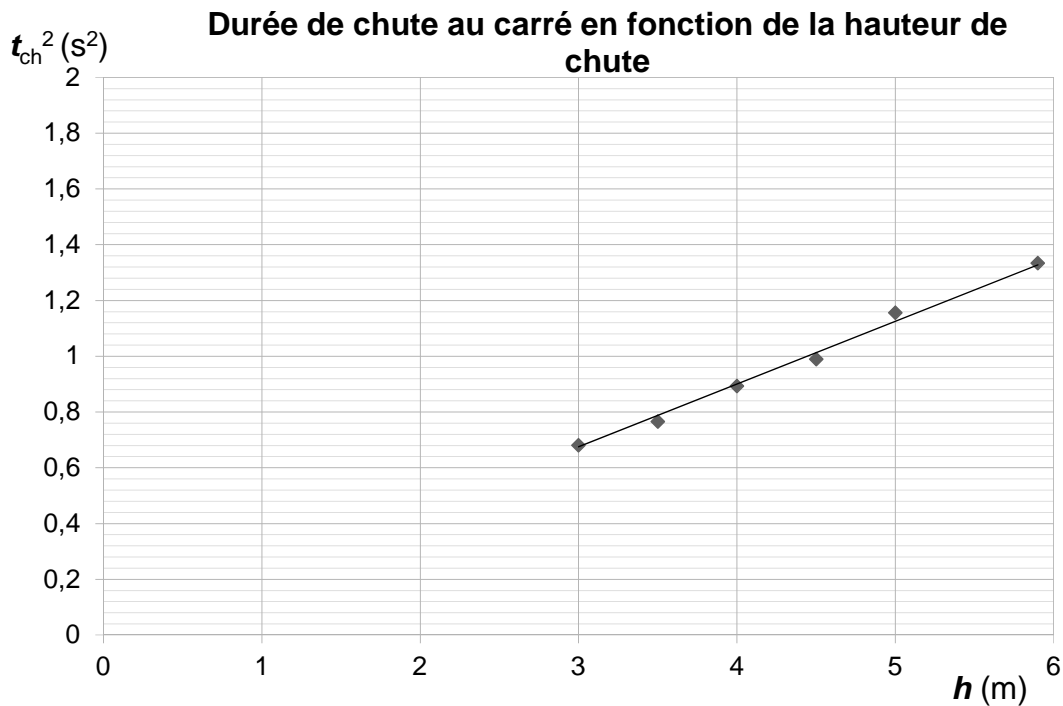
1. À l'aide du principe fondamental de la dynamique, exploiter l'enregistrement ci-dessus pour déterminer la valeur de l'intensité de pesanteur  $g$  dans le cadre du modèle de la chute libre.

### Deuxième expérience : mesures de durée de chute

Afin d'étudier le modèle de la chute libre, les élèves réalisent une deuxième expérience.

Un élève se place au pied d'un des bâtiments du lycée et un deuxième élève lâche une bille depuis différentes hauteurs  $h$ , par les fenêtres des 3 étages du bâtiment.

À chaque lâcher, ils mesurent la hauteur de chute  $h$  et la durée de chute de la bille  $t_{ch}$ . Ils décident de tracer la courbe de  $t_{ch}^2$ , en fonction de  $h$ , qu'ils modélisent par une droite linéaire. Le graphique représentant le carré de la durée de chute en fonction de la hauteur est reproduit ci-après.



Modélisation linéaire :  $t_{ch}^2 = k \times h$  avec le paramètre  $k = 0,206 \pm 0,003 \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-1}$

2. Expliquer pourquoi la modélisation linéaire choisie est en accord avec le modèle de la chute libre.
3. Calculer l'intensité de pesanteur  $g$  pour cette expérience.
4. Calculer l'incertitude type de mesure  $u(g)$  sur la valeur de  $g$  grâce à la relation suivante :

$$\frac{u(g)}{g} = 2 \times \frac{u(k)}{k}$$

5. Exprimer la valeur de l'intensité de pesanteur sous la forme  $g \pm u(g)$  et comparer cette valeur avec celle déterminée à l'aide de la première expérience.

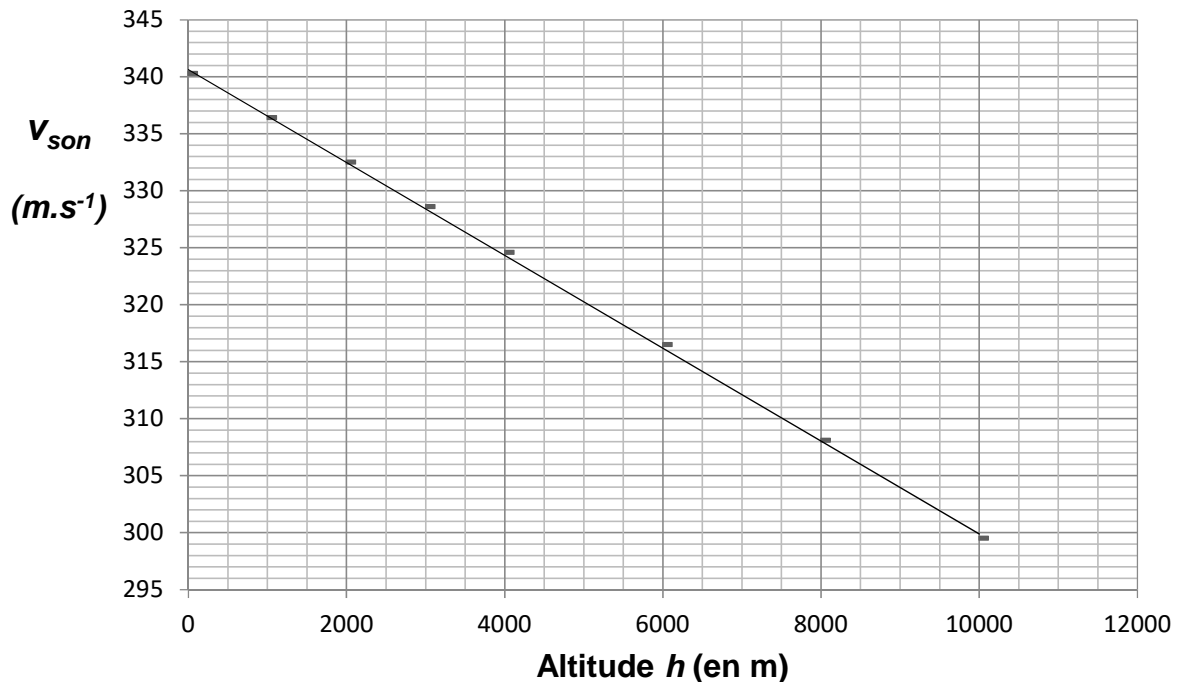
## Retour sur le glacier

Le forage étudié se situe sur le glacier du col du Dôme, à 4300 m, au pied du Mont Blanc.

À cette altitude, la température n'est pas la même qu'au niveau de la mer. C'est aussi le cas pour d'autres grandeurs, telle que la vitesse de propagation du son. En revanche, l'intensité de pesanteur varie plus faiblement et sa valeur est  $g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$  sur le glacier.

- Calculer la valeur de la durée de chute d'un caillou dans le trou du forage, de profondeur de 128 m, dans le cadre du modèle de la chute libre.
- Lorsque le caillou atteint le fond du trou, le choc produit un signal sonore, perçu au bout d'une certaine durée  $t_{\text{totale}}$  qui correspond à la durée de la chute, suivie de celle de la propagation du signal sonore. Calculer cette durée totale en tenant compte de la vitesse de propagation du son à cette altitude.

### Évolution de la vitesse de propagation du son avec l'altitude



D'après : Çengel Y., Boles, M., *Thermodynamics - An Engineering Approach*

- Si l'expérience était réalisée, la durée au bout de laquelle on percevrait le signal serait finalement supérieure à la valeur  $t_{\text{totale}}$  calculée précédemment. Expliquer les origines possibles de cette différence.

### EXERCICE 3 commun à tous les candidats (4 points)

(mathématiques)

**Le candidat doit traiter quatre questions parmi les six que comporte l'exercice. Les questions sont indépendantes. Chacune d'elles est notée sur un point.**

**Le candidat choisit les quatre questions auxquelles il répond et indique clairement leur numéro sur sa copie en début d'exercice.**

Pour chaque question, préciser si l'affirmation est vraie ou fausse et justifier la réponse choisie.

#### Question 1

Soit  $f$  la fonction définie sur  $\mathbf{R}$  par  $f(x) = x^2 e^x$ .

Affirmation 1 :

« La fonction  $f$  est croissante sur  $\mathbf{R}$  . »

#### Question 2

On considère la fonction  $h$  définie sur  $]0 ; +\infty[$  par  $h(x) = \ln(2x + 1)$ .

On désigne par  $C_h$  sa courbe représentative dans un repère orthonormé d'origine  $O$  et d'unité graphique 1 cm.

On note  $M(x ; y)$  un point de la courbe  $C_h$ . On suppose que l'ordonnée  $y$  du point  $M$  est supérieure à 15 cm.

Affirmation 2 :

« L'abscisse  $x$  du point  $M$  se situe à plus de 16 km du point  $O$ . »

#### Question 3

Le thorium 231 est un élément radioactif qui se désintègre selon la loi :

$N(t) = N(0) e^{-0,027 t}$  où  $N(0)$  est le nombre de noyaux au début de l'observation et

$N(t)$  le nombre de noyaux à l'instant  $t$  exprimé en heure. La demi-vie d'un élément radioactif est le temps au bout duquel la moitié de ses noyaux se sont désintégrés.

Affirmation 3 :

« La demi-vie du thorium 231 est d'environ 11 heures. »

**Question 4**

Soit  $f$  la fonction définie sur  $\mathbf{R}$  par  $f(t) = \cos(t) + 2 \sin(t)$ .

On considère l'équation différentielle (E) :  $y'' + y = 0$ .

Affirmation 4 :

« La fonction  $f$  est solution sur  $\mathbf{R}$  de l'équation différentielle (E) et vérifie les conditions initiales  $y(0) = 1$  et  $y'(0) = 2$ . »

**Question 5**

On considère le nombre complexe  $z = \frac{2-i}{1-3i}$ .

Affirmation 5 :

« Le nombre complexe  $z^4$  est un nombre réel négatif. »

**Question 6**

Le plan complexe est muni d'un repère orthonormé direct  $(O ; \vec{u}, \vec{v})$ . On considère les points A, B et C d'affixes respectives :

$$z_A = -1 + i, z_B = 4 + 2i \text{ et } z_C = -4i.$$

Affirmation 6 :

« Le triangle ABC est rectangle et isocèle. »

## EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points)

(physique-chimie)

Vous indiquerez sur votre copie l'exercice 4 choisi : exercice 4 – A ou exercice 4 – B

### EXERCICE 4 – A : stockage d'une carotte de glace

**Mots clés : résistance thermique, flux thermique, molécules organiques**

Afin de prélever un échantillon de glace, les glaciologues réalisent des forages aussi appelés carottages. Ils consistent en une découpe verticale réalisée à l'aide d'un carottier, un tube en acier en forme de vis, dont l'extrémité est équipée de lames coupantes. Les glaciologues récupèrent un cylindre de glace, la carotte. Celle-ci est alors protégée dans une housse, après avoir été mesurée, numérotée et qualifiée (haut / bas, lieu, profondeur de prélèvement), puis soigneusement stockée dans des boîtes isothermes jusqu'à son transport par conteneur frigorifique.

La chaîne de froid, à mettre en place du lieu de forage jusqu'au stockage, est particulièrement sensible et représente un élément crucial dans une opération de carottage.

D'après : [www.ice-memory.org](http://www.ice-memory.org)

On souhaite étudier la performance thermique d'une boîte isolée par un nouveau matériau technique : les panneaux ISOVIP.

#### Les isolants sous vide

Appelés PIV (panneaux isolants sous-vide) ou VIP (Vacuum Insulation Panels), les isolants sous-vide, qui ont fait leur apparition sur le marché il y a quelques années, restent une solution pour l'isolation par l'intérieur fort intéressante.

Leur principal atout est une conductivité thermique particulièrement faible.



Au moment de leur création, les panneaux ISOVIP présentait la meilleure performance thermique du marché, avec une conductivité thermique  $\lambda$  de  $0,0052 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , **soit 6 à 8 fois moins que les plus performantes des laines de verre actuelles.**

La résistance thermique des panneaux ISOVIP, d'épaisseur  $e = 36 \text{ mm}$ , est en moyenne de :

- $R = 6,2 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$  pour les petits panneaux ( $600 \times 300 \text{ mm}$ ) ;
- $R = 6,7 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$  pour les grands panneaux ( $600 \times 1000 \text{ mm}$ ).

**À noter :** le calcul de la résistance thermique pour ce produit fait l'objet d'un traitement un peu spécial, qui tient compte des « **effets de bords** », la conductivité des « bords » de panneaux en polyester métallisé étant supérieure à celle du « cœur de panneau ».

D'où le fait que l'on ne retrouve pas exactement la formule  $R = \frac{e}{\lambda}$ .

Source : [www.isover.fr/guides/materiaux-isolants](http://www.isover.fr/guides/materiaux-isolants)

La boîte est transportée dans un conteneur frigorifique dont la température est maintenue constante à  $\theta_{\text{conteneur}} = -18 \text{ °C}$ .

### Caractéristiques techniques de la boîte isotherme

Constitution des parois :

- plaques en aluminium : épaisseur 1,0 mm, conductivité thermique de l'aluminium  $\lambda_{\text{alu}} = 220 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;
- doublées à l'intérieur de panneaux ISOVIP (4 grands, 4 petits).

### Résistance thermique du caisson

1. Calculer la résistance thermique des panneaux ISOVIP obtenue à l'aide de la formule  $\frac{e}{\lambda}$ .
2. Expliquer la différence entre la résistance calculée et les valeurs réelles annoncées pour les deux types de panneaux.
3. Expliquer qualitativement, pourquoi la résistance thermique ajoutée par la plaque d'aluminium est négligeable pour calculer la résistance globale des parois de la boîte isotherme.

### Flux thermique à travers la boîte

4. Donner le sens du transfert thermique entre l'intérieur de la boîte isotherme, où est stockée la carotte à  $\theta_{\text{carotte}} = -40 \text{ °C}$ , et le conteneur frigorifique.
5. En déduire si l'expression « pertes thermiques » est appropriée pour la boîte.

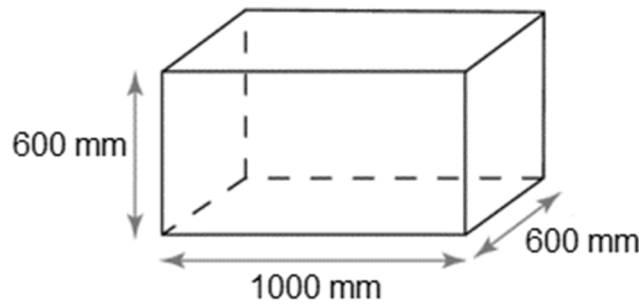
On suppose, pour simplifier, que seule la paroi intervient dans le calcul des pertes thermiques.

Lorsqu'il y a un écart de température  $\Delta\theta$  (en °C) de part et d'autre d'une paroi de résistance thermique  $R_{th}$ , alors un flux thermique surfacique  $\varphi$  (en  $\text{W.m}^{-2}$ ) traverse la paroi ; son expression est :

$$\varphi = \frac{\Delta\theta}{R_{th}}$$

$$\text{avec } \Delta\theta = \theta_{\text{conteneur}} - \theta_{\text{carotte}}$$

6. En tenant compte des dimensions de la boîte données ci-dessous, déterminer le flux thermique  $\Phi$  à travers la surface totale des parois de la boîte en prenant une valeur moyenne de  $R_{th} = 6,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .



Dimensions du caisson

7. À partir de la capacité thermique massique de la glace, on peut montrer qu'il faut une énergie d'environ 124 kJ pour augmenter de 1 °C la température des 60 kg de carotte de glace contenus dans la boîte isotherme.  
À l'aide du flux thermique, déduire en combien de temps la température des carottes de glace augmente de 1 °C. Commenter.

### Une technologie inédite

ISOVIP est constitué d'une poudre très fine de **silice amorphe pressée en plaque**. Celle-ci est enveloppée d'un film polyester métallisé avant d'être mise sous vide. Ce film est thermoscellé afin de maintenir le vide au sein de la plaque tout au long de sa durée de vie. Un **surfaçage en XPS** (polystyrène extrudé) est ensuite fixé sur chacune de ses faces pour assurer une **protection mécanique**.

Source : [www.isover.fr/guides/materiaux-isolants](http://www.isover.fr/guides/materiaux-isolants)

Le polyester est un polymère synthétique plus communément appelé polyéthylène téréphtalate (PET). Il est fabriqué à partir d'acide téréphtalique et d'éthylène glycol.

L'équation modélisant la synthèse de l'ester est écrite dans le **document réponse DR2, à rendre avec la copie**.

8. Sur le **document DR2, à rendre avec la copie**, entourer deux groupes caractéristiques différents présents dans les réactifs et nommer les fonctions chimiques correspondantes.
9. Donner la formule brute de l'acide téréphtalique et en déduire la formule brute du produit inconnu de la réaction, noté X dans l'équation de la réaction chimique.

La fiche toxicologique du styrène, utilisé pour la fabrication du polystyrène, présente les pictogrammes suivants :



10. Expliquer les précautions à prendre lors de l'utilisation du styrène.

#### EXERCICE 4 – B : analyse de l'eau d'un échantillon de glace (6 points)

**Mots clés : couple acide – base, énergie, rendement d'une conversion.**

#### Enregistrement de l'environnement

En se déposant à la surface d'un glacier, les couches de neige enregistrent une multitude d'informations sur l'état de notre environnement.

Constituées presque entièrement de molécules d'eau, ces couches de neige contiennent aussi des impuretés, qui représentent parfois seulement quelques millièmes de milliardièmes de la masse de neige déposée. Ces impuretés peuvent être solides, comme les poussières émises par les sols ou les déserts. [...]

Ces impuretés peuvent aussi être liquides. On les appelle "aérosols" : de minuscules gouttelettes comprenant par exemple des acides : acide sulfurique provenant de la combustion du charbon, acide nitrique provenant des émissions par les sols agricoles ou de la transformation d'oxydes d'azote émis par les véhicules ou les sources de chauffage, acide fluorhydrique émis par certaines activités industrielles, acides organiques résultant d'émissions naturelles de composés organiques par la végétation, par le brûlage de cette même végétation, ou bien par les combustions d'énergie fossile.

Source : [www.ice-memory.org](http://www.ice-memory.org)

Des analyses sont donc effectuées sur l'eau de l'échantillon de la carotte de glace, afin d'en déterminer la composition chimique détaillée, notamment concernant les acides.

**Données** : couples acide/base :

$\text{HNO}_3(\text{aq}) / \text{NO}_3^-(\text{aq})$ ;  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ;  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) / \text{HO}^-(\text{aq})$ ;  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) / \text{HCO}_3^-(\text{aq})$

#### Acide nitrique

1. Donner la définition d'une espèce chimique acide.

- Établir l'équation de la réaction entre l'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  et l'eau  $\text{H}_2\text{O}$ .
- On mesure la valeur de pH de l'échantillon à l'aide d'un pH-mètre :  $\text{pH} = 6,2$ .  
Calculer la valeur de la concentration en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  de cet échantillon.

### Acide carbonique

Lorsque le dioxyde de carbone gazeux se dissout dans l'eau, on peut, pour simplifier, considérer qu'il s'associe spontanément à une molécule d'eau pour former l'acide carbonique.

- En raisonnant par analogie avec l'acide nitrique, expliquer comment l'augmentation du taux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est détectable par une mesure du pH des échantillons de carottes de glace. Pour cette question, on considère la seule variation du taux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

### Énergie fossile et environnement

- Citer le produit d'une combustion qui a un impact important sur l'environnement.
- Les énergies d'origine fossile sont non-renouvelables. Expliquer ce qu'est une énergie non-renouvelable.

On étudie l'impact énergétique d'un groupe électrogène.

Un groupe électrogène est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité. La plupart des groupes sont constitués d'un moteur thermique qui actionne un alternateur.

Le groupe électrogène étudié fournit une puissance électrique continue de 1800 W. Il est constitué d'un moteur GRX120.

- Compléter la chaîne énergétique de ce groupe électrogène sur le **document réponse DR3, à rendre avec la copie**.
- Exploiter les données ci-dessous afin de calculer le rendement global de l'ensemble de la chaîne correspondant au groupe électrogène. Commenter.

### Données :

Caractéristiques de l'essence sans plomb 95 :

- masse volumique :  $\rho = 0,75 \text{ kg.L}^{-1}$  ;
- pouvoir calorifique inférieur :  $\text{PCI} = 42,7 \times 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

Moteur GRX120	
Consommation de carburant en service continu	1,0 L par heure
Combustible	Essence sans plomb 95 (E5)

*D'après [www.honda-engines-eu.com](http://www.honda-engines-eu.com)*

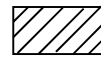
**DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**

**DR1 : évolution de la puissance de l'appareil de chauffage**

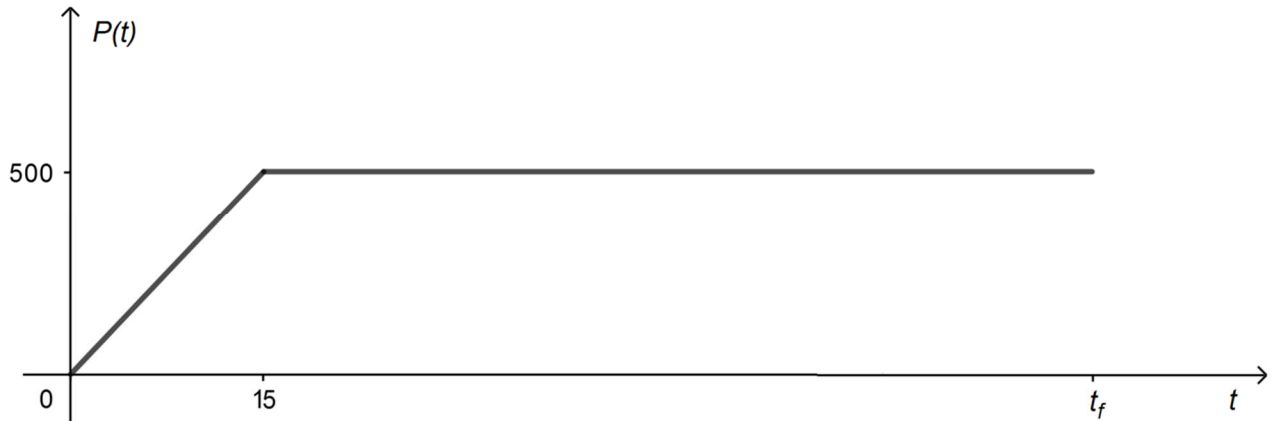
Légende :



: aire correspondant à  $\int_0^{15} P(t)dt$

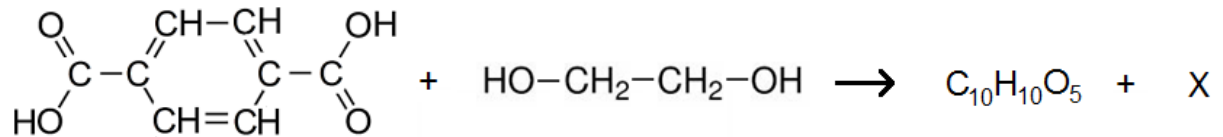


: aire correspondant à  $\int_{15}^{t_f} P(t)dt$



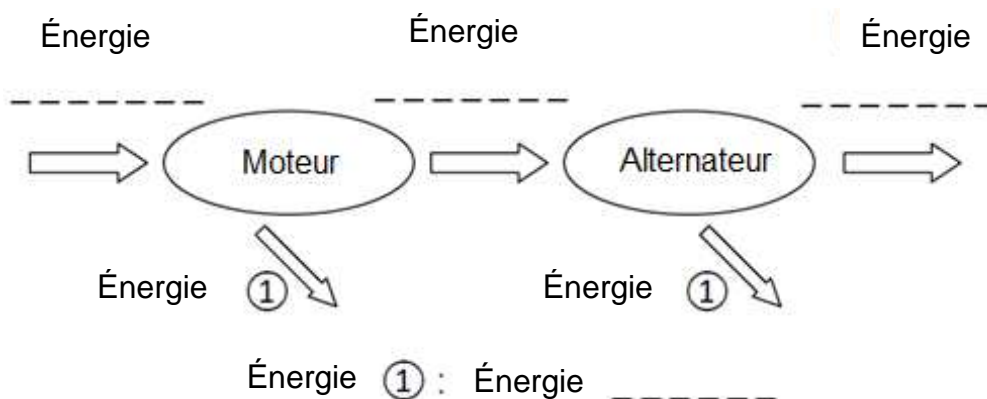
Évolution de la puissance en fonction du temps au cours du chauffage avec  $P(t)$  en W et  $t$  en s

**DR2 : équation de la réaction modélisant la synthèse de l'ester**



*acide téréphtalique + éthylène glycol → ester + produit inconnu*

**DR3 : chaîne énergétique du groupe électrogène**





# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2021**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

**Lundi 7 Juin 2021**

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 collègue » est autorisé..*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 16 pages numérotées de 1/16 à 16/16.

La page 16/16 est une annexe du sujet, à rendre avec la copie

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

**Le candidat sera attentif aux consignes contenues dans le sujet pour traiter les 4 exercices.**

**EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points) : four de recuit de détente**  
(physique-chimie et mathématiques)



Lors de leur fabrication, certaines pièces métalliques peuvent présenter des faiblesses dues à un refroidissement inégal après la coulée ou lors du fraisage, du tournage ou du rabotage. Pour réduire les contraintes dans la pièce, on procède à un recuit de détente.

Le recuit de détente est un traitement thermique. Selon la norme NF EN ISO 4885, le recuit de détente, pour l'acier, est un recuit réalisé dans une plage de température de 550 °C à 650 °C suivi par un lent refroidissement pour réduire les contraintes internes sans modifier les propriétés des pièces.

Pour réaliser un recuit de détente, on dispose d'un four thermique électrique qui permet d'obtenir progressivement la température souhaitée à l'aide d'une résistance chauffante.

Le four étudié ici a une puissance de 2,0 kW.

La température au sein du four contenant les pièces en acier, dépendant du temps, est modélisée par une fonction  $\theta$ . La température est exprimée en degré Celsius et le temps est exprimé en seconde.

On admet que la fonction  $\theta$ , définie et dérivable sur l'intervalle  $[0 ; +\infty[$ , est une solution, sur cet intervalle, de l'équation différentielle suivante :

$$(E) : 800 y' + y = 600.$$

À l'instant  $t = 0$ , on met le four sous tension. La température est alors de 25 °C.

1. À partir de l'équation différentielle ci-dessus, déterminer une durée caractéristique de l'évolution de la température dans le four et la valeur limite atteinte par la température du four.

2. a. Montrer que la fonction  $\theta$  est définie sur  $[0 ; +\infty[$  par :

$$\theta(t) = 600 - 575 e^{-0,00125 t}.$$

b. Quelle sera la température du four au bout de 10 minutes ?

3. Selon la norme NF EN ISO 4885, le recuit de détente doit se faire lorsque la température du four est comprise entre 550 °C et 650 °C.
  - a. Selon ce modèle, déterminer le temps d'attente nécessaire pour que le four atteigne la température de 550 °C. On arrondira le résultat à la minute.
  - b. Selon ce modèle, la température du four peut-elle dépasser 600 °C ?
  
4. La capacité thermique massique de l'acier étant  $c_m = 460 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , déterminer la valeur de l'énergie  $E_{charge}$  nécessaire pour porter une charge de 2,50 kg de la température ambiante de 25 °C à la température de 550 °C.  
En déduire alors la puissance moyenne dédiée à ce chauffage et commenter le résultat.

**EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points) : mise en sécurité d'une piscine avec un volet roulant**  
(physique-chimie)

Le but de l'exercice est d'étudier la possibilité de l'installation d'une alimentation autonome pour un volet roulant permettant de protéger et sécuriser la piscine.

Le bassin de la piscine étudiée a les dimensions suivantes :

longueur : 7,0 m, largeur : 3,5 m et profondeur (fond plat) : 1,5 m.



Piscine munie d'un volet roulant

**1. Étude du moteur.**

**Fiche technique du moteur**

Vitesse moteur en tour/min	3 tours/min
Tension d'alimentation	24 V
Intensité	5,0 A
Puissance électrique	120 W

*d'après notice technique moteur Becker*

<https://www.centpourcent-volet-roulant.fr/moteur-becker/moteur-de-piscine-becker-11203q-24v-hk-1257#ensavoirplus>

**1.1.** En vous aidant de la fiche technique du moteur, et sachant que le rayon moyen de l'ensemble arbre du moteur et volet est de l'ordre de 25 cm, évaluer la vitesse moyenne de déroulement du volet sur le bassin.

**1.2.** Évaluer la durée nécessaire pour couvrir toute la surface du bassin. Commenter.

**1.3.** Le rendement du moteur étant de l'ordre de 90 %, déterminer la puissance mécanique développée par le moteur. Quelle est la nature de la puissance dissipée ?

1.4. Sachant que la puissance mécanique développée par le moteur est égale au produit du couple moteur par la vitesse angulaire, évaluer la valeur du couple moteur.

## 2. Étude de la batterie.

Pour l'alimentation électrique du moteur, on utilise 2 batteries 12 V branchées en série dont les caractéristiques sont les suivantes :

- tension d'utilisation : 12 V ;
- capacité : 8,0 A.h.

2.1. Exprimer puis calculer la valeur de l'énergie en W.h contenue dans chacune des batteries 12 V.

2.2. La durée d'un cycle du volet roulant (ouverture et fermeture) étant de l'ordre de 3 minutes, déterminer l'énergie électrique nécessaire à un cycle d'utilisation du volet roulant.

On rappelle que la puissance électrique consommée par le moteur est de 120 W.

2.3. Au bout de combien de cycles faut-il recharger les batteries ?

## 3. Étude du panneau photovoltaïque.

La notice technique du panneau photovoltaïque permettant la recharge de la batterie précédente nous indique les caractéristiques suivantes (dans les conditions standard de test : ensoleillement de 1000 W/m<sup>2</sup> et 25 °C) :

- puissance crête :  $P_c = 100 \text{ W}$  ;
- courant de court-circuit :  $I_{cc} = 2,91 \text{ A}$  ;
- tension à vide :  $U_{co} = 44,10 \text{ V}$  ;
- tension à puissance crête :  $U_{max} = 36,50 \text{ V}$  ;
- courant à puissance crête :  $I_{max} = 2,74 \text{ A}$ .

*D'après la notice du panneau solaire Enjoysolar 100 W 24 V*

<https://solarv.de/en/product/enjoysolar-monocrystalline-50-watt-12v-solar-panel-mono-50w-ideal-for-garden-camping-camper-van-and-offgrid-systems/>

3.1. Compléter la caractéristique  $I = f(U)$  donnée **dans le document à rendre avec la copie** en y indiquant le point de fonctionnement à la puissance crête.

3.2. Parmi les trois montages électriques donnés **dans le document à rendre avec la copie**, indiquer celui permettant de mesurer la tension à vide et celui permettant de mesurer une intensité de court-circuit.

3.3. Déterminer la durée de recharge complète des batteries précédemment étudiées lorsque le panneau fonctionne en délivrant sa puissance crête.

### EXERCICE 3 commun à tous les candidats (4 points)

(mathématiques)

Le candidat doit traiter quatre questions parmi les six que comporte l'exercice. Les questions sont indépendantes. Chacune d'elles est notée sur un point.

Le candidat choisit les quatre questions auxquelles il répond et indique clairement leur numéro sur sa copie en début d'exercice.

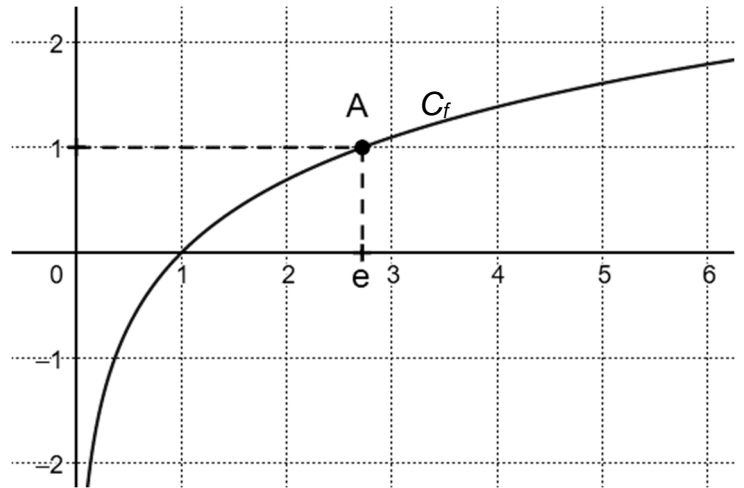
#### Question 1

On a tracé dans le repère orthonormé ci-contre la courbe représentative  $C_f$  de la fonction  $f$  définie sur  $]0 ; +\infty[$  par :  
 $f(x) = \ln(x)$ .

On note A le point de  $C_f$  de coordonnées  $(e ; 1)$ .

On note T la tangente à la courbe  $C_f$  au point A.

La tangente T passe-t-elle par l'origine du repère ? Justifier.



#### Question 2

On considère la fonction  $f$  définie sur l'intervalle  $[0,5 ; 10]$  par :

$$f(x) = x^2 - x - 2 - 3 \ln(x).$$

On note  $f'$  la fonction dérivée de  $f$ .

a. Montrer que  $f'(x) = \frac{(x+1)(2x-3)}{x}$  pour tout  $x$  appartenant à l'intervalle  $[0,5 ; 10]$ .

b. Montrer que  $f$  admet un minimum sur l'intervalle  $[0,5 ; 10]$  et préciser la valeur exacte de ce minimum.

#### Question 3

a. Résoudre dans  $\mathbf{R}$  l'équation  $e^{-0,0434 x} = 0,01$ . On donnera la valeur exacte de la solution.

b. Un signal de puissance initiale  $P(0) = 6,75$  mW parcourt une fibre optique. La puissance du signal, exprimée en mW, lorsque celui-ci a parcouru une distance de  $x$  kilomètres depuis l'entrée est donnée par  $P(x) = 6,75 e^{-0,0434 x}$ .

Quelle est la distance parcourue par le signal lorsque celui-ci aura perdu 99 % de sa puissance ? On arrondira le résultat obtenu au kilomètre.

#### Question 4

Le plan complexe est muni d'un repère orthonormé direct  $(O ; \vec{u}, \vec{v})$ . On considère les points A et B d'affixes respectives :  $z_A = 3 e^{-i\frac{\pi}{3}}$  et  $z_B = -1 + i\sqrt{3}$ .

Les points O, A et B sont-ils alignés ?

### Question 5

On considère la fonction  $f$  définie sur l'intervalle  $[1 ; 2]$  par :

$$f(x) = x + e^x - \frac{1}{x}.$$

On a tracé dans le repère orthonormé ci-contre la courbe représentative  $C_f$  de la fonction  $f$ .

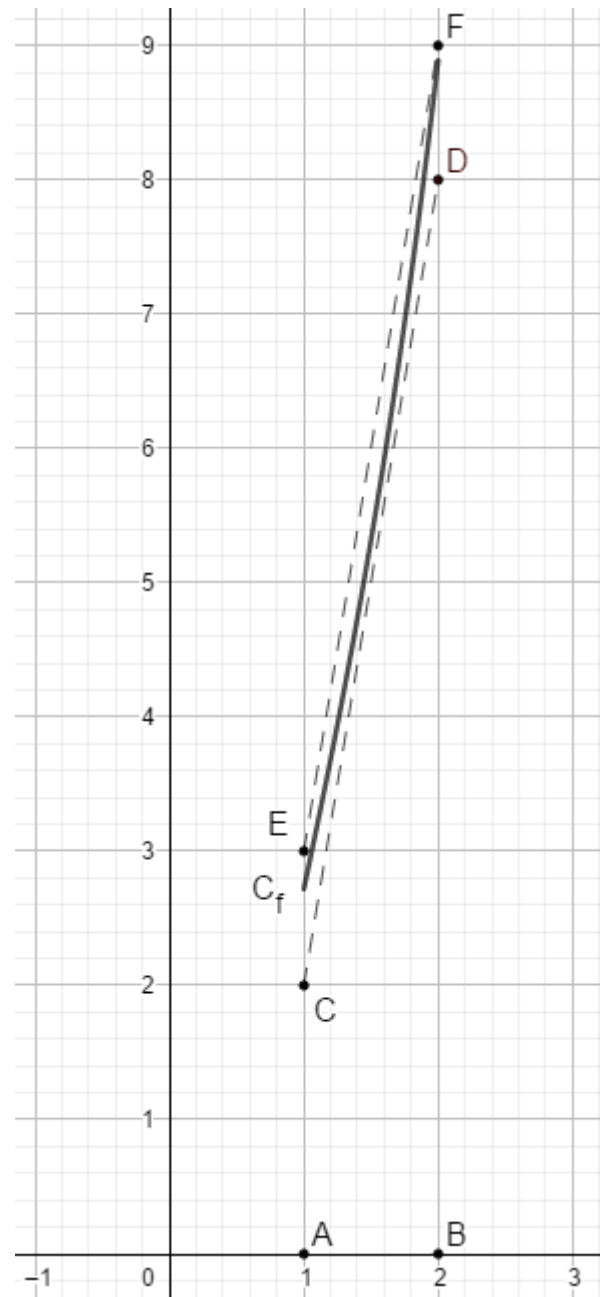
On considère les points A(1 ; 0) ; B(2 ; 0) ; C(1 ; 2) ; D(2 ; 8) ; E(1 ; 3) et F(2 ; 9).

On admet que la courbe  $C_f$  est au-dessus du segment [CD] et en dessous du segment [EF].

a. À l'aide du graphique, donner un encadrement d'amplitude 1 de l'intégrale :

$$\int_1^2 f(x) dx.$$

b. Calculer la valeur exacte de  $\int_1^2 f(x) dx$ .



### Question 6

**Rappel :** Pour  $a$  et  $b$  deux réels, on a les formules suivantes :

$$\cos(a + b) = \cos(a)\cos(b) - \sin(a)\sin(b)$$

$$\cos(a - b) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)$$

$$\sin(a + b) = \sin(a)\cos(b) + \cos(a)\sin(b)$$

$$\sin(a - b) = \sin(a)\cos(b) - \cos(a)\sin(b)$$

La tension  $u$  aux bornes d'un générateur, exprimée en volt, dépendant du temps  $t$ , exprimé en seconde, est donnée à l'instant  $t$  par :  $u(t) = 120 \cos(70t) - 120 \sin(70t)$ .

a. Montrer que, pour tout  $t$  de l'intervalle  $[0 ; +\infty[$ ,  $u(t) = 120\sqrt{2} \cos\left(70t + \frac{\pi}{4}\right)$ .

b. En déduire la fréquence  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ , exprimée en Hz, délivrée par le générateur, où  $\omega$  désigne la pulsation. On arrondira le résultat à l'unité.

## EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points)

(physique-chimie)

Vous indiquerez sur votre copie l'exercice 4 choisi : exercice 4 – A ou exercice 4 – B

### EXERCICE 4 – A : l'électrolyse au sel

**Mots-clés : réactions d'oxydo-réduction ; concentration d'un soluté.**

Le but de l'exercice est d'étudier le traitement de l'eau d'une piscine.

Le bassin de la piscine étudiée a les dimensions suivantes :

longueur : 7,0 m, largeur : 3,5 m et profondeur (fond plat) : 1,5 m.



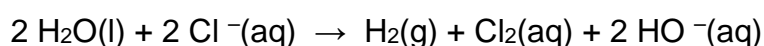
Piscine munie d'un volet roulant

Lors de la mise en eau du bassin, il est nécessaire de dissoudre du chlorure de sodium dans l'eau pour que l'électrolyse puisse fonctionner.

Cette électrolyse de l'eau de la piscine contenant du chlorure de sodium conduit à la formation de l'ion hypochlorite ( $\text{ClO}^-$ ).

Ce désinfectant puissant détruit alors bactéries et algues.

La transformation chimique qui a lieu lors de l'électrolyse de l'eau du bassin peut être modélisée par l'équation chimique suivante :



C'est en réagissant avec les ions  $\text{HO}^-$  que le dichlore conduit à la formation de l'ion hypochlorite.

## Principales caractéristiques de l'électrolyseur.

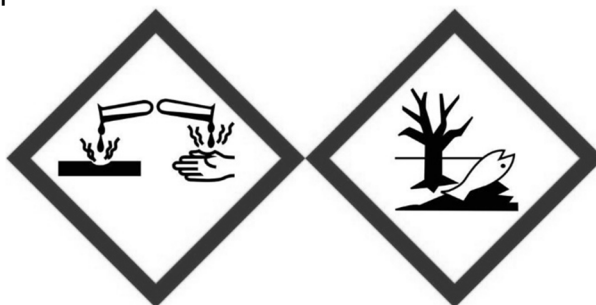
Tension d'alimentation	230 V – AC 50-60 Hz
Puissance consommée	70 W (ZLT 50)
Concentration massique de sel pour fonctionnement optimal	2,5 à 4,5 g/L
Débit maximal autorisé sur la cellule	12 m <sup>3</sup> /h
Dimensions de la cellule d'électrolyse	185 mm * 120 mm * 130 mm

*D'après la notice technique de l'électrolyseur ZELIA ZLT*

1. Un des deux couples mis en jeu lors de cette réaction d'oxydoréduction est le couple  $\text{Cl}_{2(\text{aq})} / \text{Cl}^{-}(\text{aq})$ . Donner la demi-équation électronique associée à ce couple.
2. Lors de l'électrolyse de l'eau, les ions chlorure  $\text{Cl}^{-}$  sont-ils oxydés ou réduits ? Justifier.
3. En s'aidant du document relatif à l'électrolyseur, quelle masse minimale de sel est-il nécessaire de dissoudre dans le bassin pour que l'électrolyse puisse avoir lieu correctement ? Combien de sacs de 25 kg est-il nécessaire d'acheter ?

L'ion hypochlorite se transforme à nouveau en ion chlorure. La sensation d'odeur de chlore n'est jamais présente, ce qui n'est pas le cas lorsque l'on utilise des pastilles de chlore actif ou du chlore liquide.

4. La photo ci-dessous est issue d'un bidon de chlore liquide utilisé pour le traitement des eaux de piscine. Donner la signification de chacun des pictogrammes ainsi que les précautions à prendre.



L'autre facteur très important à surveiller est le pH de l'eau. En effet, pour que l'électrolyse ait lieu dans les meilleures conditions, il faut que la valeur du pH de l'eau soit comprise entre 7,0 et 7,4.

5. Donner la relation permettant de lier le pH d'une solution avec la concentration en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  d'une solution aqueuse.

6. Calculer la valeur de la concentration des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  lorsque le pH vaut 7,4.



7. Il est possible de tester la qualité de l'eau de piscine en utilisant des bandelettes colorimétriques. Décrire le mode opératoire à mettre en œuvre pour une mesure de la valeur du pH de l'eau d'une piscine.

#### EXERCICE 4 – B : casque audio à réduction de bruit active

**Mots-clés : son pur et son complexe, intensité sonore et niveau d'intensité sonore.**

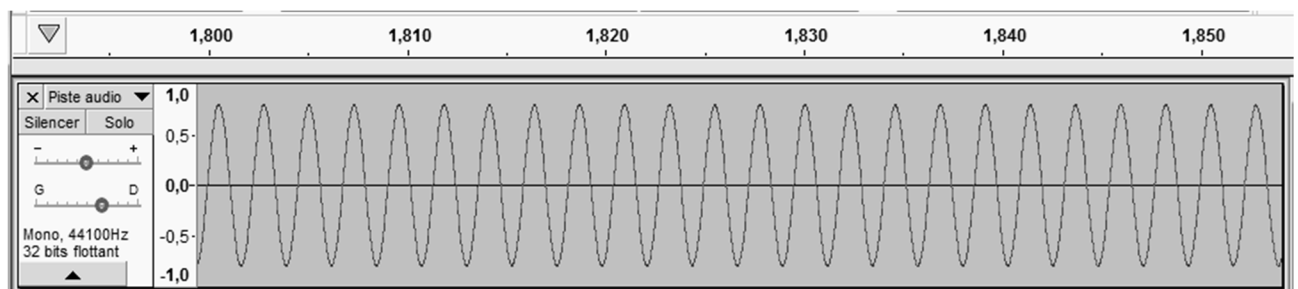
Dans cet exercice on cherche à déterminer l'efficacité que peut avoir le casque audio à réduction de bruit active pour les personnes travaillant sur les pistes d'un aéroport.

##### 1. Production d'un son

On étudie la production d'un son à l'aide du logiciel Audacity.

On crée une piste sonore en entrant les paramètres voulus, puis on écoute le son produit.

Chronogramme du son produit :



Sur ce chronogramme, l'échelle située dans la partie supérieure est l'axe des durées, en seconde.

1.1. En étudiant le chronogramme, choisir les termes qualifiant le mieux le son produit : son pur ou son complexe.

1.2. Évaluer la valeur de la période  $T$  (en seconde) du son produit.

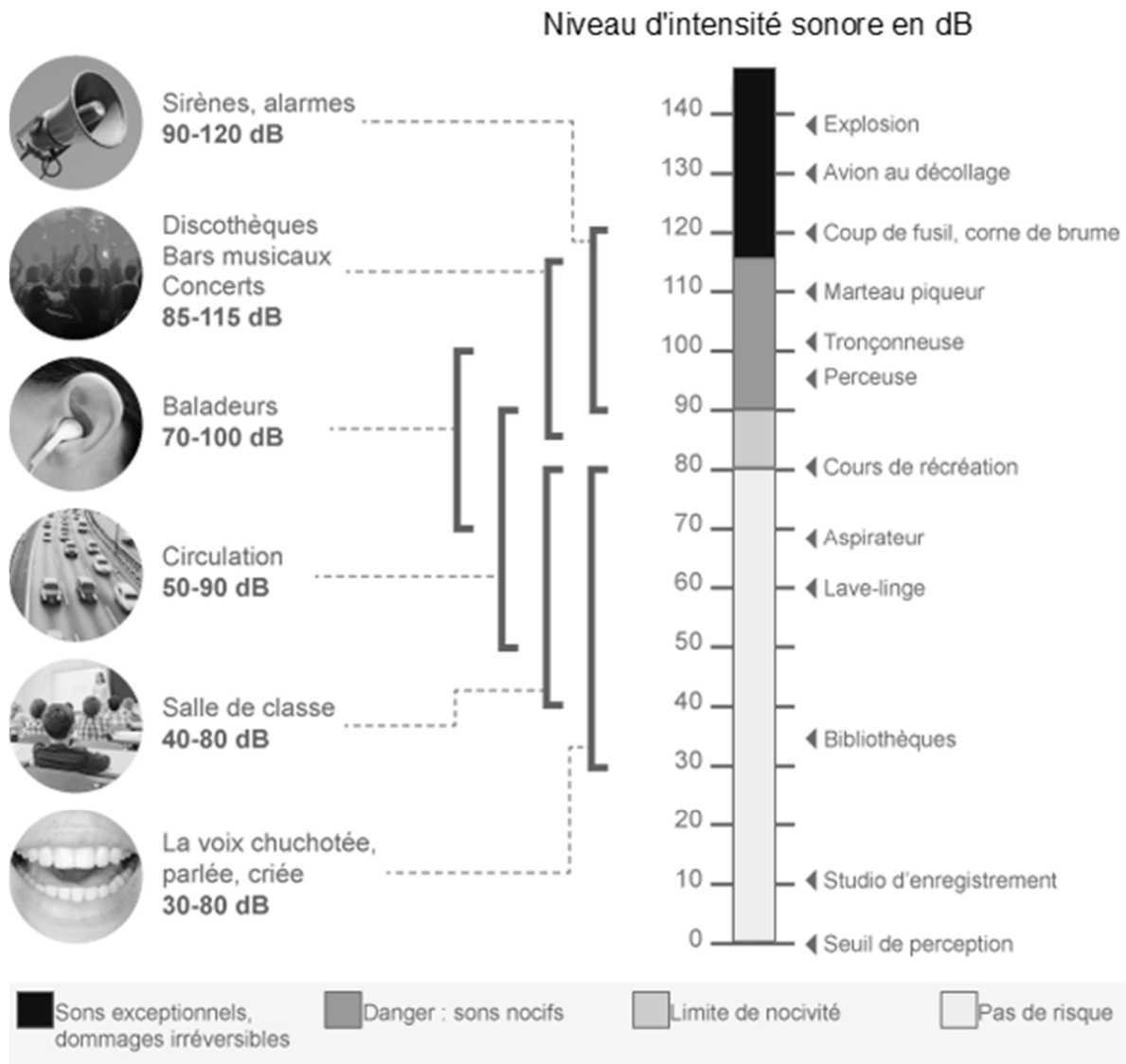
1.3. En déduire la valeur de la fréquence  $f$  du son produit.

1.4. Tracer l'allure du spectre en amplitude du son produit.

## 2. Mesures des risques encourus par le personnel de piste d'un aéroport

On s'intéresse tout d'abord à quelques caractéristiques de l'oreille humaine et on cherche à comprendre en quoi le bruit émis par un avion au décollage présente des risques importants quant à l'ouïe du personnel présent à proximité.

### Échelle de niveaux d'intensités sonores pour l'oreille humaine pour une fréquence de 1 kHz à une distance de 1 m de la source



Source : [www.cochlea.org](http://www.cochlea.org)

Le niveau d'intensité sonore  $L$  est défini par la relation suivante :

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

où

- $I$  est l'intensité sonore en  $\text{W/m}^2$  ;
- $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$  est l'intensité sonore de référence correspondant au seuil d'audibilité.

**2.1.** À l'aide des données ci-dessus, préciser à quel risque est soumis l'ouïe du personnel de piste dans un aéroport.

**2.2.** Montrer que l'intensité sonore d'un avion au décollage est 100 fois plus importante que celle d'un marteau piqueur.

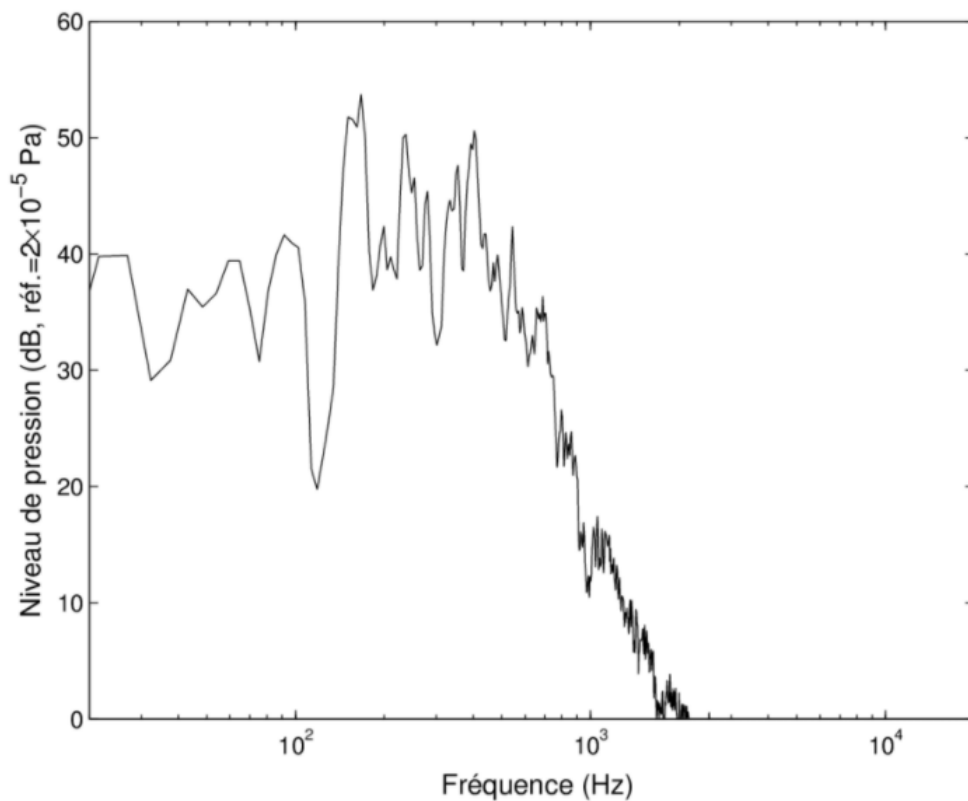
**2.3.** Sachant que lorsqu'on double la distance à une source sonore, le niveau sonore diminue de 6 dB, évaluer la distance à laquelle le niveau sonore d'un avion au décollage n'est plus que de 100 dB.

### **3. Étude de l'efficacité du casque à réduction de bruit active**

D'après la réglementation sur la santé et la sécurité au travail (article L.4121-2), la valeur limite d'exposition au bruit d'une personne est de 87 dB en moyenne sur une journée de travail.

Dans les milieux bruyants comme les aéroports, il convient donc de protéger le personnel avec un matériel adapté, comme un casque à réduction de bruit active.

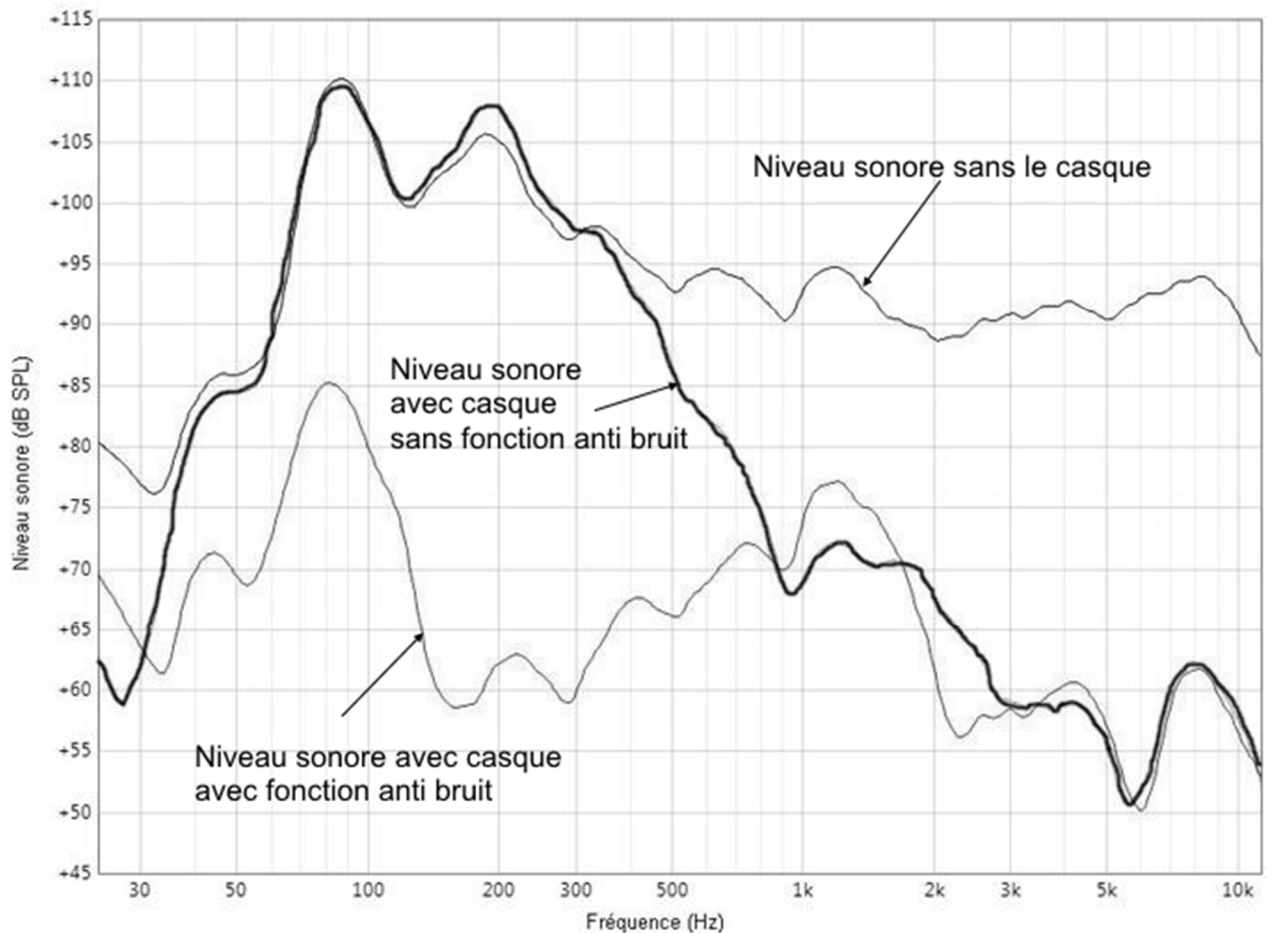
## Spectre du son émis par un avion au décollage.



Source : [https://www.researchgate.net/figure/Fig-A1-Spectre-de-niveau-de-pression-de-la-source-Avion-au-decollage\\_fig63\\_259568969](https://www.researchgate.net/figure/Fig-A1-Spectre-de-niveau-de-pression-de-la-source-Avion-au-decollage_fig63_259568969)

## Test d'un casque avec fonction de réduction de bruit

Lors de tests en laboratoire, on évalue l'efficacité d'un casque anti-bruit à l'aide d'une oreille artificielle. Les courbes ci-dessous illustrent très bien l'effet de la technologie de réduction du bruit. Une source génère un signal sur tout le spectre de fréquence, et on mesure le niveau d'intensité sonore.



Source : <https://www.quechoisir.org/decryptage-casques-audio-que-valent-les-modeles-a-reduction-de-bruit-n67559/>

- 3.1. Donner les intervalles de fréquences pour lesquels le casque sans fonction réduction de bruit est efficace.
- 3.2. Expliquer pourquoi le spectre du son émis par un avion au décollage ne correspond pas à celui d'un son périodique.
- 3.3. À l'aide des courbes données, expliquer pourquoi un casque sans fonction de réduction de bruit n'est pas adapté pour le personnel des pistes d'aéroport.
4. Déterminer l'atténuation (en dB) du son pour une fréquence de 80 Hz lorsqu'on utilise le casque avec fonction réduction de bruit.

En déduire la valeur du rapport :  $r = \frac{I_{80}}{I_{80}^*}$ .

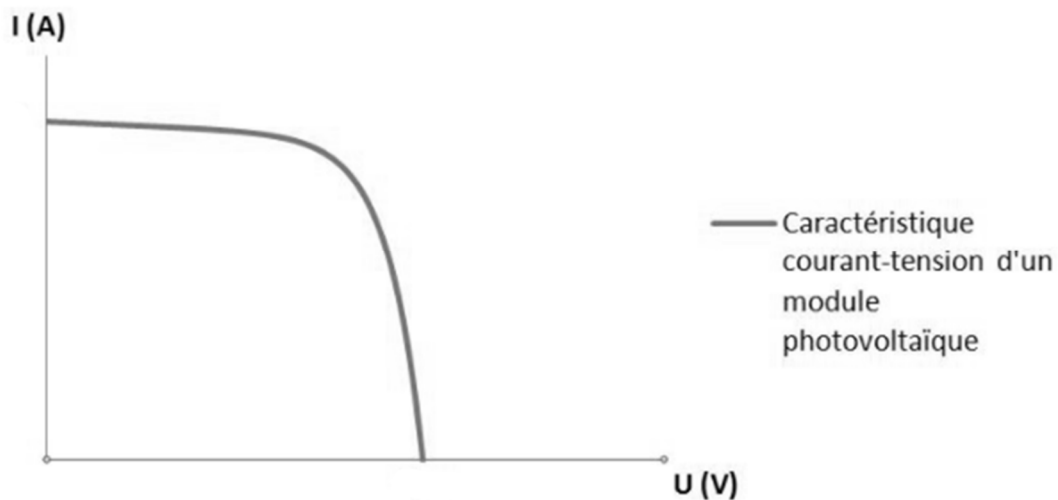
- $I_{80}$  intensité sonore à 80 Hz, sans casque ;
- $I_{80}^*$  intensité sonore à 80 Hz avec casque et fonction de réduction de bruit activée.

Commenter la valeur de ce rapport.



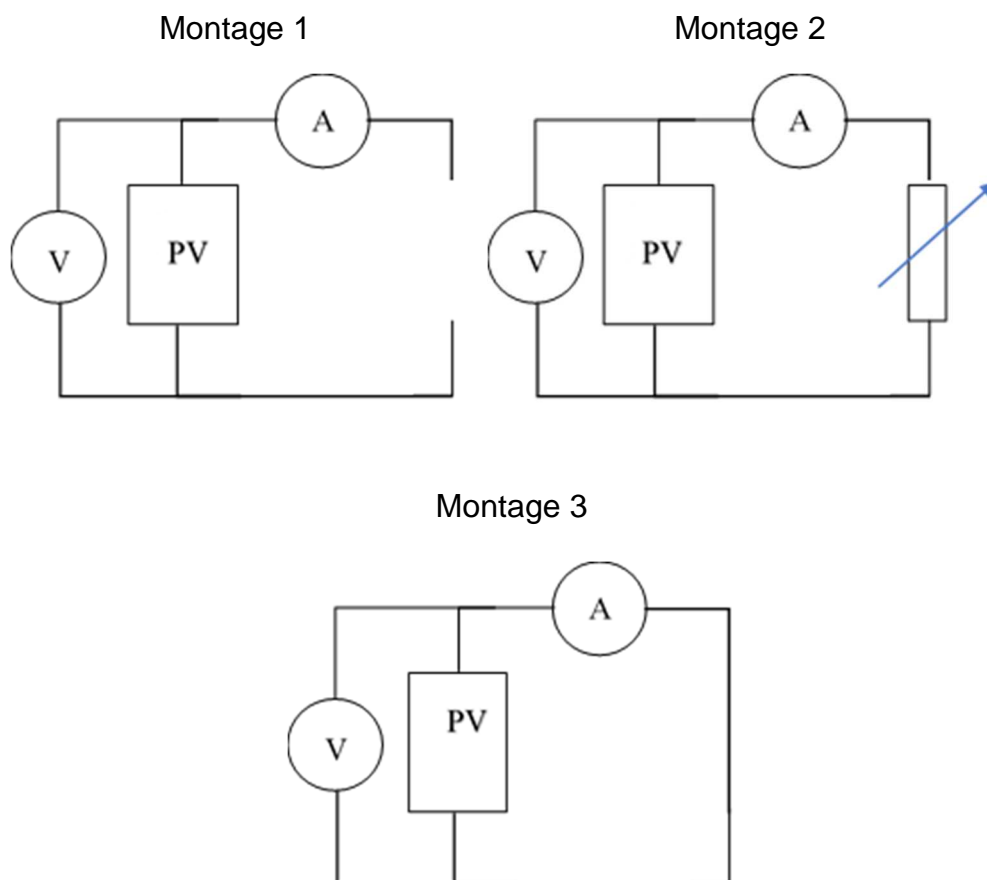
DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 2 – Question 3.1 : Caractéristique  $I = f(U)$  du panneau photovoltaïque.



Source : [http://www.photovoltaique.guidenr.fr/III\\_1\\_caracteristique-courant-tension-module-photovoltaïque.php](http://www.photovoltaique.guidenr.fr/III_1_caracteristique-courant-tension-module-photovoltaïque.php)

Exercice 2 – Question 3.2.





# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2021**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

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 17 pages numérotées de 1/17 à 17/17.

La page 17/17 est une annexe du sujet, à rendre avec la copie.

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

**Le candidat sera attentif aux consignes contenues dans le sujet pour traiter les 4 exercices.**

## EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points)

(physique-chimie et mathématiques)

Le son est produit par la vibration d'objets et il arrive jusqu'à nos oreilles sous forme d'ondes se propageant dans l'air. Les sons sont perçus de manière plus ou moins intense.

L'intensité sonore, ou intensité acoustique notée  $I$  et exprimée en  $W.m^{-2}$ , caractérise l'intensité du signal perçue par l'oreille.

On calcule le niveau d'intensité sonore noté  $L$  en décibels (dB) à partir de l'intensité sonore notée  $I$  ( $W.m^{-2}$ ) par la relation :  $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ .

On rappelle que  $I_0 = 10^{-12} W.m^{-2}$  (intensité sonore minimale de référence).

Les deux parties peuvent être traitées de façon indépendante.

### Partie A : onde sonore et intensité

Nos oreilles peuvent être endommagées irrémédiablement si le niveau d'intensité sonore et la durée d'exposition au bruit sont trop importants.

Une personne souhaite assister au décollage de la fusée Ariane sans protection auditive.

Après avoir déterminé le niveau d'intensité sonore de la fusée Ariane au décollage, au voisinage de la rampe de lancement, utiliser les données ainsi que vos connaissances pour déterminer à quelle distance minimale la personne doit être de la rampe de lancement pour s'assurer que le bruit du décollage ne présente aucun risque pour son audition.

#### Données :

L'intensité acoustique du bruit généré par le décollage de la fusée Ariane vaut  $10^2 W.m^{-2}$  à une distance de 100 m de la rampe de lancement.

On considère, pour simplifier, que l'oreille humaine ne subit pas de dommage pour un son dont le niveau d'intensité sonore ne dépasse pas 100 dB, pendant une durée d'exposition ne dépassant pas quatre minutes par jour.

Le niveau d'intensité sonore diminue de 20 dB lorsque la distance par rapport à la source est multipliée par 10. Ainsi pour une distance à la source  $d_2 = 10 d_1$ ,

$$L(d_2) = L(d_1) - 20 \text{ dB.}$$

## Partie B : étude mathématique

1. On rappelle que  $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ . Montrer que  $I = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}}$ .

2. Calculer l'intensité sonore pour  $L = 50$  dB.

3. L'intensité sonore  $I$  double-t-elle lorsque l'on double le niveau d'intensité sonore  $L$  ?

4. Pour une distance à la source  $d_1$  (resp.  $d_2$ ), on note  $L_1$  (resp.  $L_2$ ) le niveau d'intensité sonore à la distance  $d_1$  (resp.  $d_2$ ) de la source et  $I_1$  (resp.  $I_2$ ) l'intensité sonore à la distance  $d_1$  (resp.  $d_2$ ) de la source.

Le niveau d'intensité sonore diminue de 20 dB lorsque la distance par rapport à la source est multipliée par 10. Ainsi si  $d_2 = 10 d_1$ , on a :  $L_2 = L_1 - 20$  dB.

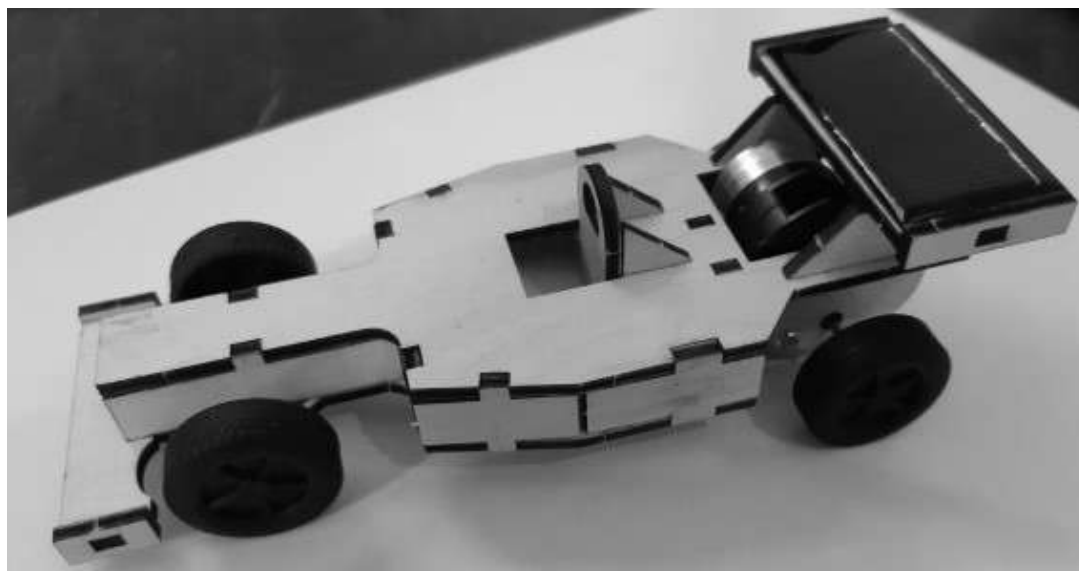
Montrer que l'intensité sonore est divisée par 100 lorsque la distance par rapport à la source est multipliée par 10.

## EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points)

(physique-chimie)

L'étude porte sur une voiture solaire miniature que l'on peut trouver dans le commerce.

### Photographies de la voiture



Photographie de la voiture solaire : une cellule photovoltaïque directement branchée sur un moteur à courant continu.

Photographie de la face avant de la cellule  
(dimensions : 60 mm × 25 mm).



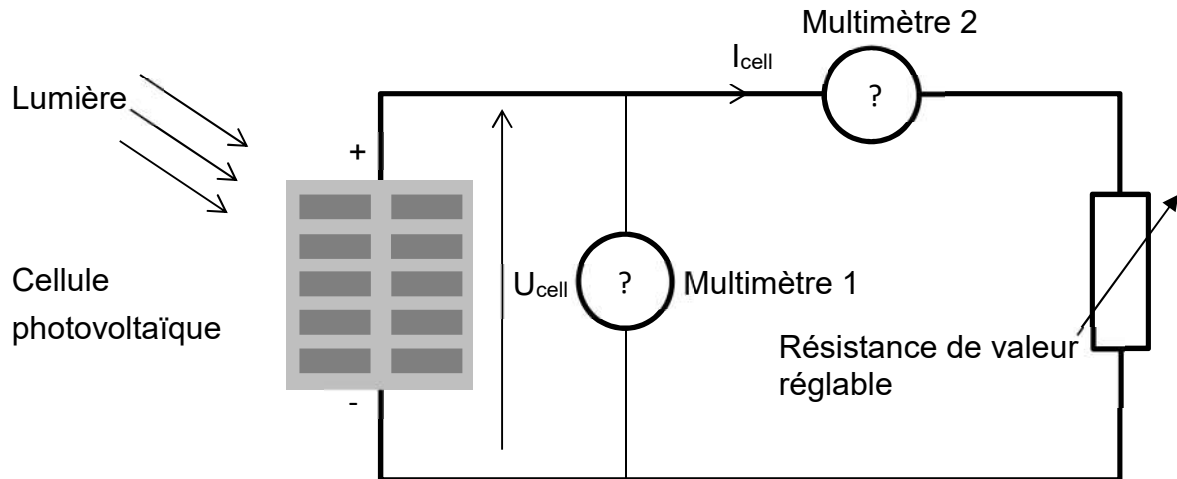
Photographie de la face arrière de la cellule.  
Aucune donnée technique n'est précisée, hormis  
deux indications au verso de la cellule  
photovoltaïque.



## Étude expérimentale de la cellule photovoltaïque

On souhaite déterminer les caractéristiques de la cellule photovoltaïque qui alimente le moteur électrique. On cherche tout d'abord à comprendre à quoi correspondent les indications au dos de la cellule. Pour cela, on trace la caractéristique tension/courant de celle-ci. Le montage utilisé est représenté ci-dessous.

### Montage expérimental utilisé par l'élève

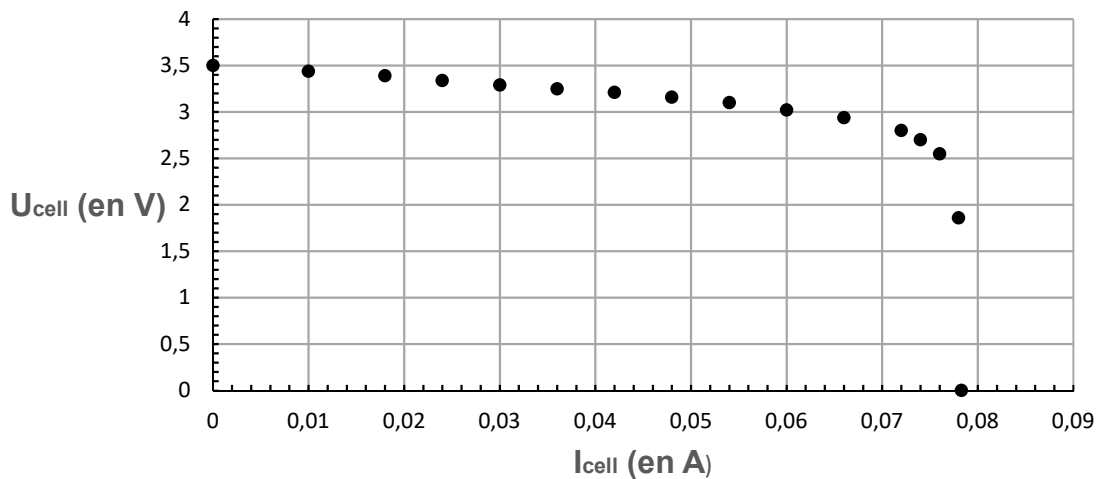


On note  $U_{cell}$  la tension aux bornes de la cellule et  $I_{cell}$  l'intensité du courant fourni par la cellule.

1. Compléter le document réponse DR1 du document réponse à joindre avec la copie en indiquant les fonctions (voltmètre V ou ampèremètre A) des multimètres 1 et 2.
2. Indiquer le rôle de la résistance de valeur réglable dans le montage expérimental.
3. Compléter le diagramme énergétique sur le document réponse DR2 du document réponse à joindre avec la copie

Grâce au montage expérimental, on relève différentes valeurs de la tension  $U_{cell}$  aux bornes de la cellule et de l'intensité  $I_{cell}$  du courant débité par celle-ci, pour un éclairement reçu par la cellule de  $800 \text{ W/m}^2$  puis, on trace la caractéristique tension/courant de la cellule. Celle-ci est représentée ci-dessous.

### Caractéristique tension / courant de la cellule solaire



4. On appelle tension à vide la tension aux bornes de la cellule lorsque le circuit est ouvert.

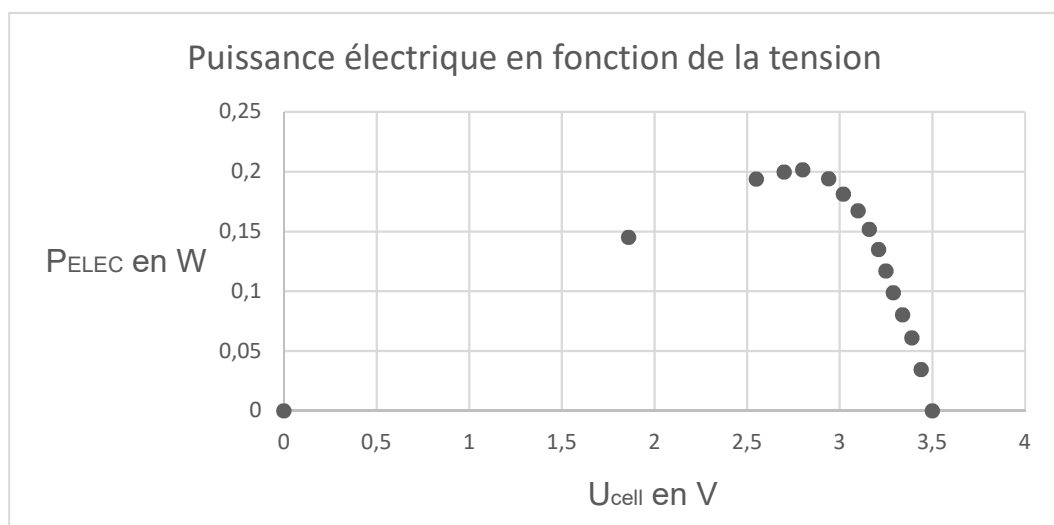
On appelle intensité de court-circuit, l'intensité du courant débitée par la cellule lorsqu'on court-circuite ses bornes.

En utilisant la caractéristique tension-courant, déterminer :

- la valeur de la tension à vide  $U_{CO}$  ;
- la valeur de l'intensité de courant de court-circuit  $I_{CC}$ .

Indiquer si ces valeurs correspondent à celles indiquées sur la face arrière de la cellule.

5. On s'intéresse également à la puissance électrique  $P_{ELEC}$  délivrée par la cellule. Pour cela, les valeurs de  $P_{ELEC}$  sont calculées à partir des valeurs expérimentales de la tension  $U_{cell}$  et de l'intensité  $I_{cell}$ . La courbe ci-dessous représente la puissance électrique en fonction de la tension aux bornes de la cellule.



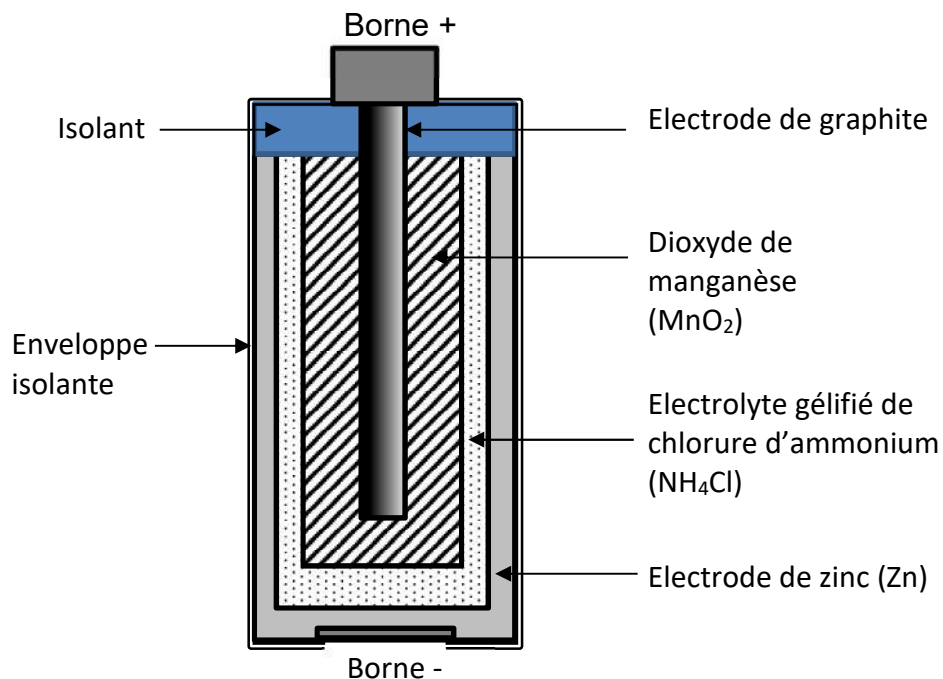
Donner, en précisant les unités, l'expression liant la puissance électrique  $P_{ELEC}$  délivrée par la cellule, la tension  $U_{cell}$  aux bornes de celle-ci et l'intensité  $I_{cell}$  du courant qu'elle génère.

6. Déterminer
  - la valeur de la puissance maximale (appelée *puissance crête*)  $P_C$  délivrée par la cellule ;
  - la valeur de la tension  $U_C$  correspondant à la puissance crête.
7. Dédire des questions précédentes la valeur de  $I_C$ , intensité à la puissance crête.
8. Comparer les valeurs de  $U_C$  et  $I_C$  avec les valeurs indiquées à l'arrière de cellule photovoltaïque. Commenter la cohérence de ces valeurs.
9. Montrer que, lorsque la cellule fonctionne au point de puissance maximale, son rendement est de l'ordre de 17 %.

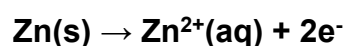
La majorité des petits jouets électriques fonctionnant avec des piles salines, on se propose dans cette partie d'étudier le fonctionnement de telles piles.

La pile saline est de conception assez ancienne puisqu'elle a été mise au point en 1867 par Georges Leclanché (ingénieur français, 1839-1882).

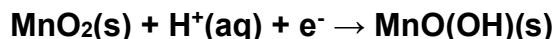
De nos jours, la structure d'une pile saline est la suivante :



Quand la pile est en fonctionnement, l'électrode de zinc est le siège de la transformation chimique modélisée par la réaction électrochimique :



L'électrode de graphite est le siège d'une transformation chimique modélisée par la réaction électrochimique :



### Étude de l'électrode de zinc

La pile est reliée à un conducteur par des fils électriques.

10. Lorsque la pile débite un courant électrique, préciser la nature des porteurs de charge électrique dans le circuit extérieur à la pile.
11. Indiquer si le zinc subit une oxydation ou une réduction. Justifier.
12. Préciser si l'électrode de zinc joue alors le rôle d'anode ou de cathode.

### Étude du couple du dioxyde de manganèse

13. Écrire le couple oxydant / réducteur auquel appartient le dioxyde de manganèse  $\text{MnO}_2$ .

### Bilan de fonctionnement de la pile

14. À partir des deux réactions électrochimiques, écrire l'équation de la réaction qui modélise le fonctionnement de la pile.

### EXERCICE 3 commun à tous les candidats (4 points)

(mathématiques)

Le candidat doit traiter quatre questions parmi les six que comporte l'exercice. Les questions sont indépendantes. Chacune d'elles est notée sur un point.

Le candidat choisit les quatre questions auxquelles il répond et indique clairement leur numéro sur sa copie en début d'exercice.

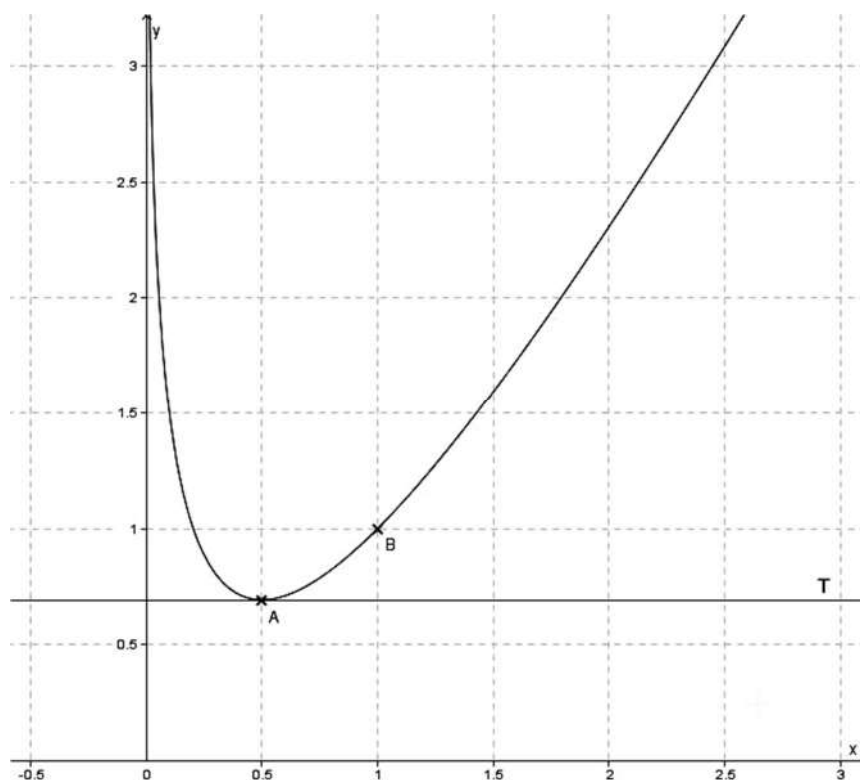
#### Question 1

On considère la fonction  $f$  définie sur  $]0;+\infty[$  par  $f(x) = ax + b - \ln(x)$  où  $a$  et  $b$  sont des nombres réels. On note  $C_f$  la courbe représentative de  $f$  tracée dans le repère ci-dessous.

On note  $A$  le point d'abscisse 0,5 appartenant à la courbe  $C_f$ .

On note  $T$  la tangente à la courbe  $C_f$  au point  $A$ . La droite  $T$  est parallèle à l'axe des abscisses.

Le point  $B(1 ; 1)$  appartient à la courbe  $C_f$ .



- Donner la valeur de  $f(1)$ . En déduire une relation entre  $a$  et  $b$ .
- Justifier que  $f'(0,5) = 0$ . En déduire la valeur de  $a$ .
- En déduire la valeur de  $b$ .

## Question 2

Une entreprise achète une machine d'une valeur de 300 000 €. Cette machine perd de sa valeur au fil des années. Cette perte exprimée en euro, à l'instant  $t$  exprimé en année, est modélisée par la fonction  $f$  définie sur  $[0 ; 15]$  par :

$$f(t) = 300\,000 (1 - e^{-0,09 t}).$$

Au bout de combien d'années (résultat arrondi à l'unité) la machine aura-t-elle perdu la moitié de sa valeur ?

## Question 3

On considère la fonction  $f$  définie sur  $]0 ; +\infty[$  par  $f(x) = 2x - 1 - \ln(x)$ .

a. Montrer que pour tout  $x$  appartenant à  $]0 ; +\infty[$ ,  $f'(x) = \frac{2x-1}{x}$ .

b. Dresser le tableau de variation de la fonction  $f$  sur  $]0 ; +\infty[$  en faisant figurer la valeur exacte de son extremum. On précisera les limites aux bornes de l'intervalle.

## Question 4

a. On considère l'équation différentielle (E) :  $y' + 0,0434 y = 0$ .

Déterminer sur  $[0 ; +\infty[$  la solution  $P$  de cette équation différentielle qui vérifie la condition initiale  $y(0) = 6,75$ .

b. Un signal de puissance initiale  $P(0) = 6,75$  mW parcourt une fibre optique. La puissance du signal, exprimée en mW, lorsque celui-ci a parcouru une distance de  $x$  kilomètres depuis l'entrée de la fibre optique, est donnée par  $P(x)$  où  $P$  est la fonction déterminée à la question a.

Montrer que la perte de puissance une fois que le signal a parcouru un kilomètre depuis l'entrée est d'environ 287  $\mu$ W.

### Question 5

Soit  $f$  la fonction définie sur  $\mathbf{R}$  par  $f(x) = (x^2 + 5x + 4) e^x$ .

Soit  $F$  la fonction définie sur  $\mathbf{R}$  par  $F(x) = (x^2 + 3x + 1) e^x$ .

a. Montrer que, pour tout  $x$  appartenant à  $\mathbf{R}$ ,  $F'(x) = f(x)$ .

b. Calculer  $\int_0^1 f(x) dx$ .

### Question 6

**Rappel :** Pour  $a$  et  $b$  deux réels, on a les formules suivantes :

$$\cos(a + b) = \cos(a)\cos(b) - \sin(a)\sin(b)$$

$$\cos(a - b) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)$$

$$\sin(a + b) = \sin(a)\cos(b) + \cos(a)\sin(b)$$

$$\sin(a - b) = \sin(a)\cos(b) - \cos(a)\sin(b)$$

La tension  $u$  aux bornes d'un générateur dépendant du temps  $t$  est donnée par :

$$u(t) = 240 \cos(50t) - 240 \sin(50t).$$

La tension  $u$  est exprimée en volt et le temps  $t$  est exprimé en seconde.

a. Montrer que pour tout  $t$  appartenant à  $[0 ; +\infty[$ ,  $u(t) = 240\sqrt{2} \cos\left(50t + \frac{\pi}{4}\right)$ .

b. En déduire la fréquence  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ , exprimée en Hz, délivrée par le générateur, où  $\omega$  désigne la pulsation. On arrondira le résultat à l'unité.

## EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points)

(physique-chimie)

Vous indiquerez sur votre copie l'exercice 4 choisi : exercice 4 – A ou exercice 4 – B

### EXERCICE 4 – A : combustibles solides pour randonner léger

**Mots clés : combustions, pouvoir calorifique d'un combustible, changements d'états et transferts thermiques.**

#### Extrait d'un site marchand sur un combustible solide à base d'hexamine

- Recharge de combustible essence solide à base d'hexamine pour des réchauds essence solide du marché : 2 tablettes de 4 g permettent de porter 25 cl d'eau à ébullition en 5 minutes.

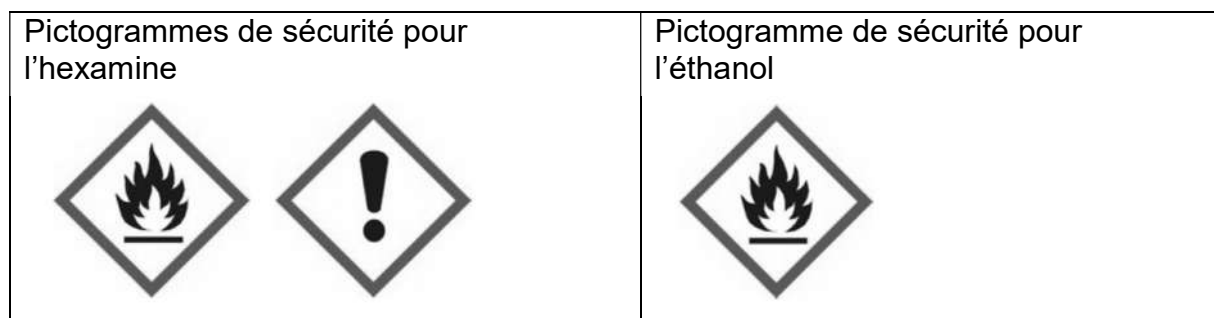
#### Données physico-chimiques spécifiques à l'hexamine :

- formule brute  $C_6H_{12}N_4$  ;
- produits de la combustion de l'hexamine dans l'air : diazote  $N_2$ , eau et dioxyde de carbone ;
- pouvoir calorifique massique de l'hexamine :  $30 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .

#### Extrait d'un site marchand sur un combustible à « gel éthanol »

Le « gel éthanol » est un gel à base d'éthanol (formule brute  $C_2H_6O$ ) à haut pouvoir énergétique et non toxique.

À fort pouvoir énergétique ( $28 \text{ MJ.kg}^{-1}$ ), le « gel éthanol » remplacera aisément votre combustible solide ou liquide habituel dans votre réchaud, mais proposera également des avantages majeurs.



#### Données pour l'eau :

- masse volumique :  $\mu_{eau} = 1,0 \text{ kg.L}^{-1}$  ;
- capacité thermique massique de l'eau liquide :  $c_{eau} = 4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;
- énergie massique de vaporisation de l'eau :  $\ell_{V_{eau}} = 2,3 \times 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

#### Données pour l'acier inox :

- capacité thermique massique de l'acier inox :  $502 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

1. Écrire pour chaque combustible l'équation de combustion complète dans l'air.

2. Pour le combustible solide à base d'hexamine, calculer l'énergie libérée lors de la combustion de 2 tablettes de combustible.
3.
  - 3.1. Montrer que l'énergie nécessaire pour porter un volume  $V = 0,25$  L d'eau liquide de la température  $T_1 = 20$  °C à la température  $T_2 = 100$  °C (température d'ébullition sous une pression de 1bar) est égale à 84 kJ.
  - 3.2. Calculer le temps nécessaire pour faire bouillir le même volume d'eau avec une bouilloire électrique de 1500 W.
4. Quel est alors le rendement attendu par le fabricant pour ce combustible ?
5. Le réchaud, de masse 223 g, est constitué d'acier inox. L'énergie reçue par le récipient n'a pas été prise en compte dans les calculs précédents afin de les simplifier. Discuter du bien-fondé de cette approximation.
6. En supposant que toute l'énergie est utilisée pour la vaporisation de l'eau, calculer le volume d'eau liquide, portée à 100 °C, que l'on peut vaporiser avec la valeur d'énergie calculée à la question 3. Commenter.
7. Qu'indiquent les pictogrammes de sécurité pour l'hexamine ? Les pouvoirs calorifiques des deux combustibles étant proches, en déduire un des avantages présentés par le gel éthanol.

#### **EXERCICE 4 – B : le rôle du polystyrène extrudé dans l'isolation des murs d'une maison**

**Mots clés : flux thermique, conduction et résistance thermique.**

Le but de cet exercice consiste à vérifier l'amélioration thermique due à une couche supplémentaire d'isolant, ici du polystyrène extrudé, dans les murs d'une maison.

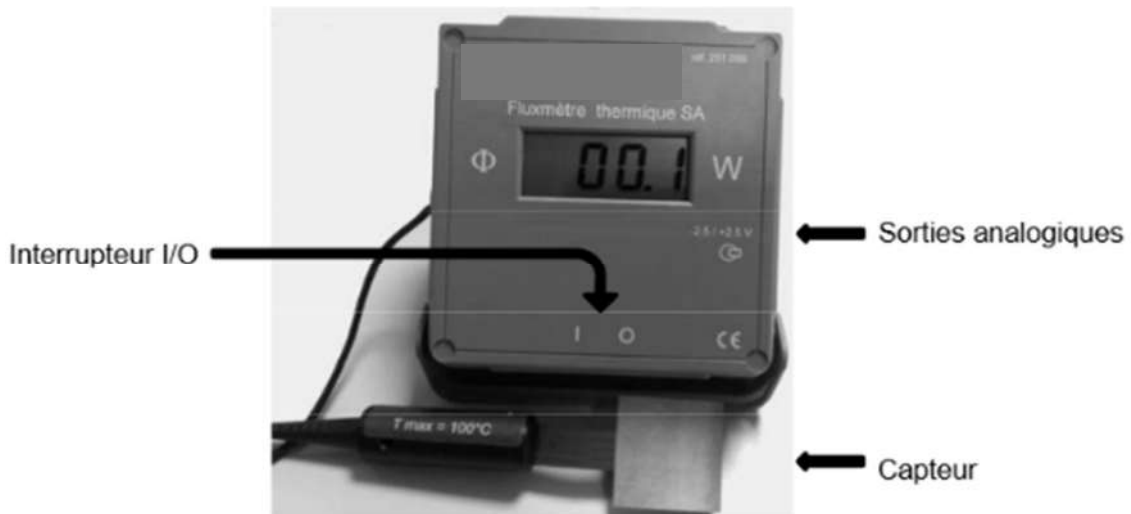
#### **Mesure de la conductivité thermique du polystyrène**

Dans un premier temps, il est intéressant de pouvoir déterminer expérimentalement la conductivité thermique du polystyrène extrudé, matériau très utilisé comme isolant thermique car facile à produire et à faible coût.

Pour cela, nous utilisons un fluxmètre thermique qui nous permet de mesurer le flux thermique d'un échantillon de surface  $S$  et d'épaisseur  $e$  pour une différence de température donnée comme indiqué sur le document ci-dessous.

## Présentation et principe de fonctionnement d'un fluxmètre thermique

Le fluxmètre considéré permet une mesure simple et instantanée d'un flux thermique.



Le capteur permet la mesure du flux lorsqu'il est en contact avec les deux faces d'un matériau ayant des températures différentes. Le sens du flux est indiqué sur le capteur (du chaud vers le froid).

## Relation permettant le calcul de la conductivité thermique d'un matériau

La conductivité thermique est une grandeur physique qui caractérise la capacité des matériaux à conduire la chaleur. On peut la déterminer grâce à la relation suivante :

$$\lambda_{\text{matériau}} = \frac{e \cdot \Phi}{S \cdot \Delta\theta}$$

avec :

- $\Delta\theta$  : écart de température entre les deux surfaces en K ;
- $e_{\text{échantillon}}$  : épaisseur du matériau de l'échantillon en m ;
- $\Phi$  : flux thermique en W ;
- $S$  : surface d'échange en  $\text{m}^2$  ;
- $\lambda_{\text{matériau}}$  : conductivité thermique en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

## Résistance thermique d'un matériau

La résistance thermique  $R_{th}$  d'un matériau traduit sa capacité à échanger un flux thermique. On peut déterminer  $R_{th}$  à l'aide de la relation suivante :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda} ;$$

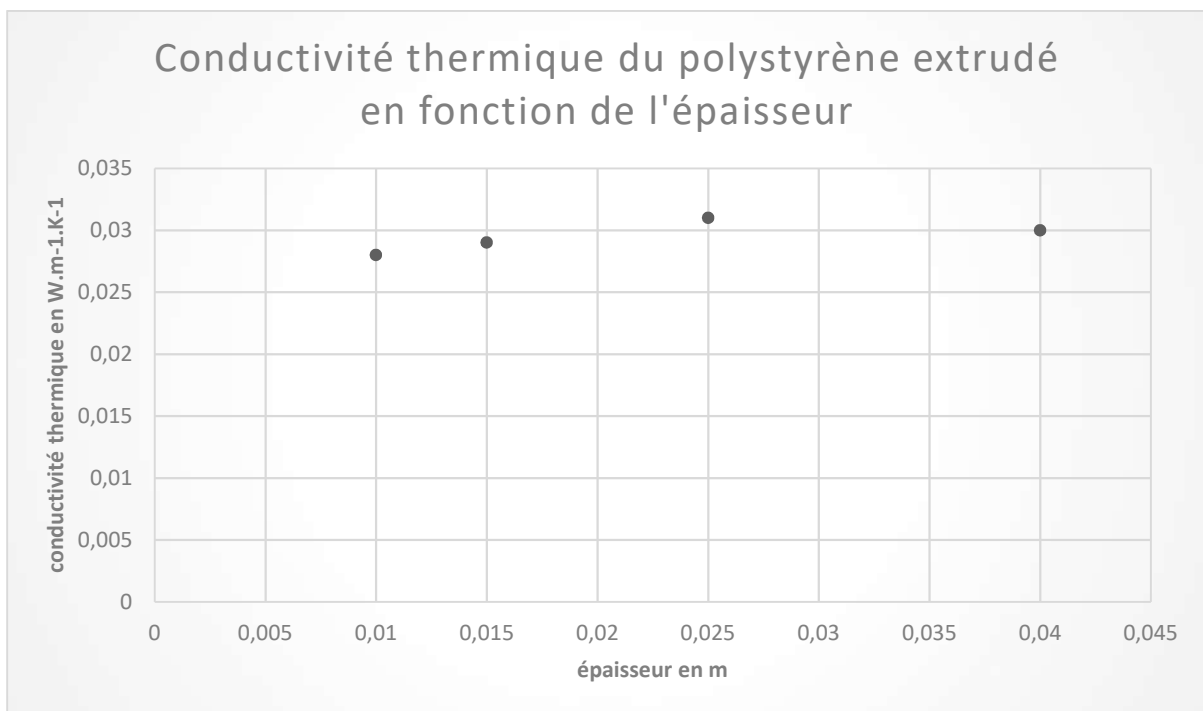
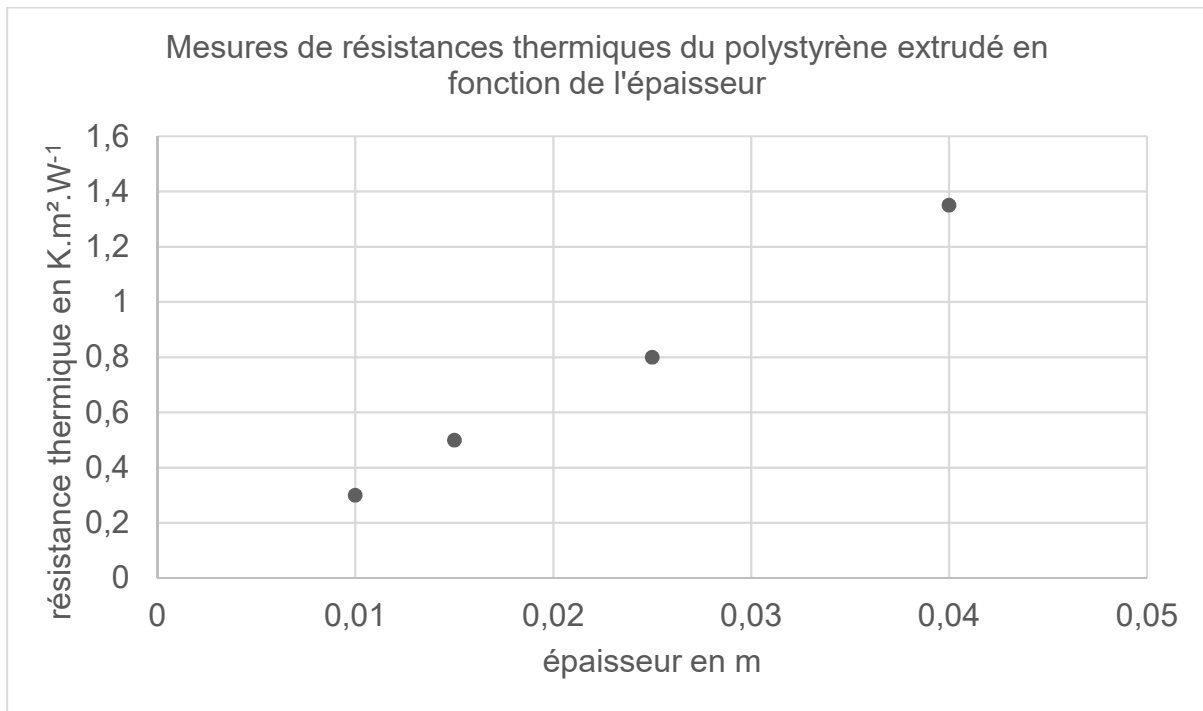
avec  $e$  : épaisseur du matériau dans la paroi en m ;  $\lambda$  : conductivité thermique en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ;  $R_{th}$  s'exprime en  $\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ .

1. Définir le flux thermique à travers une paroi.

2. À partir des données, proposer une démarche expérimentale qui permet de déterminer la conductivité thermique d'une plaque de polystyrène extrudé d'épaisseur  $e$  et de surface  $S$ .

Pour avoir une valeur plus précise, des mesures ont été réalisées avec des échantillons d'épaisseurs différentes. Les résultats sont regroupés sur les figures ci-dessous.

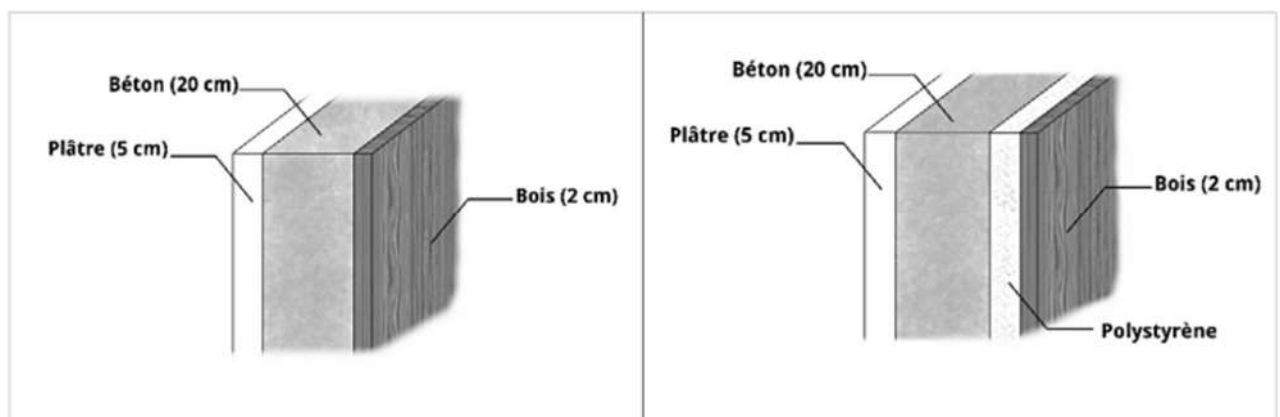
### Mesures de résistance thermique du polystyrène extrudé en fonction de l'épaisseur



3. Commenter le tracé de la figure représentant la résistance thermique en fonction de l'épaisseur.
4. Expliquer comment est obtenue la figure représentant la conductivité thermique à partir de celle représentant la résistance thermique.
5. Estimer la valeur de la conductivité thermique du polystyrène extrudé.

### Calculs de résistance thermique

Pour améliorer l'isolation d'une maison, il est possible d'ajouter entre le béton et le bois un revêtement en polystyrène, de manière à ce que la résistance thermique surfacique des murs  $R_{th}$  respecte la norme RT 2012 à savoir  $R_{th} > 4 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$ .



Coupe du mur avant isolation

Coupe du mur après isolation

### Conductivité thermique de quelques matériaux de construction

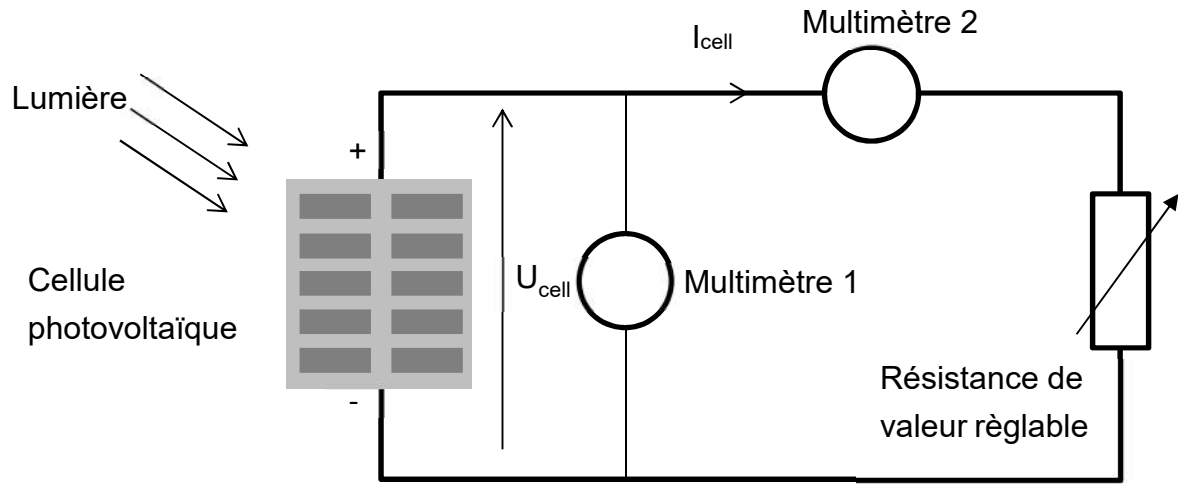
- $\lambda_{\text{béton}} = 1,8 \text{ W}.\text{m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;
- $\lambda_{\text{bois}} = 0,15 \text{ W}.\text{m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;
- $\lambda_{\text{plâtre}} = 0,25 \text{ W}.\text{m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;
- $\lambda_{\text{PSEextrudé}} = 0,040 \text{ W}.\text{m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  .

6. À partir des données précédentes, calculer la résistance thermique totale de la coupe du mur avant isolation.
7. La réglementation thermique RT 2012 impose une résistance thermique des murs supérieure à  $4,0 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$ . Vérifier si la réglementation thermique RT 2012 est vérifiée avant l'isolation du mur.
8. Calculer l'épaisseur minimale de polystyrène extrudé à utiliser pour que l'isolation du mur soit conforme à la réglementation RT 2012.

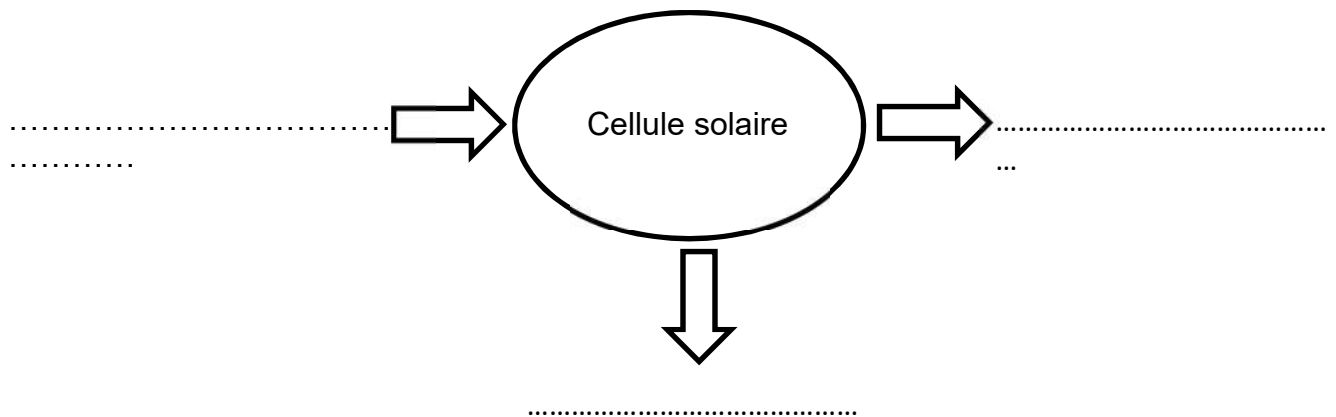
DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 2 :

DR1 :



DR2 :



# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2022**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

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 collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

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

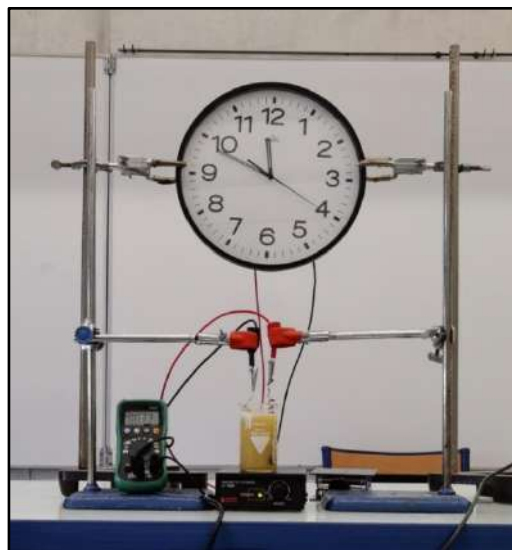
**Le candidat sera attentif aux consignes contenues dans le sujet pour traiter les 4 exercices.**

## EXERCICE 1 (4 points) :

(physique-chimie et mathématiques)

### Une horloge au jus d'orange

Pour mettre en évidence le principe de fonctionnement d'une pile, il est possible d'alimenter une horloge grâce à une pile rudimentaire constituée d'une électrode de cuivre et d'une électrode en magnésium plongeant dans du jus d'orange.



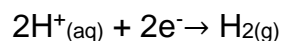
En réalisant l'expérience les valeurs suivantes sont relevées :

Durée de fonctionnement maximale	Environ 21 h	
Tension	1,52 V	
Intensité du courant électrique	0,3 mA	
pH du jus d'orange au début et à la fin de l'expérience	Début : 3,9	Fin : 6,5
Volume du jus d'orange	140 mL	

Le but de cet exercice est de modéliser le fonctionnement de cette pile à l'aide d'un modèle mathématique en cohérence avec les résultats expérimentaux mesurés.

### Partie A : étude de la pile

Lorsque cette pile rudimentaire est en fonctionnement, l'électrode en cuivre est le siège d'une transformation chimique modélisée par la demi-équation électronique suivante :



L'électrode en magnésium est quant à elle le siège d'une transformation chimique modélisée par la demi-équation électronique :  $\text{Mg}(\text{s}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

1. Schématiser cette pile alimentant un dipôle (modélisant l'horloge) en indiquant le sens de circulation des électrons et en identifiant clairement les deux électrodes. Repérer sur le schéma l'anode et la cathode de cette pile.
2. A partir des deux demi-équations électroniques, écrire l'équation de la réaction qui modélise le fonctionnement de la pile.

- Utiliser l'équation de la réaction précédente pour expliquer qualitativement l'évolution du pH du jus d'orange lorsque la pile débite.

On désire comparer la durée maximale de fonctionnement obtenue en utilisant la pile au jus d'orange et celle que l'on aurait avec une pile LR6 standard achetée en magasin.

- Une pile LR6 a une quantité d'électricité stockée moyenne de 2 800 mAh. En admettant que la pile LR6 débite un courant d'intensité identique à celle de la pile à jus d'orange, calculer la durée maximale de fonctionnement de l'horloge alimentée par la pile LR6. En déduire le nombre de piles au jus d'orange nécessaires pour remplacer une pile du commerce.

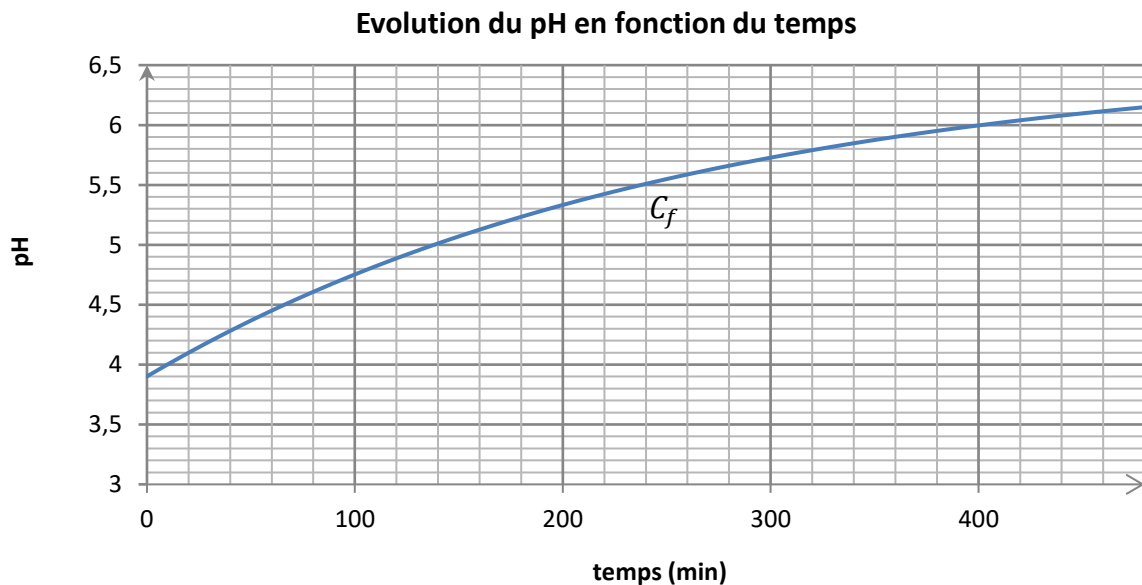
### Partie B : étude mathématique

On note  $t$  le temps, exprimé en minute, écoulé depuis la mise en fonctionnement de la pile au jus d'orange.

A l'aide d'une étude expérimentale, la valeur du pH en fonction du temps peut être modélisée par la fonction  $f$  définie sur  $[0 ; +\infty[$  par :

$$f(t) = 6,571 - 2,671 e^{-\frac{t}{261}}.$$

Une représentation graphique de  $f$  est donnée ci-dessous.



- Calculer  $f(0)$ . Interpréter ce résultat dans le contexte de l'expérience.
- Résoudre graphiquement l'équation  $f(t) = 5$ . Donner le résultat en heure et minute.
  - Résoudre algébriquement l'équation  $f(t) = 5$ . Donner le résultat arrondi à la minute. Comparer ce résultat à celui obtenu à la question 2.a.
- Calculer  $\lim_{t \rightarrow +\infty} f(t)$ . Le résultat est-il compatible avec les valeurs relevées lors de l'expérience ?

## EXERCICE 2 (6 points)

(physique-chimie)

### Le talkie-walkie

Un talkie-walkie est un émetteur-récepteur radio portatif, permettant la communication radiophonique de courte distance entre deux personnes disposant chacune d'un appareil.

Le talkie-walkie dispose de 8 canaux de communication autorisés dans tous les pays, activés par défaut. Chaque canal est associé à une onde électromagnétique, dite "porteuse". Les deux personnes doivent sélectionner le même canal pour pouvoir communiquer.

### Talkie-walkie

### Fréquences des porteuses des différents canaux



Canal	Fréquence (MHz)
1	446,00625
2	446,01875
3	446,03125
4	446,04375
5	446,05625
6	446,06875
7	446,08125
8	446,09375

*Extrait de la notice d'un talkie-walkie*

On s'intéresse d'une part à l'antenne du talkie-walkie, puis à la qualité de la transmission d'un son musical.

### 1. Antenne de la radio

Les antennes les plus simples sont les antennes dites « dipolaires », constituées de deux brins conducteurs et alimentées en leur milieu. Pour une qualité d'émission optimale, la longueur d'une antenne dipolaire doit être égale à la longueur d'onde de la porteuse, ou à un sous-multiple de la longueur d'onde : demi-longueur d'onde (antenne dite « demi-onde ») ou quart de longueur d'onde (antenne dite « quart d'onde »).

- 1.1. Calculer la longueur de l'antenne dipolaire demi-onde qu'il faudrait utiliser sur ce talkie-walkie, pour émettre sur le canal n°3. Exprimer le résultat avec 3 chiffres significatifs.

**Donnée** : célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

- 1.2. En se basant sur la photographie ci-dessus, indiquer si l'antenne du talkie-walkie semble être une antenne dipolaire demi-onde.

## 2. Transmission d'un son musical

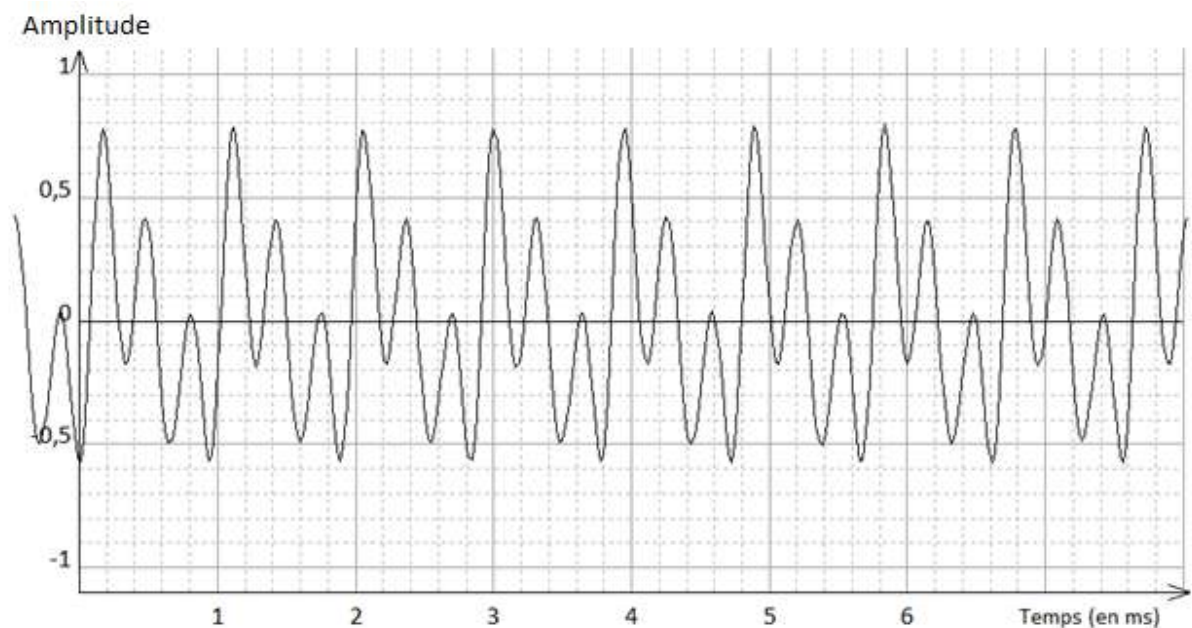
On souhaite savoir si une petite mélodie jouée avec un instrument de musique peut être transmise par un talkie-walkie sans être déformée.

On appelle « bande passante » d'un canal la largeur de l'intervalle des fréquences susceptibles d'être transmises par ce canal.

Pour que la mélodie soit transmise sans déformation, il est nécessaire que la bande passante du canal soit suffisamment large pour transmettre toutes les fréquences contenues dans le spectre de la mélodie.

Pour cela, on enregistre la note la plus aiguë de l'instrument pour déterminer la fréquence maximale que pourrait contenir la mélodie.

### ***Portion du signal temporel enregistré pour la note la plus aiguë de l'instrument.***



2.1. Indiquer, en justifiant, si le son enregistré est un son pur ou un son complexe.

Chaque note de musique correspond à une fréquence précise.

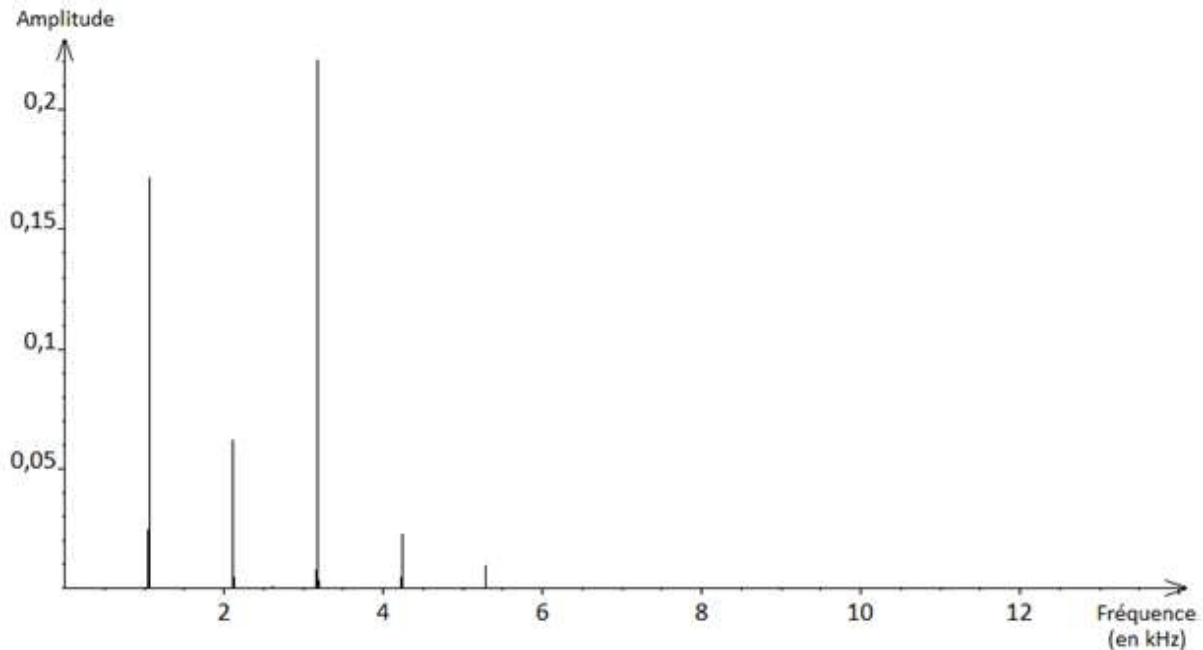
### ***Correspondance entre quelques notes de musique et leurs fréquences***

Note de musique	fa <sub>4</sub>	sol <sub>4</sub>	la <sub>4</sub>	si <sub>4</sub>	do <sub>5</sub>	ré <sub>5</sub>	mi <sub>5</sub>	fa <sub>5</sub>
Fréquence (en Hz)	689,5	784,0	880,0	987,8	1046	1175	1319	1397

2.2. A l'aide de l'enregistrement, déterminer la note de musique qui est jouée.

On trace le spectre d'amplitude du signal enregistré, afin de pouvoir visualiser sa composition.

### Spectre d'amplitude du signal enregistré



- 2.3. Expliquer en quoi ce spectre permet de retrouver les réponses aux questions 2.1. et 2.2.
- 2.4. À l'aide du spectre, déterminer la fréquence maximale des composantes du signal enregistré, notée  $f_m$ .

Pour pouvoir transmettre sans déformation un signal de fréquence donnée, la bande passante utilisée doit être au moins égale au double de cette fréquence.

On précise que la bande passante de chaque canal correspond à l'écart de fréquence entre les porteuses de deux canaux successifs.

- 2.5. Déterminer si la bande passante du canal 3 du talkie-walkie est suffisante pour transmettre intégralement n'importe quelle mélodie jouée par l'instrument utilisé, sans déformer le signal.

### 3. Sonnerie du talkie-walkie

#### Données :

- Relation entre le niveau sonore  $L$  en dB et l'intensité sonore  $I$  :

$$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \text{ ou } I = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}}$$

$I_0$  est l'intensité sonore de référence :  $I_0 = 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

- L'intensité sonore  $I$ , à une distance  $R$  (en m) d'une source de puissance sonore  $P$  (en W) est :  $I = \frac{P}{4\pi R^2}$ .

Chaque talkie-walkie est équipé d'une sonnerie dont on étudie désormais la puissance sonore.

On mesure le niveau sonore de la sonnerie du talkie-walkie n°1 seul, situé à 50 cm du sonomètre ; on trouve  $L_1 = 87 \text{ dB}$ .

- 3.1. Montrer que la puissance sonore de la sonnerie du talkie-walkie est voisine de  $P = 1,6 \times 10^{-3} \text{ W}$ .
- 3.2. Calculer le niveau sonore de la sonnerie à 5,0 m de distance du talkie-walkie.

### EXERCICE 3 (4 points)

(mathématiques)

**Le candidat doit traiter quatre questions parmi les six numérotées de 1 à 6 que comporte l'exercice. Les questions sont indépendantes les unes des autres. Le candidat choisit les quatre questions auxquelles il répond et indique clairement leur numéro sur sa copie en début d'exercice. Seules ces questions sont évaluées. Chacune d'elles est notée sur un point. Traiter une question supplémentaire ne rapporte aucun point.**

#### Question 1

*Pour chacune des deux questions suivantes, une seule des quatre réponses est exacte. Aucune justification n'est demandée. Une bonne réponse rapporte un demi-point. Une mauvaise réponse, plusieurs réponses ou l'absence de réponse ne rapportent, ni n'enlèvent aucun point.*

*Indiquer sur la copie le numéro de la question et la réponse choisie.*

1. Le nombre  $\ln(35)$  est égal à :

**a.**  $\ln(5) \times \ln(7)$       **b.**  $\ln(5) + \ln(7)$       **c.**  $\ln(30) + \ln(5)$       **d.**  $\ln(30) \times \ln(5)$

2. Le nombre  $e^{20}$  est égal à :

**a.**  $e^4 \times e^5$       **b.**  $e^4 + e^5$       **c.**  $e^5 + e^{15}$       **d.**  $e^5 \times e^{15}$

#### Question 2

Lors d'une course, on a mesuré la fréquence cardiaque d'un coureur de 100 m. Cette fréquence cardiaque, en battements par minute, est modélisée par la fonction  $f$  définie sur  $[0 ; 100]$  par  $f(x) = 28 \ln(x + 1) + 70$  où  $x$  est la distance parcourue, en mètre, depuis le départ de la course.

1. Selon ce modèle, quelle est la fréquence cardiaque de ce coureur au départ de la course ?

2. Selon ce modèle, au bout de combien de mètres la fréquence cardiaque de ce sportif est-elle égale à 185 battements par minute ? Arrondir à l'unité.

#### Question 3

La température d'un four, exprimée en degré Celsius, en fonction du temps  $t$ , exprimé en minute, est modélisée par une fonction  $f$  définie et dérivable sur  $[0 ; +\infty[$ , solution de l'équation différentielle ( $E$ ) :  $y' = -0,2 y + 44$ .

1. Déterminer les solutions de cette équation différentielle sur  $[0 ; +\infty[$ .

2. On suppose que la température initiale du four est  $25^\circ\text{C}$ .

En prenant  $f(0) = 25$ , donner une expression de  $f(t)$ , pour tout  $t$  de  $[0 ; +\infty[$ .

#### Question 4

On note  $i$  le nombre complexe de module 1 et d'argument  $\frac{\pi}{2}$ .

On pose  $z = \sqrt{3} - i$  et  $z' = -\sqrt{2}e^{i\frac{\pi}{4}}$ .

1. Déterminer la forme exponentielle de  $z$ . Détailler les calculs.
2. En déduire la forme exponentielle de  $\frac{z}{z'}$ .

#### Question 5

L'iode 131 est un élément radioactif qui se désintègre selon la loi  $N(t) = N(0) e^{-0,086 t}$ , où  $N(0)$  est le nombre de noyaux au début de l'observation et  $N(t)$  le nombre de noyaux à l'instant  $t$ , exprimé en jour.

Déterminer le temps au bout duquel la moitié des noyaux d'iode 131 se sont désintégrés (demi-vie). On donnera le résultat en nombre de jours arrondi à l'unité.

#### Question 6

On considère la fonction  $f$  définie sur  $\mathbf{R}$  par  $f(x) = \sin(x) + \cos(x)$ .

1. Montrer que  $f$  est solution de l'équation différentielle  $y'' + y = 0$ .
2. Montrer que, pour tout nombre réel  $x$ ,  $f(x) = \sqrt{2} \cos\left(x - \frac{\pi}{4}\right)$ .

**Rappel** : pour  $a$  et  $b$  deux réels, on a les formules suivantes :

$$\cos(a + b) = \cos(a) \cos(b) - \sin(a) \sin(b)$$

$$\cos(a - b) = \cos(a) \cos(b) + \sin(a) \sin(b)$$

$$\sin(a + b) = \sin(a) \cos(b) + \cos(a) \sin(b)$$

$$\sin(a - b) = \sin(a) \cos(b) - \cos(a) \sin(b)$$

## EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points) (physique-chimie)

**Le candidat choisit de traiter l'exercice 4 – A ou l'exercice 4 – B.**

Vous indiquerez sur votre copie l'exercice 4 choisi : exercice 4 – A ou exercice 4 – B

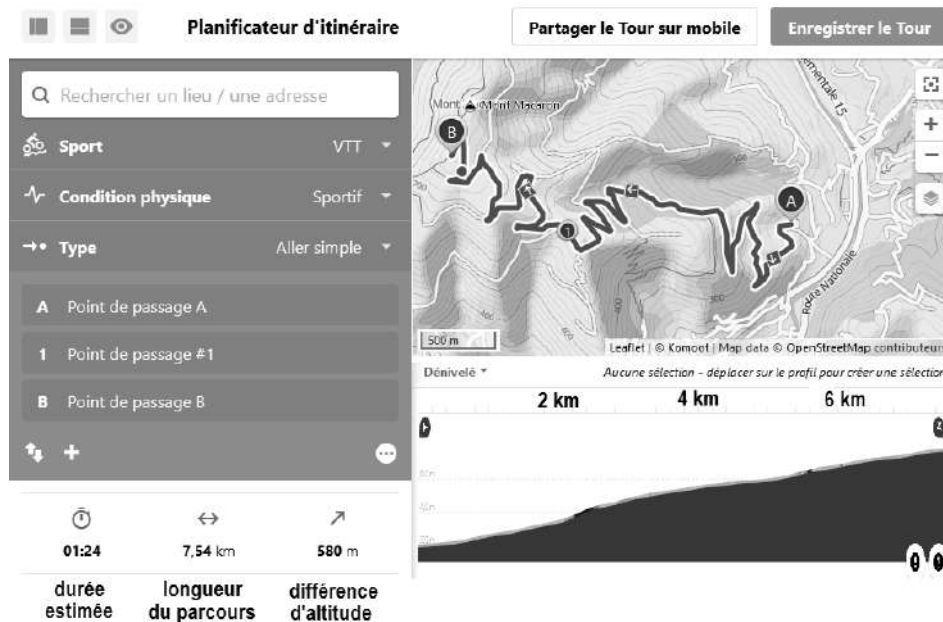
### EXERCICE 4 – A : quelques caractéristiques d'un VTT à assistance électrique.

**Mots clés : travail d'une force, énergie mécanique, bilan énergétique.**

Un vététiste prépare une sortie au Mont Macaron, qui domine la ville de Nice. Il empruntera pour la montée un chemin en lacets assez régulier et de pente modérée, avant de redescendre par des sentiers plus techniques.

Pour la montée, il veut utiliser une assistance « standard » afin d'atteindre le sommet en 30 min, alors que le planificateur d'itinéraire envisage 1h24' sans assistance.

#### Trajet de la montée, tracé par un planificateur d'itinéraire.



*d'après www.komoot.fr*

#### Modes d'assistance du VTT

	Dénomination	% d'apport d'assistance électrique	Exemple pour un effort de 100 W, la puissance disponible sera :
Mode 0	Pas d'assistance	0 %	100 W
Mode 1	Piéton	40 %	140 W
Mode 2	Economique	80 %	180 W
Mode 3	Standard	160 %	260 W
Mode 4	Boost	320 %	420 W

*D'après la notice électrique du VTT*

## Données

Les actions mécaniques s'opposant à la progression du système {VTT + vététiste} sont le poids, la résistance aux roulements et les frottements de l'air.

La puissance des frottements de l'air a pour expression :  $P_{\text{air}} = k \times v^3$  où le coefficient  $k$  dépend de la position qu'adopte le vététiste sur son VTT, et  $v$  est la vitesse du VTT en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

On fait l'hypothèse que les frottements autres que ceux de l'air sont négligeables.

La position du vététiste lors de la montée donne un coefficient  $k = 0,25 \text{ W}\cdot\text{s}^3\cdot\text{m}^{-3}$ .

La masse du système {VTT + vététiste} est  $m = 85 \text{ kg}$ .

La longueur du parcours est  $d = 7,54 \times 10^3 \text{ m}$  et la différence d'altitude est  $\Delta z = 5,8 \times 10^2 \text{ m}$ .

L'intensité de la pesanteur  $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

1. Calculer la vitesse moyenne  $v$  du vététiste lors de cette montée, s'il l'effectue en 30 min.
2.
  - 2.1. Donner l'expression du travail du poids du système {VTT + vététiste}, lors de l'ascension en fonction de  $m$ ,  $g$  et la différence d'altitude  $\Delta z$  entre le point d'arrivée et le point de départ.
  - 2.2. Calculer la valeur du travail du poids et commenter le signe de cette grandeur.
3. En se basant sur la moyenne de ses précédentes sorties, le vététiste pense pouvoir fournir un effort musculaire de puissance 111 W, et compte utiliser le mode d'assistance « standard ».
  - 3.1. Calculer la valeur de la puissance apportée générée par le vététiste et l'assistance électrique, notée  $P_{\text{apportée}}$ .  
Exprimer alors, en fonction de  $\Delta t$ , l'énergie apportée, notée  $E_{\text{apportée}}$ , par le vététiste et l'assistance électrique.
  - 3.2. Exprimer, en fonction de  $\Delta t$ , l'énergie dissipée par les frottements de l'air, notée  $E_{\text{air}}$ .
  - 3.3. À l'aide d'un bilan d'énergie, montrer qu'en 30 min, le vététiste parviendra à son but.
4. Lors de sa sortie, le vététiste met finalement 35 min pour effectuer la montée, alors que le capteur de sa montre connectée lui indique une énergie consommée correspondant bien à un effort moyen de 111 W. Proposer une explication à cet écart de temps observé.

## EXERCICE 4 – B : utilisation de produits ménagers.



**Mots clés :** Dilution d'une solution, réaction acido-basique, énergie interne d'un système.

Les solutions d'acide chlorhydrique et les déboucheurs de canalisations sont des produits ménagers d'usage courant dans une habitation.

L'objectif de cet exercice est d'étudier quelques-unes de leurs propriétés.

### 1. Solution commerciale d'acide chlorhydrique

On s'intéresse à la dilution d'une solution commerciale d'acide chlorhydrique, dite « à 32 % », et à son action sur le tartre dont l'apparition peut être problématique dans les installations sanitaires d'une habitation.

Bouteille d'acide chlorhydrique commerciale	Pictogrammes de sécurité
	

**1.1.** Indiquer les précautions de sécurité à respecter lors de la manipulation de la solution commerciale.

**1.2.** Dans le cadre d'un usage domestique, on souhaite réaliser 100 mL d'une solution diluée d'un facteur 5 à partir de la solution commerciale d'acide chlorhydrique.

À partir de la liste de matériel disponible ci-dessous, décrire le protocole à suivre pour réaliser cette dilution.

Matériel disponible :

- Pipettes jaugées de 5,0 mL, 10,0 mL et 20,0 mL
- Fioles jaugées de 50,0 mL, 100,0 mL et 200,0 mL

La concentration molaire de l'acide chlorhydrique est liée à son pourcentage en masse en soluté HCl, qui est de 32 % pour la solution commerciale envisagée. Dans l'article sur l'acide chlorhydrique de l'encyclopédie libre Wikipedia, on trouve le tableau suivant :

Pourcentage massique (%)	Concentration massique en soluté (g·L <sup>-1</sup> )
30	344,70
32	370,88
34	397,46
36	424,44

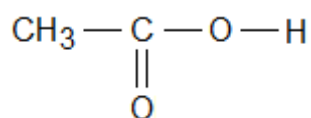
Source : wikipedia.org

1.3. Déterminer la concentration en quantité de matière de la solution obtenue après dilution par 5 de la solution commerciale.

**Données :** Masses molaires :  $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Le tartre est essentiellement composé de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ . Pour le dissoudre, on utilise des produits détartrants contenant un acide qui dissout le tartre. On souhaite comparer l'efficacité de deux produits détartrants : l'acide chlorhydrique dilué et le vinaigre blanc.

1.4. L'acide éthanoïque contenu dans le vinaigre a pour formule :



Recopier la formule de l'acide éthanoïque et entourer le groupe caractéristique. Nommer la fonction correspondante.

1.5. On peut montrer qu'un verre de 120 mL d'une solution d'acide chlorhydrique dilué cinq fois est nécessaire à la dissolution d'une masse de tartre d'environ 25 g. Déterminer la masse de carbonate de calcium que l'on peut dissoudre avec 120 mL de vinaigre blanc à 5 %.

**Données :**

- Le vinaigre blanc à 5 % a une concentration molaire en acide éthanoïque  $C = 0,875 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  ;
- Il faut la même quantité de matière d'acide éthanoïque ou d'acide chlorhydrique pour dissoudre une mole de carbonate de calcium ;

## 2. Combiner des produits ménagers

Il existe des produits ménagers appelés déboucheurs. Afin de déterminer s'il est pertinent d'utiliser conjointement différents produits ménagers, on réalise, en laboratoire, un mélange d'acide chlorhydrique et de déboucheur liquide, en prenant toutes les précautions de sécurité nécessaires. Une telle expérience doit être impérativement réalisée en laboratoire et jamais à la maison.



Afin de mesurer cette élévation de température, on réalise le protocole suivant :

- prélever 10 mL d'acide chlorhydrique à l'aide d'une éprouvette graduée ;
- prélever 10 mL de déboucheur liquide à l'aide d'une éprouvette graduée ;
- mesurer la température initiale (identique) de ces deux solutions :  $T_{\text{initiale}}$  ;
- sous la hotte, verser les deux solutions dans un même bécher et mesurer la température finale du mélange :  $T_{\text{finale}}$ .

On mesure les grandeurs suivantes :  $T_{\text{initiale}} = 26,7 \text{ °C}$  et  $T_{\text{finale}} = 57,3 \text{ °C}$ .

- 2.1.** Établir l'équation de la réaction qui modélise la transformation acido-basique ayant lieu lors du mélange de l'acide chlorhydrique et du déboucheur.

### Données :

- L'acide chlorhydrique est une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène, totalement dissocié sous la forme d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  et  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  ;
- Un déboucheur, quant à lui, contient des ions  $\text{HO}^-(\text{aq})$  et  $\text{Na}^+(\text{aq})$  ;
- Couples acido-basiques :  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  et  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) / \text{HO}^-(\text{aq})$ .

- 2.2.** Préciser si la transformation chimique qui se produit lors du mélange de l'acide et du déboucheur est exothermique ou endothermique.
- 2.3.** La capacité thermique du mélange final est de l'ordre de  $80 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$  : calculer un ordre de grandeur de l'énergie dégagée par la transformation chimique lors de l'expérience.

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2022**

## **SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

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 collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1 / 13 à 13 / 13.

**La page 13 compose le document réponse, à rendre avec la copie.**

**Le candidat sera attentif aux consignes contenues  
dans le sujet pour traiter les 4 exercices.**

## EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points)

### Validité des informations d'une brochure

Dans cet exercice, on étudie la chute d'un parachutiste, avant l'ouverture de son parachute, sous l'effet de son poids  $\vec{P}$ .

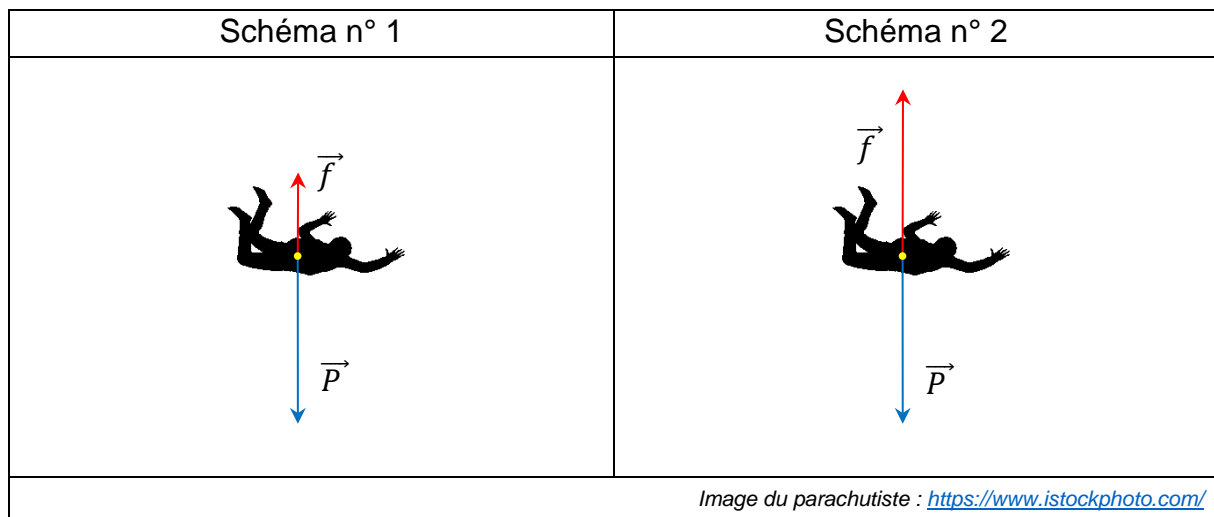
On note  $\vec{f}$  la force de frottement exercée par l'air et qui s'oppose à la chute du parachutiste. Cette force est colinéaire et de sens opposé au poids du parachutiste lors de sa chute.

### Document 1 – Extrait d'une brochure présentant le saut en parachute

- Accueil / Briefing 10-15 min.
- Montée en avion d'environ 12 min.
- Largage à 3 300 m du sol !
- Chute libre de 40 secondes. On descend à 200 km/h !
- Descente et pilotage de votre parachute sous l'assistance de votre moniteur.
- Visionnage de votre film. Vous pourrez revivre votre expérience et la partager avec vos proches.

*D'après un site d'une société proposant des sauts en parachute*

Les schémas n° 1 et n° 2 représentent le parachutiste dans deux situations différentes du saut avant qu'il n'ouvre son parachute.



On rappelle le principe fondamental de la dynamique, dans un référentiel galiléen, pour un système de masse  $m$  :  $m\vec{a} = \sum \vec{F}_{ext}$ .

On suppose que le référentiel d'étude de la chute est galiléen.

1. Établir, à l'aide du principe fondamental de la dynamique, une relation entre la masse  $m$ , l'accélération  $\vec{a}$ , le poids  $\vec{P}$  et la force de frottement  $\vec{f}$ .

2. Indiquer, en justifiant la réponse, si la vitesse du parachutiste augmente, est constante ou diminue, pour chacune des situations 1 et 2.

*Dans la suite de l'exercice, on modélise la vitesse du parachutiste (en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), en fonction du temps  $t$  écoulé (en seconde) depuis le largage, par la fonction  $v$ , solution de l'équation différentielle :*

$$\frac{dv}{dt}(t) = -0,16v(t) + 9,81.$$

*On suppose que  $v(0) = 0$ .*

3. Démontrer que  $v(t) = \frac{981}{16}(1 - e^{-0,16t})$ , pour  $t$  réel positif.

*La brochure commerciale présentant le saut en parachute (document 1) indique que le parachutiste atteint la vitesse de  $200 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  en moins de quarante secondes.*

4. Convertir  $200 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  en mètre par seconde ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ).
5. Valider ou infirmer l'indication de la brochure.

## EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points)

### Détermination expérimentale du rendement énergétique de l'électrolyse de l'eau

En prévision de la demande croissante en dihydrogène comme carburant pour les voitures électriques équipées d'une pile à hydrogène, on s'intéresse dans cet exercice à la production de dihydrogène par électrolyse de l'eau et à son rendement.

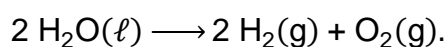
*Un électrolyseur est alimenté en électricité pour produire du dihydrogène à partir de l'eau.*

1. Indiquer, sur le schéma 1 du **document réponse**, à rendre avec la copie, le sens conventionnel du courant et le sens de circulation des électrons.

*Le tableau ci-dessous donne les demi-équations des réactions se produisant aux électrodes.*

Demi-équation n° 1	$2 \text{H}_2\text{O}(\ell) \longrightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 4 \text{e}^-$
Demi-équation n° 2	$2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2(\text{g})$

2. Indiquer la demi-équation de la réaction qui se produit à l'électrode reliée à la borne négative du générateur. Justifier la réponse.
3. Indiquer la nature du gaz émis à chaque électrode en cochant les cases correspondantes du **document réponse**, à rendre avec la copie.
4. Montrer, à l'aide des deux demi-équations, que l'équation de la réaction d'électrolyse s'écrit :

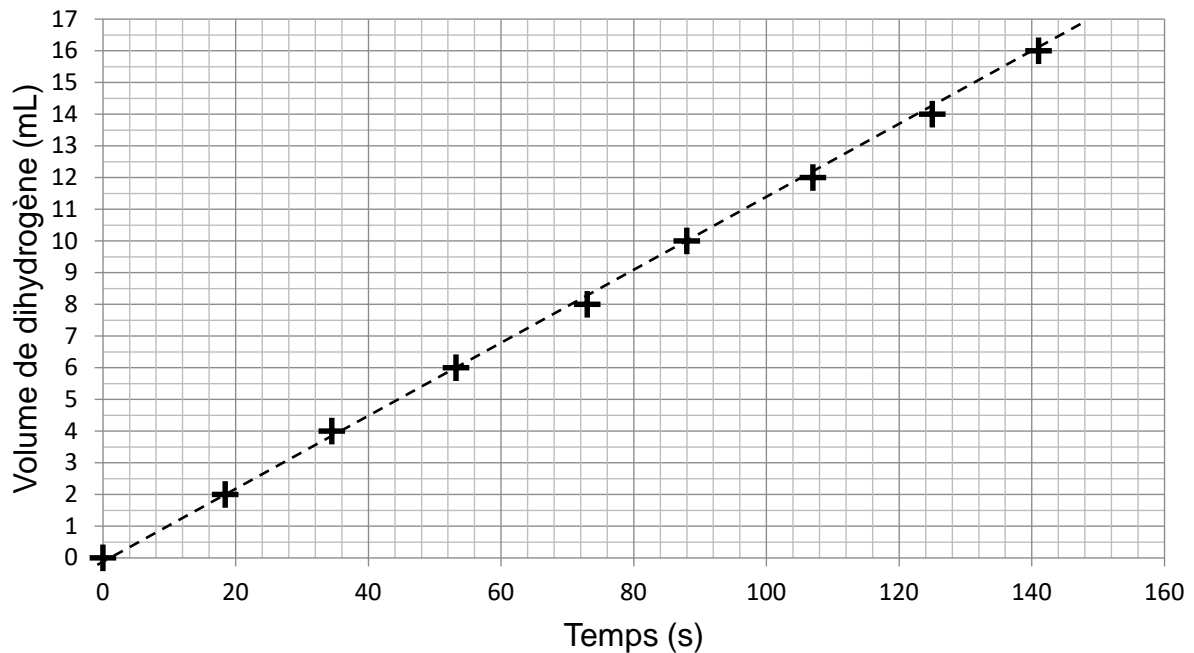


*Pendant le fonctionnement de l'électrolyseur, on mesure le volume  $V$  (en millilitre) de dihydrogène produit en fonction du temps  $t$  (en seconde). Les données obtenues sont rassemblées dans le tableau ci-dessous.*

$t$ (en s)	0	18,4	34,5	53,2	73	88	107	125	141
$V$ (en mL)	0	2	4	6	8	10	12	14	16

On place les points associés aux données obtenues sur le graphique ci-dessous.

### Volume de dihydrogène produit en fonction du temps



On ajuste le nuage de points par une droite, représentée en pointillés sur le graphique.

5. Proposer une démarche permettant de déterminer la valeur de la pente de la droite. Donner cette valeur et préciser son unité.

La valeur  $P_e$  de la puissance fournie par l'électrolyseur est égale à 1,44 W. Lors du fonctionnement de l'électrolyseur, la valeur de la tension aux bornes de l'électrolyseur, notée  $U$ , vaut 1,85 V et celle de l'intensité du courant, notée  $I$ , vaut 1,14 A.

6. Indiquer sur le schéma 2 du **document réponse, à rendre avec la copie**, où placer un ampèremètre pour mesurer l'intensité du courant  $I$  et un voltmètre pour mesurer la tension  $U$ .

7. Calculer la puissance  $P_g$  fournie à l'électrolyseur.

Le rendement d'un électrolyseur est défini par la relation  $\eta = \frac{P_e}{P_g}$ .

8. Calculer, en pourcentage, le rendement de l'électrolyseur.

Les électrolyseurs industriels ont un rendement compris entre 60 % et 75 %.

9. Comparer le rendement de l'électrolyseur étudié dans cet exercice au rendement des électrolyseurs industriels.

### EXERCICE 3 commun à tous les candidats (4 points)

#### Loi de refroidissement de Newton

**Dans cet exercice, seulement 4 questions au choix parmi les 6 questions proposées sont à traiter.**

Toutes ces questions sont indépendantes les unes des autres.

*Pour chaque question, une seule des quatre affirmations proposées est correcte. Pour les quatre questions traitées, indiquer sur la copie l'affirmation choisie. Aucune justification n'est demandée. Chaque réponse correcte rapporte un point. Une réponse incorrecte, une réponse multiple, une absence de réponse, ne rapportent ni n'enlèvent de point.*

La loi de refroidissement de Newton indique que la vitesse de refroidissement d'un matériau est proportionnelle à la différence entre la température  $\theta$  (en degré Celsius) de ce matériau à l'instant  $t$  (en minute) et la température  $A$  constante de l'air ambiant.

Cela se traduit par la relation  $\theta'(t) = \alpha(\theta(t) - A)$ , où  $\theta$  est la fonction définie et dérivable sur l'intervalle  $[0; +\infty[$  modélisant la température du matériau en fonction du temps  $t$ , en prenant comme origine du temps l'instant où la pièce en acier est mise à refroidir.

La valeur du coefficient  $\alpha$ , qui est négatif, dépend du matériau.

Une pièce en acier, initialement à la température de 600 °C, est mise à refroidir à l'air libre dans une pièce à 20 °C. Pour cet acier,  $\alpha$  vaut  $-0,1$ .

1. La fonction  $\theta$  est solution de l'équation différentielle :

a.  $y = -0,1y' + 2$

b.  $y = -0,1y' + 20$

c.  $y' = -0,1y + 2$

d.  $y' = -0,1y + 20$

**Pour l'ensemble des questions suivantes, on admet que, sur l'intervalle  $[0; +\infty[$ , la fonction  $\theta$  est définie par :**

$$\theta(t) = 580 e^{-0,1t} + 20.$$

2. La pente de la tangente à la courbe représentative de la fonction  $\theta$  au point d'abscisse 10 vaut :

a.  $-\frac{58}{e}$

b.  $580e^{-1} + 20$

c.  $-\frac{58}{e} + 20$

d.  $\frac{580}{e}$

3. Sur l'intervalle  $[0 ; +\infty[$ , la fonction  $\theta$  est :

- a. croissante
- b. décroissante
- c. croissante puis décroissante
- d. constante

4. La limite en  $+\infty$  de  $\theta(t)$  est :

- a. 20
- b. 580
- c.  $-\infty$
- d.  $+\infty$

*La pièce peut être manipulée lorsque sa température devient inférieure à 40 °C. Pour déterminer la durée minimale d'attente (en minutes), à compter de l'instant où elle est mise à refroidir, on veut mettre en place un algorithme de balayage, écrit en langage Python.*

```
1 from math import exp
2
3 def duree_d_attente():
4     t = 0
5     Temperature = 600
6     .....
7     t = t + 1
8     Temperature = 580 * exp(-0.1*t) + 20
9     return t
```

5. Pour que la valeur renvoyée par la fonction **duree\_d\_attente** soit la valeur entière minimale de la durée d'attente, la ligne 6 contient :

- a. while t > 40 :
- b. while Temperature > 40 :
- c. while Temperature < 40 :
- d. for i in range(Temperature) :

6. L'inéquation  $\theta(t) \leq 40$ , d'inconnue  $t$ , admet comme ensemble solution sur  $[0 ; +\infty[$  :

- a. l'intervalle  $\left[0 ; 10 \ln\left(\frac{1}{29}\right)\right]$
- b. l'intervalle  $\left[-10 \ln\left(\frac{1}{29}\right) ; +\infty\right[$
- c. l'intervalle  $\left[0 ; \frac{10}{29}\right]$
- d. l'ensemble vide (pas de solution)

## EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points)

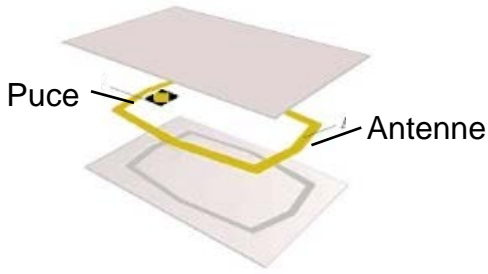
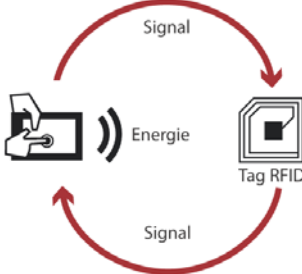
Vous indiquerez sur votre copie l'exercice 4 choisi : exercice 4 – A ou exercice 4 – B.

### EXERCICE 4 – A

Mots clefs des principaux domaines abordés : ondes électromagnétiques ; transmission d'un signal.

#### Carte RFID

Une carte de cantine RFID (*Radio Frequency IDentification*) comporte une puce électronique et une antenne formée d'un fil de longueur  $L$  enroulé sur lui-même. La technologie RFID permet au lecteur de carte d'identifier la personne qui passe et d'effectuer le décompte de ses repas sur le réseau informatique du lycée. Lorsque l'on approche la carte du lecteur de puce, celui-ci émet une onde électromagnétique. Cette onde fournit, par induction, de l'énergie à la puce électronique qui s'active et transmet alors un numéro d'identification au lecteur de carte.

Décomposition d'une carte RFID	Principe de communication RFID
 <p>Puce</p> <p>Antenne</p>	 <p>Signal</p> <p>Energie</p> <p>Tag RFID</p> <p>Signal</p>
Source : <a href="http://www.igm.univ-mlv.fr">www.igm.univ-mlv.fr</a>	Source : <a href="http://www.machinedesign.com">www.machinedesign.com</a>

1. Déterminer, à l'aide des documents 1 et 2 en fin d'exercice (page 8), à quel domaine des ondes radio appartient chacune des trois fréquences utilisées en communication RFID.
2. Citer deux arguments justifiant l'utilisation de plusieurs fréquences pour la communication RFID.

La célérité d'une onde électromagnétique dans l'air, notée  $c$ , vaut  $3 \times 10^8$  m·s<sup>-1</sup>.

3. Calculer la longueur d'onde d'une onde radio de fréquence 135 kHz.

Sur une carte de cantine, l'antenne RFID est réalisée en bobinant un fil de cuivre autour d'une surface rectangulaire de longueur 6,5 cm et de largeur 4,5 cm.

4. Calculer le périmètre de la surface rectangulaire.

5. Calculer, en s'appuyant sur le document 3 (page 9), le nombre de tours de fil de cuivre qu'il faut bobiner pour obtenir une antenne demi-onde pour la fréquence de 135 kHz.

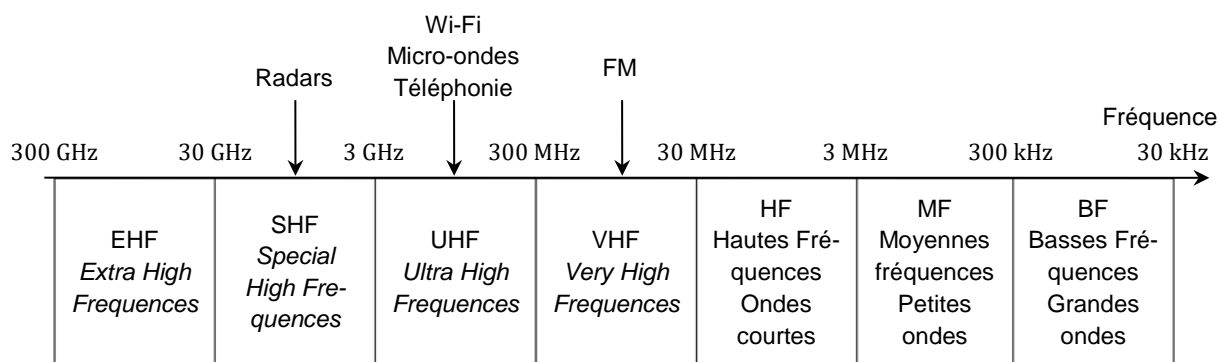
On admet qu'une onde radio de fréquence 13,56 MHz a une longueur d'onde de 22 m.

6. Proposer un avantage à augmenter la fréquence lorsqu'on utilise la technologie RFID.

### Document 1 – Fréquences des puces RFID

Fréquence de fonctionnement	135 kHz	13,56 MHz	433 MHz
Distance maximale de lecture (m)	0,5	1	3 à 6
Taux de transfert	1 kb·s <sup>-1</sup>	25 kb·s <sup>-1</sup>	28 kb·s <sup>-1</sup>
Normes	ISO 142231 ISO 18000-2	ISO 14443 ISO 15693 ISO 18000-3	ISO 18000-6
Caractéristiques générales	Faible dégradation des performances en milieu métallique ou liquide.	Bien adapté aux applications à courte portée  Fréquence unique dans le monde  Les plus utilisées actuellement	Performances dégradées en milieu métallique ou aqueux  Adaptées à la lecture en volume à longue distance

### Document 2 – Domaines des ondes radio et leurs usages



### Document 3 – Dimension d'une antenne

La longueur  $L$  (en m) du fil servant d'antenne dépend de la longueur d'onde  $\lambda$  (en m) de l'onde transmise ou reçue. On utilise en général des sous-multiples de la longueur d'onde. Le sous-multiple le plus efficace est la demi-longueur d'onde.

Type d'antenne		
Antenne pleine onde	$L = \lambda$	La longueur du fil d'antenne est égale à la longueur d'onde de l'onde radio.
Antenne demi- onde	$L = \frac{\lambda}{2}$	La longueur du fil d'antenne est 2 fois plus petite que la longueur d'onde de l'onde radio.
Antenne quart d'onde	$L = \frac{\lambda}{4}$	La longueur du fil d'antenne est 4 fois plus petite que la longueur d'onde de l'onde radio.
Antenne $n$ -ième d'onde	$L = \frac{\lambda}{n}$	La longueur du fil d'antenne est $n$ fois plus petite que la longueur d'onde de l'onde radio.

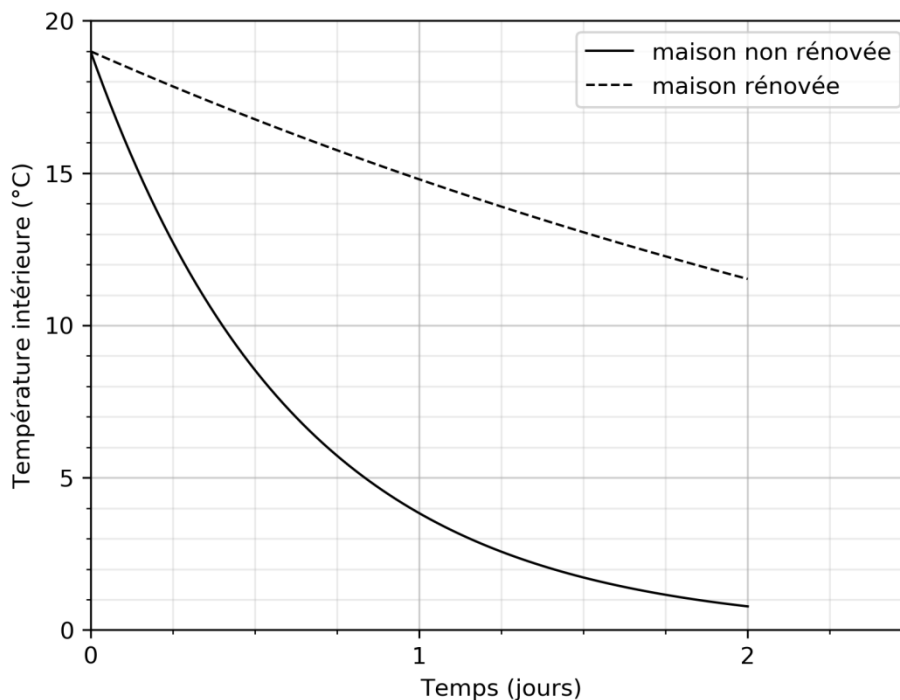
## EXERCICE 4 – B

Mots clefs des principaux domaines abordés : température, flux thermique, capacité thermique.

### Rénovation énergétique

Dans les années 1990, un constructeur a livré deux maisons voisines identiques dont l'une a été rénovée et isolée. Lors du dernier hiver, la température **extérieure** est restée pratiquement constante et égale à 0 °C durant plusieurs jours. Après une interruption de chauffage, l'évolution de la température à l'**intérieur** des maisons a été enregistrée pendant deux jours consécutifs, ce qui a permis de tracer les graphes ci-dessous.

Évolution temporelle de la température intérieure des maisons



1. Expliquer pourquoi la température intérieure de ces maisons diminue lorsque le chauffage est interrompu.

La capacité thermique  $C$  de l'habitation, rénovée ou non, vaut  $60 \text{ MJ}\cdot\text{K}^{-1}$ .

2. Estimer, à partir du graphique, la valeur de la quantité d'énergie échangée avec l'extérieur par la maison non rénovée durant cette période de deux jours.
3. Interpréter le signe du résultat obtenu.

Le flux thermique  $\phi$  peut s'exprimer par la relation  $\phi = C \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t}$ .

Dans cette relation, la capacité thermique de l'habitation est notée  $C$  (en  $J \cdot K^{-1}$ ) et  $\Delta T$  est la variation de température intérieure de l'habitation (en degrés Celsius) durant la durée  $\Delta t$  (en seconde) du transfert d'énergie.

4. Montrer, en s'appuyant sur une analyse dimensionnelle, que l'unité du flux thermique est le watt (W).
5. Vérifier que la valeur du flux thermique moyen durant la première journée sans chauffage pour la maison non rénovée est  $\phi = -10,4$  kW.

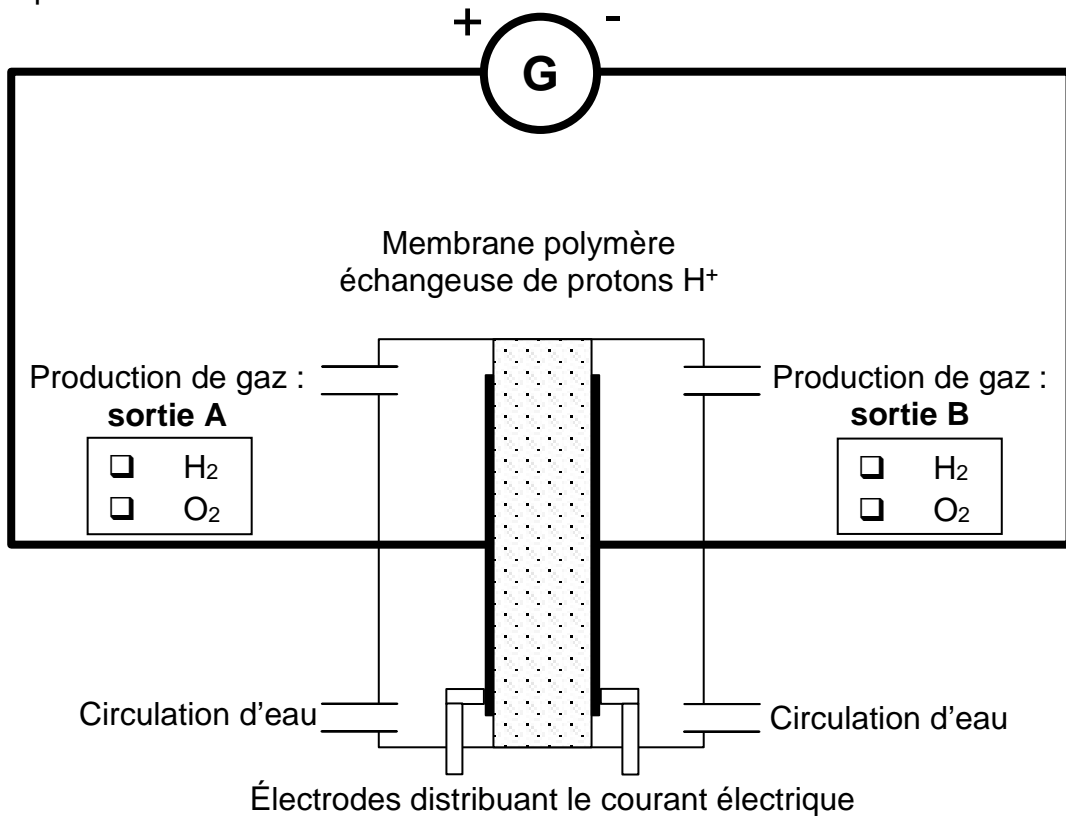
Pour la maison non rénovée, le flux thermique durant le second jour sans chauffage est six fois plus faible que durant la première journée.

6. Expliquer pourquoi la valeur du flux thermique diminue au cours du temps.
7. Donner la valeur approximative des températures intérieures des deux maisons après 15 jours sans chauffage en faisant l'hypothèse que les conditions météorologiques restent les mêmes durant cette période.

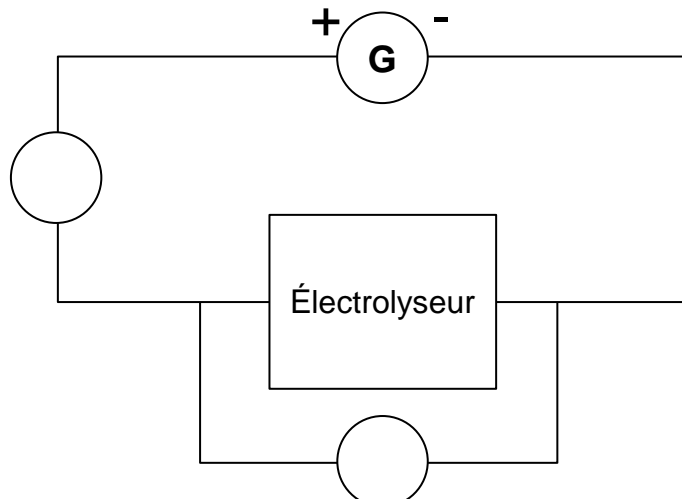
Document réponse à rendre avec la copie

Exercice 2

Questions 1 et 3 : Schéma 1 – Cellule d'électrolyse et son circuit d'alimentation électrique.



Question 6 : Schéma 2 – Mesure de puissance.





# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2022**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

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 collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 16 pages numérotées de 1/16 à 16/16.

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

**Le candidat sera attentif aux consignes contenues dans le sujet pour traiter les 4 exercices.**

## EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points)

(physique-chimie et mathématiques)

L'étude proposée concerne un avion A320 d'environ 180 places.

Le taxiage est la période au cours de laquelle l'avion se déplace au sol, soit pour aller vers la piste de décollage soit pour aller vers son point de stationnement.

L'objectif du dispositif étudié est de permettre le déplacement autonome de l'avion au sol, sans utiliser ses moteurs principaux (réacteurs) mais des moteurs électriques.

Cette solution garantit une réduction des nuisances sonores et des émissions de CO<sub>2</sub>.

L'utilisation des moteurs électriques diminue aussi fortement l'ingestion de corps étrangers (oiseaux) par les réacteurs sur le tarmac. La solution étudiée consiste en une motorisation électrique des deux trains principaux de l'avion (un moteur électrique par train). Lors des phases de déplacement au sol, l'avion est propulsé par ses moteurs électriques, au lieu de ses réacteurs.

### Caractéristiques de l'Airbus A320

Equipage	
Equipage commercial	4 personnes
Equipage technique	2 personnes
Mécanicien navigant	-
Pilotes	2 personnes
Radion	-
Masses (kg)	
Masse à vide	42600
Masse maximale à l'atterissage	64500
Masse maximale au décollage	73500
Motorisation	
Moteurs	-
Poussée	9980 kgp
Réacteurs	x2 CFM56-5A4

D'après [https://fr.wikipedia.org/wiki/Airbus\\_A320](https://fr.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320)

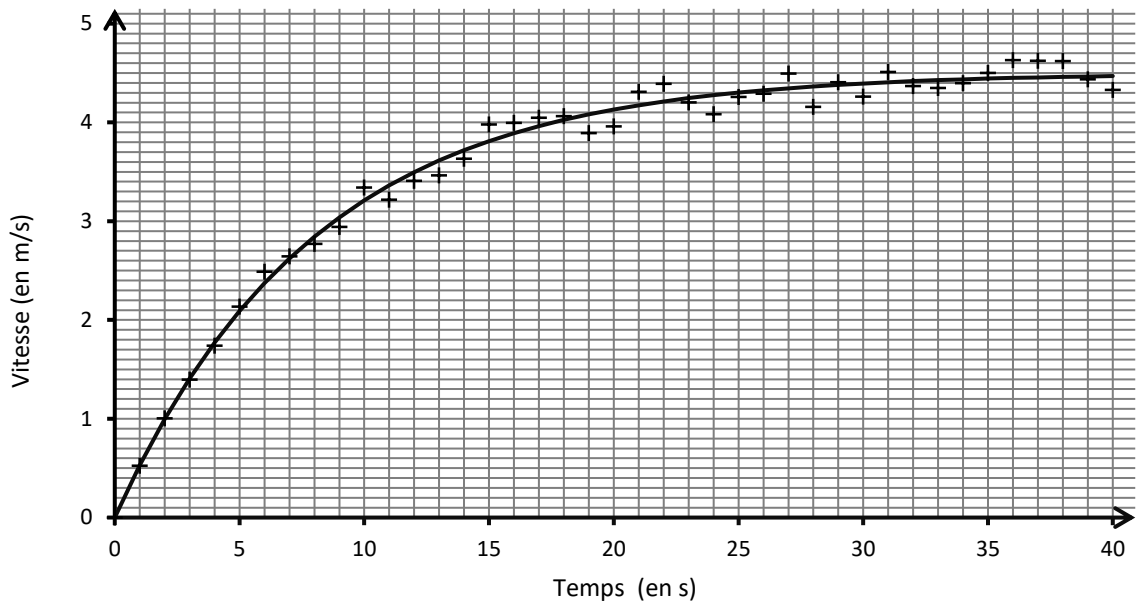
Toute l'étude est réalisée lors d'un taxiage avant un décollage sur sol horizontal en charge maximale.

L'avion, initialement à l'arrêt, démarre sur un sol horizontal et atteint une vitesse maximale  $v_{\max}$ . On modélise la vitesse de l'avion, exprimée en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , par une fonction  $f$  définie sur  $[0 ; +\infty[$  par  $f(t) = A \times (1 - e^{-0,13t})$  où  $A$  est une constante réelle et  $t$  est le temps exprimé en seconde.

1. Exprimer en fonction de  $A$ ,  $\lim_{t \rightarrow +\infty} f(t)$ .

La représentation graphique de cette fonction est donnée sur le graphique ci-après. Elle modélise les valeurs expérimentales représentées par des croix sur ce graphique.

Évolution de la vitesse de l'avion lors du taxiage

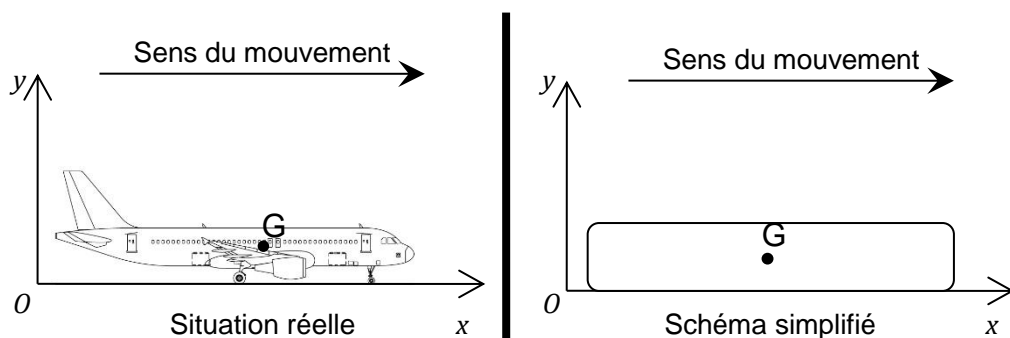


2. Conjecturer la valeur de  $A$  à l'aide du graphique.

La vitesse de l'avion, exprimée en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , est modélisée par la fonction  $v$  définie sur  $[0 ; +\infty[$  par  $v(t) = 4,5 \times (1 - e^{-0,13t})$ . On admet que  $v$  est dérivable sur  $[0 ; +\infty[$  et on note  $v'$  la dérivée de  $v$ .

3. Montrer que  $v'(t) = 0,585 \times e^{-0,13t}$ . En déduire l'accélération initiale de l'avion.

Schéma du taxiage



- Préciser la direction et le sens de la force de traction  $\vec{F}_T$  exercée par les moteurs électriques sur l'avion.
- Recopier le schéma simplifié sur votre copie et représenter en  $G$ , sans souci d'échelle, toutes les forces s'exerçant sur l'avion. Indiquer le nom de chacune de ces forces.

6. On se place à l'instant  $t = 0$  s. En appliquant le principe fondamental de la dynamique, montrer que si l'on néglige les forces de frottement, on peut écrire  $F_T = m \times a$ .
7. En déduire la valeur de la force de traction exercée par chacun des moteurs électriques lors du démarrage de l'avion, sachant que l'accélération à  $t = 0$  s est estimée à  $0,585 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

## EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points)

(physique-chimie)

### Le robot d'assistance à la personne Romeo

Développé par l'entreprise française Aldebaran Robotics, cet androïde mesure 1,40 m, pèse 40 kg et se veut « un véritable assistant et compagnon personnel » pour les personnes âgées. Romeo peut évidemment marcher, voir en trois dimensions et faire la conversation...

D'après <https://www.rtflash.fr>



D'après

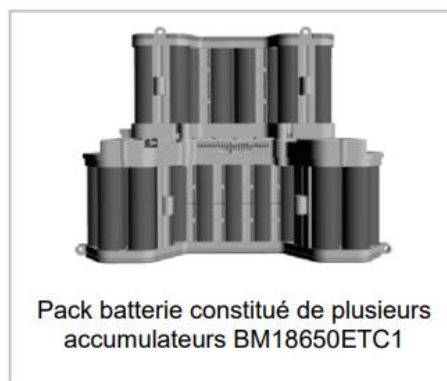
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Romeo\\_\(robot\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Romeo_(robot))

L'énergie utilisée par Romeo est stockée à l'emplacement du cœur et des poumons d'un humain. Elle provient d'un assemblage d'accumulateurs connectés en série et en parallèle. Cet assemblage sera désigné sous le nom de « pack batterie ».

Le pack batterie doit avoir une tension nominale de 48 V et une capacité nominale de 3300 mA·h. Les accumulateurs BM18650ETC1 qui le composent sont décrits ci-dessous.

### Accumulateur de forte puissance BM18650ETC1

(d'après documentation BMZ GMBH)



Pack batterie constitué de plusieurs accumulateurs BM18650ETC1

**Technologie :** Lithium Fer Phosphate ( $\text{LiFePO}_4$ )

### Caractéristiques d'un accumulateur :

Masse : 38,8 g

Tension nominale : 3,2 V

Capacité nominale : 1100 mA·h

1. Déterminer le nombre d'accumulateurs à placer en série et en parallèle pour obtenir le pack batterie complet qui alimente le robot Romeo. Justifier votre réponse.

Pour la suite de l'exercice, on admet que le pack batterie est constitué de 45 accumulateurs au Lithium Fer Phosphate  $\text{LiFePO}_4$ .

2. Déterminer la masse du pack batterie.
3. Déterminer l'énergie que peut fournir le pack batterie.

On donne ci-dessous le tableau comparatif de quelques technologies d'accumulateurs :

Spécifications	Pb	NiCd	NiMH	LiFePO <sub>4</sub>
Energie massique en Wh·kg <sup>-1</sup>	40	60	80	90
Durée de vie en nombre de charge/décharge (pour un taux de décharge de 80 %)	250	1000	400	1500

D'après <https://fr.wikipedia.org>

4. Justifier le choix de la technologie LiFePO<sub>4</sub> pour assurer l'autonomie énergétique du robot Romeo.
5. En considérant que la valeur moyenne de l'intensité du courant débité est de 2,8 A, déterminer l'autonomie de fonctionnement du robot. Exprimer le résultat en minute. Commenter.

Lors de la décharge d'un accumulateur LiFePO<sub>4</sub>, les équations modélisant les transformations électrochimiques qui se produisent aux électrodes sont les suivantes :

- à la borne + :  $\text{FePO}_4 (\text{s}) + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{LiFePO}_4 (\text{s})$
- à la borne - :  $\text{LiC}_6 (\text{s}) \rightarrow 6 \text{C} (\text{s}) + \text{Li}^+ + \text{e}^-$

**Données :**

- Constante de Faraday :  $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $1 \text{ A} \cdot \text{h} = 3600 \text{ C}$
- Masses molaires atomiques :  $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{P}) = 31,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  
 $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{Li}) = 6,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- La quantité d'électricité  $Q$ , exprimée en coulombs (C) et la quantité de matière d'électrons  $n(\text{e}^-)$  transférés, exprimée en moles (mol), pendant le fonctionnement d'un accumulateur sont liées par :

$$Q = n(\text{e}^-) \times F$$

6. Écrire l'équation de la réaction modélisant la décharge de l'accumulateur.

7. Lors de la décharge de l'accumulateur, préciser si l'on observe, à la borne négative, une réaction d'oxydation ou de réduction. Justifier votre réponse.
8. On rappelle que la capacité nominale d'un accumulateur est de 1100 mA·h. Déterminer la quantité de matière d'électrons que doit faire circuler l'accumulateur lors de sa décharge complète.
9. En déduire la masse nécessaire de chacune des électrodes  $\text{FePO}_4$  et  $\text{LiC}_6$  présentes dans un accumulateur.

Afin de déterminer la tension à vide du pack batterie, on a mesuré 10 fois cette grandeur à l'aide d'un voltmètre. Les mesures obtenues sont les suivantes :

Mesure n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_0(\text{V})$	48,6	48,4	49,6	49,0	47,8	50,0	48,4	49,7	49,0	48,6

10. Déterminer la valeur moyenne  $U_{0m}$  des 10 mesures de la tension à vide.
11. Déterminer l'écart-type expérimental  $\sigma_{n-1}$  (aussi noté  $Sx$ ) lié à la mesure de la tension à vide.

On rappelle que si un opérateur effectue  $n$  mesures dans les mêmes conditions, l'incertitude-type de la valeur moyenne se calcule à l'aide de l'expression suivante :

$$u(U_{0m}) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

où  $\sigma_{n-1}$  représente l'écart-type expérimental.

12. En déduire la valeur de l'incertitude-type par une approche statistique (type A) sur la moyenne  $U_{0m}$  de la tension à vide.

Un technicien de l'entreprise Aldebaran Robotics décide de contrôler le pack batterie pour l'un des robots. Il utilise le même multimètre que précédemment et effectue une moyenne sur 10 mesures. Il détermine une valeur moyenne  $U_{0m} = 48,9 \text{ V}$ . La tension de référence est  $48,0 \text{ V}$ .

13. Comparer la valeur moyenne mesurée et la valeur de référence en nombre d'incertitudes-types les séparant. Conclure quant à la conformité de ce pack batterie.

### EXERCICE 3 (4 points)

(mathématiques)

Vous traiterez 4 questions au choix parmi les 6 questions proposées.

Les questions sont indépendantes.

Pour chacune des **quatre questions** choisies, vous indiquerez clairement son numéro sur votre copie en début d'exercice.

Seules ces questions sont évaluées. Chacune d'elles est notée sur un point. Traiter une question supplémentaire ne rapporte aucun point.

#### Question 1.

$g$  est une fonction définie et dérivable sur  $[0 ; +\infty[$ .

On admet que la dérivée de  $g$  est la fonction  $g'$  définie sur  $[0 ; +\infty[$  par :

$$g'(t) = 6e^{-t}(1 - t).$$

1. Étudier le signe de  $g'(t)$  sur  $[0 ; +\infty[$ .
2. En déduire les variations de  $g$  sur  $[0 ; +\infty[$ .

#### Question 2.

Le plan est muni d'un repère orthonormé  $(O ; \vec{u}, \vec{v})$ .

Soit A et B les points d'affixes respectives :

$$z_A = e^{i\frac{5\pi}{6}} \text{ et } z_B = e^{-i\frac{2\pi}{3}}.$$

1. Les points A et B sont correctement représentés sur l'une des figures ci-dessous. Laquelle ? Aucune justification n'est attendue.

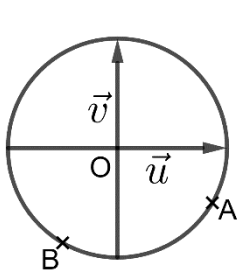


Figure 1

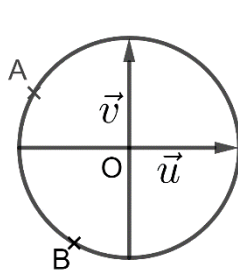


Figure 2

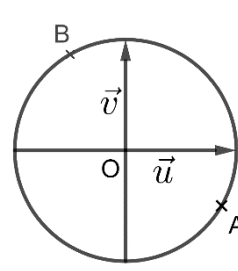


Figure 3

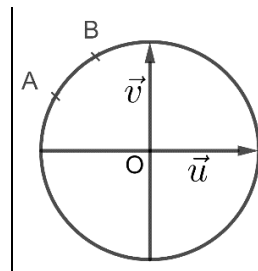


Figure 4

2. Montrer qu'un argument de  $\frac{z_A}{z_B}$  est  $\frac{-\pi}{2}$ .

#### Question 3.

Résoudre dans  $]1 ; +\infty[$  l'équation :

$$\ln(x - 1) + \ln(x + 1) + \ln(x) = \ln(x^2 - 1) - \ln(0,5).$$

#### Question 4.

On considère l'équation différentielle **(E)** :  $y' = -y + 2$ .

1. Déterminer l'ensemble des solutions de l'équation différentielle **(E)**.
2. En déduire la solution  $f$  de l'équation différentielle **(E)** qui s'annule en 0.

#### Question 5.

Soit la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  par  $f(x) = x^2 - 2e^x$ .

1. Montrer que pour tout réel  $x$  de  $\mathbb{R}$ ,  $f(x) = e^x(x^2e^{-x} - 2)$ .
2. En déduire  $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x)$ .

#### Question 6.

**Rappel :** Pour  $a$  et  $b$ , deux réels, nous avons les formules suivantes :

$$\cos(a + b) = \cos(a) \cos(b) - \sin(a) \sin(b)$$

$$\cos(a - b) = \cos(a) \cos(b) + \sin(a) \sin(b)$$

$$\sin(a + b) = \sin(a) \cos(b) + \cos(a) \sin(b)$$

$$\sin(a - b) = \sin(a) \cos(b) - \cos(a) \sin(b)$$

On considère un signal électrique dont l'expression en fonction du temps  $t$  est donnée par :

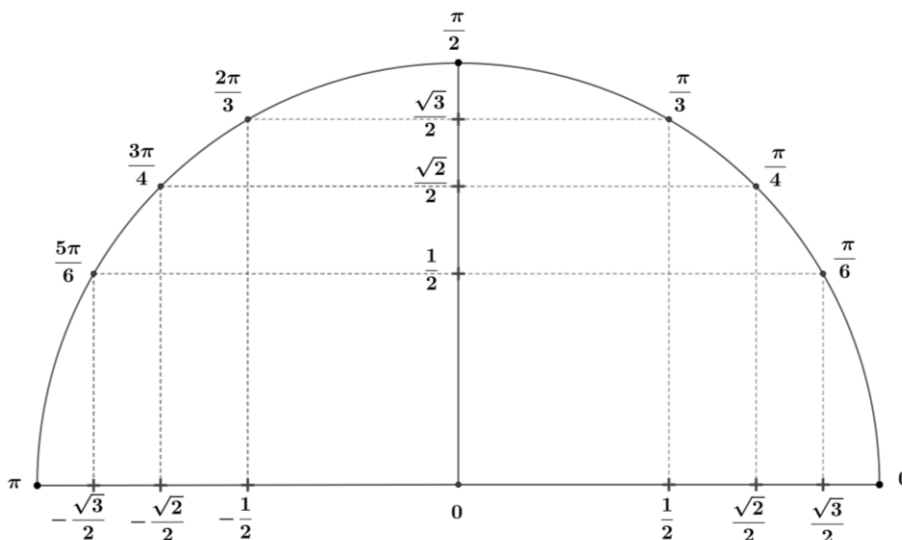
$$u(t) = \sqrt{3}\cos(t) - \sin(t).$$

1. Montrer que le signal  $u$  peut s'écrire pour tout  $t$  réel sous la forme :

$$u(t) = 2\cos\left(t + \frac{\pi}{6}\right).$$

2. Résoudre dans  $[0 ; \pi[$ , l'équation  $u(t) = 1$ .

On pourra s'aider du demi-cercle trigonométrique ci-dessous :



## EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points)

(physique-chimie)

Vous indiquerez sur votre copie l'exercice 4 choisi : **exercice 4 – A** ou **exercice 4 – B**

### EXERCICE 4 – A : EFFAROUCHEUR D'OISEAUX

Mots-clés : fréquence, période, vitesse du son, niveau sonore

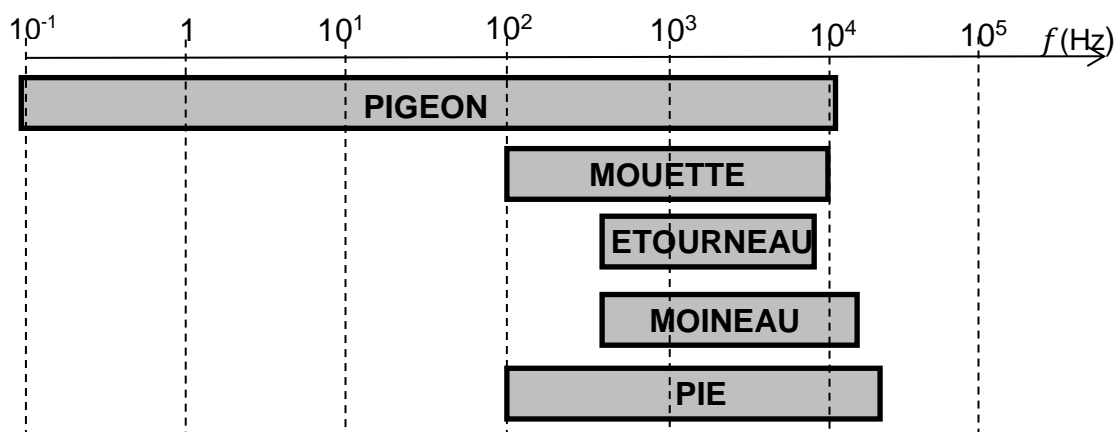
L'aviation civile recense un peu moins de mille rencontres d'oiseaux en France chaque année. Entre 15 % et 20 % d'entre elles sont classées "sérieuses". Elles occasionnent des retards de trafic, et des dommages plus ou moins importants concernant la cellule et les réacteurs.



*D'après www.kelbillet.com*

L'effaroucheur d'oiseaux est un outil de prévention et de lutte contre le risque aviaire. Il émet des sons de fréquence comprise entre 300 Hz et 5 kHz.

Les oiseaux ont une audition dont le spectre en fréquence couvre une bande de fréquences différente selon les espèces. Une solution pour les faire fuir consiste à émettre des cris d'oiseaux en détresse ou des cris de prédateurs.



*D'après www.agriprotech.fr*

Les caractéristiques techniques du haut-parleur de l'effaroucheur sont données ci-dessous :

Dimensions : 230 x 190 x 80 mm.

Alimentation : 12 V continu.

Protection : fusible 5 A.

Consommation en veille : 120 mA. Consommation en fonctionnement : 4,5 A.

Gamme de température :  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Puissance acoustique de sortie : 30 W.

Bande passante : 300 Hz à 5 kHz.

Niveau sonore mesuré à 1 m des haut-parleurs > 120 dB.

Protection contre les courts-circuits et surchauffe.

*D'après BTS aéronautique*

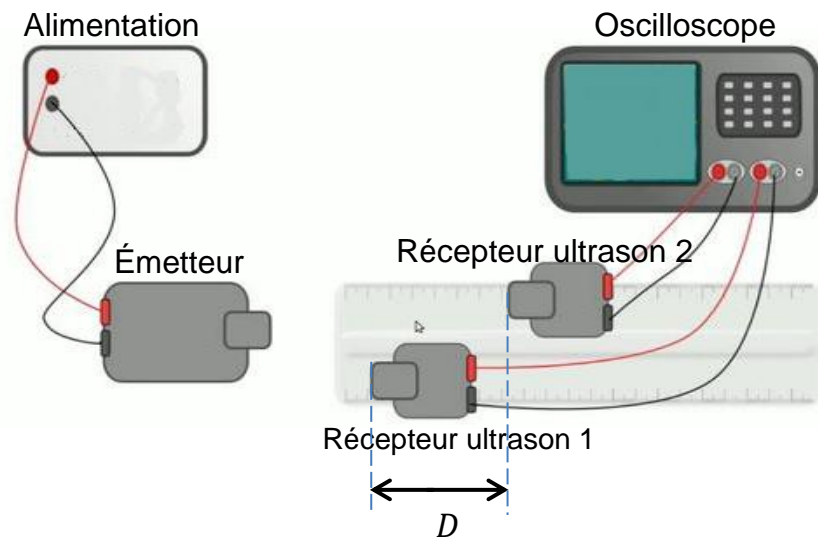
1. Déterminer la valeur de la puissance électrique absorbée par le haut-parleur de l'effaroucheur en fonctionnement.
2. Indiquer si les fréquences utilisées par le haut-parleur sont adaptées pour faire fuir les oiseaux.
3. Indiquer si ces fréquences sont audibles par l'oreille humaine. Justifier.

La valeur de référence pour la vitesse du son, dans les conditions de l'expérience, est  $v = 340\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

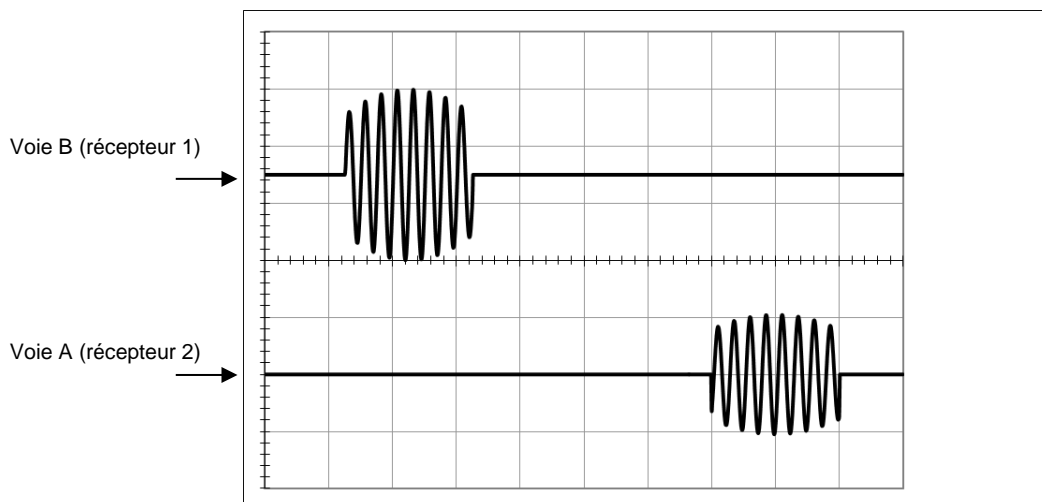
4. Déterminer la valeur de la longueur d'onde du signal de fréquence 300 Hz.

Afin de vérifier la valeur de la vitesse de propagation de l'onde, un étudiant affirme : « comme la vitesse de propagation du son est identique à celle d'un ultrason, je vais utiliser un émetteur d'ultrasons afin qu'il émette des salves ; le récepteur 2 étant plus éloigné que le récepteur 1 de la source, je visualiserai un retard  $\tau$  sur l'oscilloscope me permettant d'en déduire la vitesse ».

**Données** : les ultrasons ont une fréquence supérieure à 20 kHz.



Les signaux enregistrés sont observés sur le chronogramme ci-dessous. La distance entre les deux récepteurs est  $D = 18,1 \text{ cm}$ . La base de temps de l'oscilloscope est réglée sur  $100 \mu\text{s}/\text{div}$ .

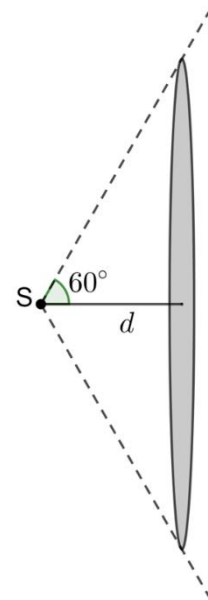


- Déterminer la valeur de la fréquence du signal émis. En déduire que l'étudiant a bien utilisé des ultrasons.

Par une méthode statistique (type A), l'étudiant détermine que l'incertitude-type sur la valeur expérimentale de la vitesse est  $u(v) = 0,3 \cdot 10^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

- Déterminer la valeur expérimentale de la vitesse de propagation du son et l'exprimer en tenant compte de l'incertitude-type.

La source sonore S de l'effaroucheur d'oiseaux est assimilable à un point. On suppose que le son se propage selon un cône et que la surface sur laquelle se répartit la puissance acoustique est assimilable à une surface plane en forme de disque suivant la représentation ci-contre.



7. Déterminer la valeur de la surface du disque situé à une distance  $d = 1$  m de la source S.

Rappel : dans un triangle rectangle, on a  $\tan \alpha = \frac{\text{côté opposé}}{\text{côté adjacent}}$ .

8. En utilisant les caractéristiques techniques du haut-parleur de l'effaroucheur, vérifier que l'intensité acoustique  $I$  à 1 m de la source est proche de  $3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

On calcule le niveau sonore  $L$  (en décibel dB) à partir de l'intensité acoustique  $I$  par la relation :

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

On rappelle que  $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (intensité acoustique minimale de référence).

9. Conclure quant à la véracité de l'information fournie par le fabricant concernant le niveau sonore à 1 m des haut-parleurs.

## EXERCICE 4 – B : DÉGIVRAGE

Mots-clés : capacité thermique, chaleur latente, résistance

Le givrage des différentes parties d'un avion est un problème qui peut être résolu de différentes façons. Le réchauffement de zones vulnérables est une méthode très courante de prévention du givrage. On s'intéresse ici au dégivrage par apport d'énergie thermique.



D'après <https://www.science-et-vie.com/archives/securite-givrage-la-menace-grandit-31119>

### Données :

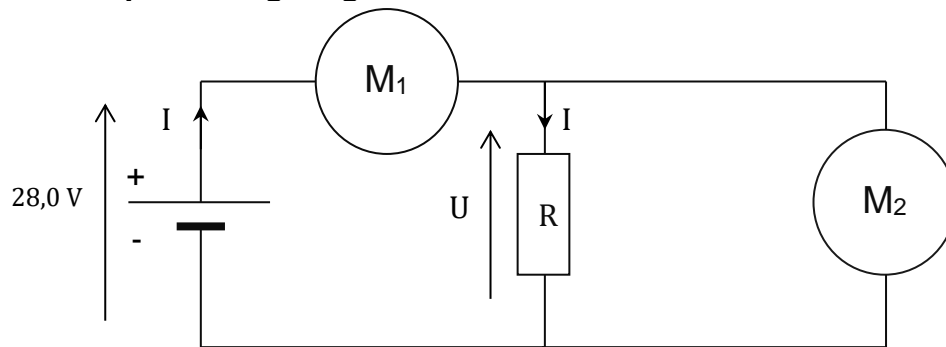
- Capacité thermique massique de l'eau liquide :  $c_{el} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'eau solide :  $c_{es} = 2090 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Chaleur latente de fusion de la glace à  $0^\circ\text{C}$  :  $L_{\text{SOLIDE/LIQUIDE}} = L = 333 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau liquide à  $25^\circ\text{C}$  :  $\rho_{el} = 1,0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau solide à  $-10^\circ\text{C}$  :  $\rho_{es} = 0,92 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$

Une surface de  $5,0 \text{ m}^2$  de glace recouvre l'aile d'un avion sur une épaisseur d'un demi-millimètre. La température de la glace est  $\theta_1 = -10^\circ\text{C}$ .

1. Déterminer la masse de glace  $m$  déposée sur l'aile de l'avion.
2. Exprimer puis déterminer la valeur  $E_1$  de l'énergie nécessaire pour augmenter la température de la glace de  $-10^\circ\text{C}$  à  $0^\circ\text{C}$ .
3. Exprimer puis déterminer la valeur  $E_2$  de l'énergie nécessaire pour transformer à  $0^\circ\text{C}$  la glace en eau liquide.
4. En déduire la valeur de l'énergie totale nécessaire à cette opération de dégivrage.

Cette énergie est apportée par une batterie délivrant une tension commune continue  $U = 28,0 \text{ V}$  et alimentant cinq éléments chauffants résistifs (symbolisés par un conducteur ohmique de résistance globale  $R$ ), répartis sur l'ensemble de l'aile et consommant chacun une puissance électrique  $P_E = 250 \text{ W}$ .

**Schéma électrique du dégivrage :**



5. Nommer et identifier les appareils  $M_1$  et  $M_2$  permettant la mesure de la tension aux bornes du conducteur ohmique de résistance  $R$  et de l'intensité du courant dans le circuit.
6. Préciser les polarités de chaque appareil de mesure.

La notice du multimètre utilisé donne les indications suivantes :

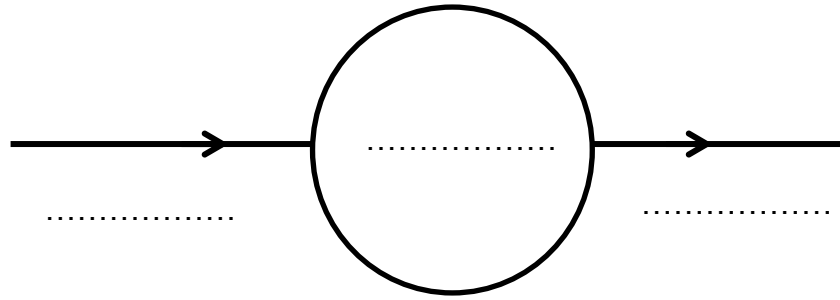
Mesures en mode DC

Gamme	Résolution	Incertitude-type	Surcharge
600 mV	0,1 mV	$\pm 0,5\%$ de la valeur lue + 4 digits	600 V DC/AC
6 V	1 mV		
60 V	10 mV		
600 V	100 mV		

*D'après le document technique du multimètre*

7. Déterminer la valeur de l'incertitude-type de la tension sachant que le multimètre affiche une valeur de tension de 28,02 V.
8. Ecrire le résultat de la mesure de la tension avec l'incertitude-type associée.

**Chaîne énergétique simplifiée d'une résistance chauffante :**



9. Recopier sur votre copie et compléter la chaîne énergétique de la résistance chauffante.
10. Déterminer la valeur de la puissance de la batterie nécessaire afin d'alimenter la totalité des résistances.
11. En admettant qu'il n'y a pas de perte thermique au niveau des éléments chauffants résistifs, déterminer la durée  $t_1$  permettant le dégivrage complet de l'aile. Commenter le résultat.

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2022**

## **SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

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 collègue » 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.

**Les pages 11 et 12 composent le document réponse,  
à rendre avec la copie.**

**Le candidat sera attentif aux consignes contenues  
dans le sujet pour traiter les 4 exercices.**

## EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points)

### Évolution de la température d'une boisson.

Une boisson chaude est servie dans une tasse en céramique.

L'exercice consiste à savoir s'il est possible de boire cette boisson au bout de dix minutes sans se brûler.

1. Identifier un mode de transfert thermique mis en jeu entre la boisson chaude et la tasse, ainsi qu'entre la tasse et l'air ambiant.

L'évolution de la valeur de la température (en degré Celsius) de la boisson chaude au cours du temps est modélisée par la relation :

$$\theta_{n+1} = -0,002(\theta_n - 20) + \theta_n$$

où  $\theta_n$  est la valeur de la température de la boisson chaude après une attente de  $n$  secondes ( $n$  est un entier naturel). La température initiale  $\theta_0$  de la boisson chaude vaut  $90^\circ\text{C}$ .

2. Calculer  $\theta_2$  et  $\theta_3$  puis compléter le tableau fourni sur le **document réponse**, à **rendre avec la copie**. Les résultats seront écrits avec trois chiffres significatifs.

La valeur  $\phi$  du flux thermique entre la tasse et l'air ambiant est reliée à la valeur de la variation de la température  $\Delta\theta$  de la boisson chaude dans la tasse en céramique, pendant la durée  $\Delta t$  exprimée en seconde, par l'égalité :

$$\phi = \frac{m \times C_{th} \times \Delta\theta}{\Delta t} .$$

La tasse contient une masse  $m$  de  $0,400$  kg de boisson chaude de capacité thermique massique  $C_{th}$  égale à  $4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ .

3. Calculer la valeur du flux thermique au cours de la première seconde de refroidissement de la boisson, en s'appuyant sur le tableau du document réponse.
4. Justifier que le sens du transfert thermique entre la boisson chaude et l'air ambiant est cohérent avec le signe du flux thermique obtenu.

La consommation d'une boisson, à une température supérieure à  $50^\circ\text{C}$ , engendre un risque de brûlure.

5. Compléter les pointillés du script Python fourni sur le **document réponse**, à **rendre avec la copie**, afin que la valeur renvoyée par la fonction temps indique la durée d'attente nécessaire (en seconde) pour une consommation de la boisson chaude, sans risque de brûlure.

La valeur renvoyée par la fonction temps est 424.

6. Indiquer si, après une attente de 10 minutes, cette boisson chaude peut être consommée sans risque de brûlure. Justifier.

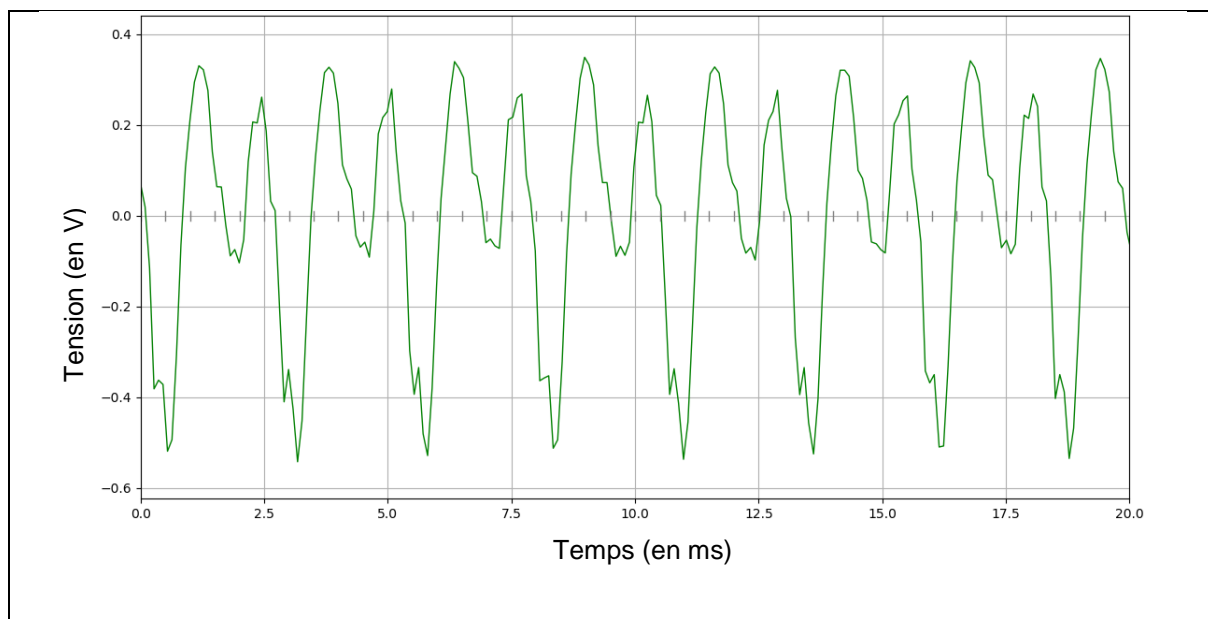
## EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points)

### Étude du son d'un violon

Un élève souhaite reproduire électroniquement le son d'un violon. Cet exercice propose de suivre les premières étapes de sa démarche.

L'élève enregistre le son d'un violon à l'aide d'un microphone et d'un logiciel d'acquisition. Il obtient le chronogramme suivant.

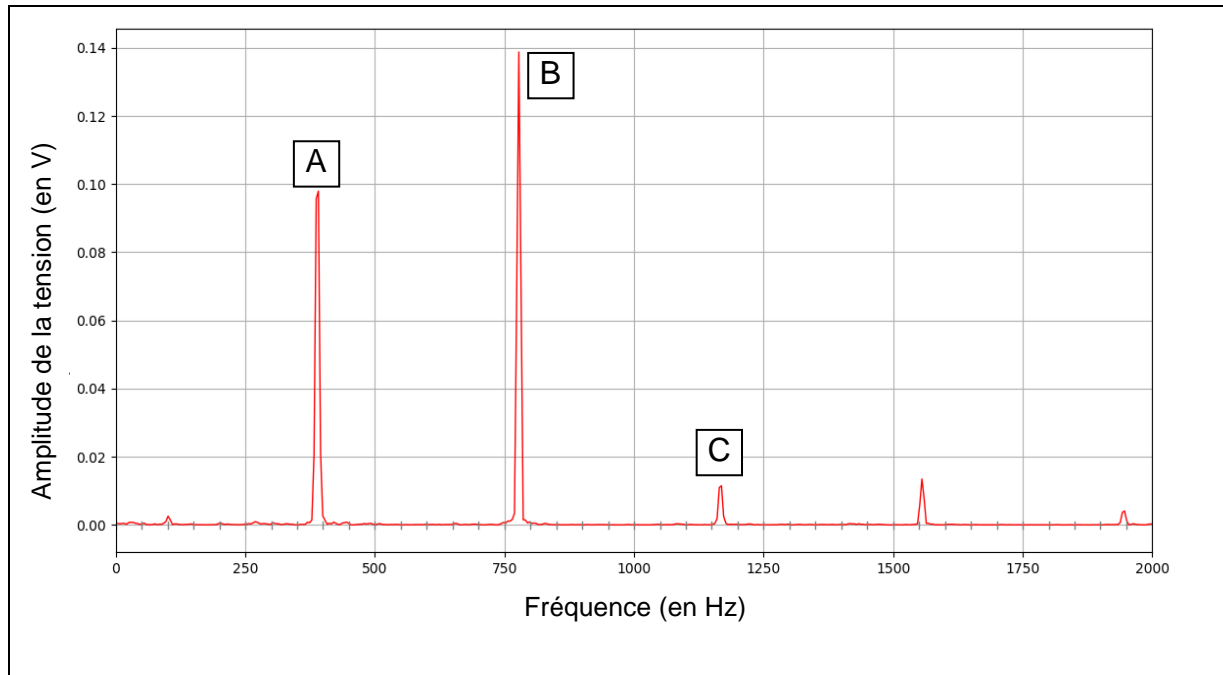
#### Document 1 : chronogramme du signal d'enregistrement du violon



1. Déterminer le plus précisément possible la période  $T$  du son émis par le violon à l'aide du chronogramme.
2. Vérifier que la fréquence du son émis par le violon est voisine de 390 Hz.

Le spectre d'amplitude du son du violon est obtenu à l'aide d'un logiciel d'acquisition.

## Document 2 : spectre d'amplitude de l'enregistrement du violon



3. Justifier que le pic A correspond au fondamental du signal enregistré.

Les pics B et C sont associés aux harmoniques du signal enregistré.

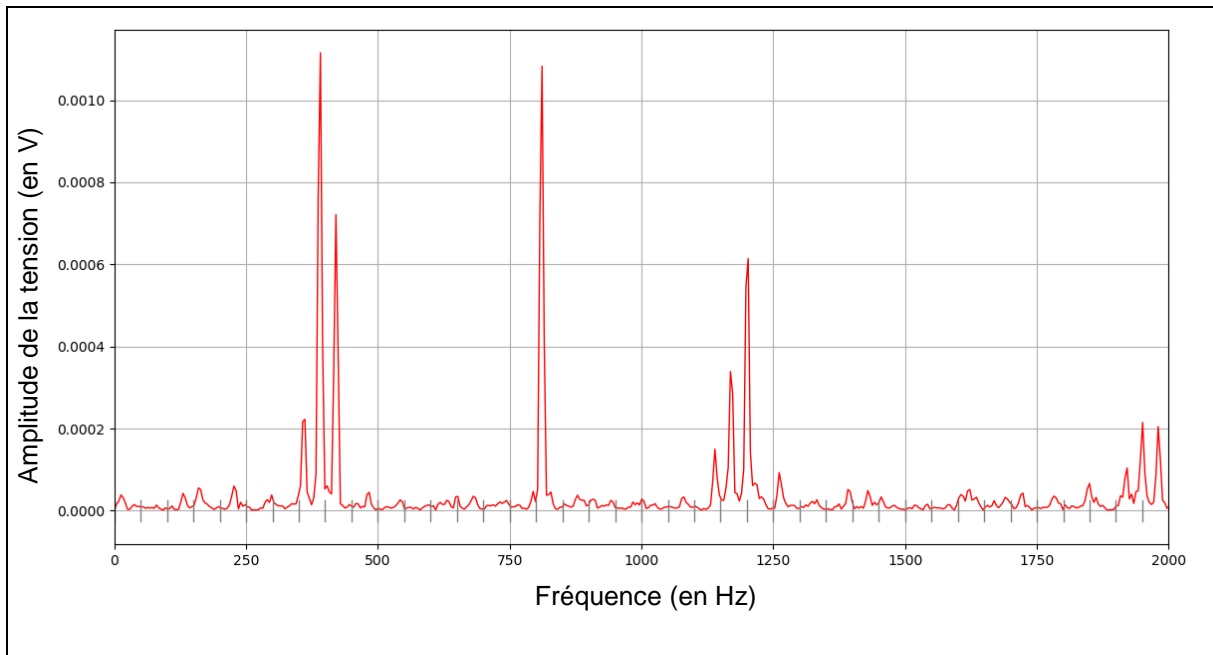
4. Donner les fréquences des harmoniques B et C.

5. Vérifier la relation entre la fréquence du fondamental  $f_1$  et les fréquences  $f_n$  des harmoniques de rang  $n$  :  $f_n = n \times f_1$ .

6. Indiquer les rangs des harmoniques B et C.

*Pour générer un son complexe, l'élève utilise un microcontrôleur.  
Le son est enregistré et analysé de la même manière que pour le violon.  
Le spectre d'amplitude du son émis par le haut-parleur est donné ci-dessous.*

**Document 3 : spectre d'amplitude du son produit par le microcontrôleur**



7. Vérifier que le son produit par le microcontrôleur a la même hauteur que la note jouée par le violon.
8. Justifier que le son produit par le microcontrôleur est similaire à celui d'un violon.

### EXERCICE 3 commun à tous les candidats (4 points)

*Dans cet exercice, seulement 4 questions au choix parmi les 6 questions proposées sont à traiter.*

Toutes ces questions sont indépendantes les unes des autres.

#### Question 1

Une entreprise réalise des bouchons par injection plastique. On modélise la température (en degré Celsius) d'un bouchon plastique à l'issue de sa fabrication, en fonction du temps  $t$  (en seconde) par l'équation différentielle :

$$y' = -0,1y + 7.$$

Montrer que la fonction  $\theta$  définie par  $\theta(t) = 80e^{-0,1t} + 70$  sur l'intervalle  $[0; +\infty[$  est solution de cette équation différentielle et qu'elle vérifie la condition initiale  $\theta(0) = 150$ .

#### Question 2

Soit le nombre complexe  $z = -1 + i$ .

- Montrer que  $z = \sqrt{2}e^{i\frac{3\pi}{4}}$ .
- Quelle est la partie imaginaire de  $z^4$  ? Justifier.

#### Question 3

Une voiture électrique, dont l'accumulateur est totalement déchargé, est branchée à une borne de rechargement. L'énergie emmagasinée par l'accumulateur (en kilowattheure), notée  $E$ , peut être modélisée en fonction du temps  $t$  écoulé (en heure) par la fonction  $E$  définie pour  $t \in [0; +\infty[$  par :

$$E(t) = 18(1 - e^{-0,45t}).$$

On admet que cette voiture a une énergie de stockage limitée à 18 kWh.

Déterminer l'instant  $t_0$ , arrondi à la minute, à partir duquel la moitié de cette énergie de stockage limite a été emmagasinée.

#### Question 4

On considère une fonction  $f$  dérivable sur  $]0; +\infty[$  dont la fonction dérivée  $f'$  est donnée, pour tout  $x \in ]0; +\infty[$ , par  $f'(x) = \frac{-3x+2}{x}$ .

Étudier le sens de variation de la fonction  $f$  sur  $]0; +\infty[$ .

### Question 5

On considère l'équation :  $3 \ln(x) - \ln(x + 30) = 2 \ln(5)$ , où  $x$  appartient à l'intervalle  $]0 ; +\infty[$ .

Donner, parmi les quatre propositions suivantes, la solution de cette équation.

- a. 0
- b.  $e^{-5}$
- c. 10
- d. 20

### Question 6

Une société de peinture utilise, dans le cadre de son activité, une nacelle élévatrice (dite « nacelle à ciseaux »).

On note  $h(t)$  la hauteur (en mètre) de la nacelle à l'instant  $t$  (en seconde) suivant la mise en route.

On suppose que  $h$  est la fonction de la variable réelle  $t$  définie et dérivable sur  $[0 ; +\infty[$  d'expression  $h(t) = -15e^{-0,2t} + 18$ .



D'après : <https://www.haulotte.fr/produit/h18-sx> (téléchargé le 29/09/20)

- a. Déterminer la hauteur initiale de la nacelle.
- b. Déterminer la limite de la fonction  $h$  en  $+\infty$ . Interpréter cette limite dans le contexte de l'exercice.

## EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points)

Vous indiquerez sur votre copie l'exercice 4 choisi : exercice 4 – A ou exercice 4 – B.


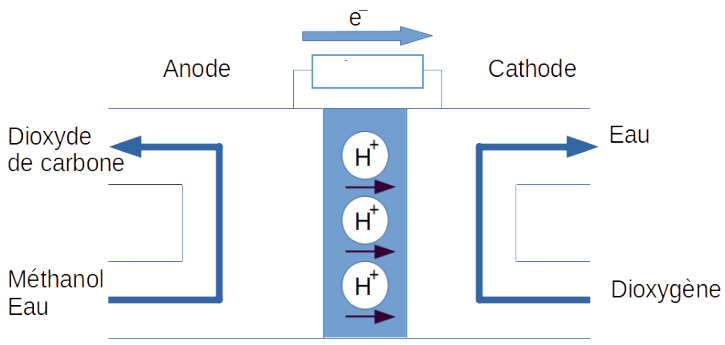
### EXERCICE 4 – A

Mots clefs des principaux domaines abordés : oxydo-réduction ; quantité de matière.

#### Pile à combustible au méthanol

Une pile à combustible au méthanol est embarquée dans un camping-car. Elle a pour but d'en assurer l'autonomie en rechargeant une batterie auxiliaire. L'étude consiste à répondre à la question suivante : Combien de fois peut-on recharger cette batterie auxiliaire avec 1 L de méthanol alimentant la pile à combustible ?

#### Document 1 : présentation de la pile à combustible au méthanol

 <p>Photo de la Pile à combustible au méthanol Source : <a href="http://www.my-efoy.com">http://www.my-efoy.com</a></p>	 <p>Principe de fonctionnement de la pile au méthanol</p>
---	--

#### Document 2 : demi-équations aux électrodes de la pile à combustible

Électrode	Couple Oxydant / Réducteur	Demi-équation électronique
1	$O_2(g) / H_2O(\ell)$	$O_2(g) + 4 H^+(aq) + 4 e^- \rightarrow 2 H_2O(\ell)$
2	$CO_2(g) / CH_3OH(aq)$	$CH_3OH(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow CO_2(g) + 6 H^+(aq) + 6 e^-$

#### Document 3 : données utiles

Masse volumique du méthanol :  $\rho = 792 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Formule chimique du méthanol :  $CH_3OH$ .

Masses molaires :

$$M(H) = 1,00 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} ; M(C) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} ; M(O) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} .$$

Quantité de matière  $n$  :

$$n = \frac{m}{M} \text{ où } m \text{ est la masse de l'échantillon et } M \text{ est la masse molaire.}$$

Capacité d'une pile ou une batterie :  $Q = n(e^-) \times F$

où  $F$  est la constante de Faraday  $F = 96500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$  et  $n(e^-)$  est la quantité de matière d'électrons.

#### Document 4 : caractéristiques de la pile à combustible

Tension nominale de la pile  $U_{pile} = 12 \text{ V}$

Rendement de la pile  $\eta = 25 \%$

#### Document 5 : batterie auxiliaire

Tension nominale de la batterie  $U_{Batterie} = 12 \text{ V}$

Capacité de la batterie :  $Q = 100 \text{ A}\cdot\text{h}$

$1 \text{ A}\cdot\text{h} = 3600 \text{ C}$

1. Nommer le type d'électrode où a lieu l'oxydation et celui où a lieu la réduction.
2. Indiquer **sur le document réponse, à rendre avec la copie** :
  - le sens du courant traversant la charge à l'extérieur de la pile ;
  - les pôles + et - de la pile.
3. Établir que l'équation de fonctionnement de la pile à combustible est :  
 $2 \text{ CH}_3\text{OH}(\text{aq}) + 3 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ CO}_2(\text{g}) + 4 \text{ H}_2\text{O}(\ell)$
4. Vérifier que la masse molaire du méthanol  $\text{CH}_3\text{OH}$  est  $M$  est égale à  $32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
5. Calculer la quantité de matière  $n$  dans un litre de méthanol.
6. Montrer, à l'aide de la demi-équation électronique à l'électrode 2 que la quantité de matière  $n(e^-)$  d'électrons est  $149 \text{ mol}$ .
7. Déterminer la capacité  $Q$  de la pile à combustible, en coulomb puis en ampère-heure.
8. Montrer que l'énergie utile délivrée par la pile à combustible vaut  $12 \text{ kW}\cdot\text{h}$ .

*La notice technique de la pile à combustible indique que l'on peut faire dix charges de batterie avec un litre de méthanol.*

9. Vérifier que cette information est conforme à l'aide d'un calcul.


## EXERCICE 4 – B

Mots clefs des principaux domaines abordés : combustion ; quantité de matière.

Le 26 juillet 2016, l'avion *Solar Impulse 2* a atterri à Abou Dhabi, aux Émirats arabes unis, après avoir effectué un tour du monde de 43 041 km avec, comme seule source d'énergie, l'énergie solaire.

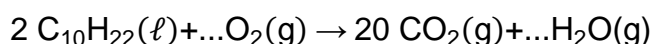
L'objectif de cet exercice est d'évaluer la masse en dioxyde de carbone qu'aurait rejeté un avion de mêmes caractéristiques réalisant un vol identique en tous points, mais consommant comme carburant du kérosène.

### Document : caractéristiques du kérosène

<b>Formule brute</b>	Mélange d'hydrocarbures. La formule chimique sera assimilée à $C_{10}H_{22}$ .
<b>État physique à 15 °C</b>	Liquide
<b>Masse molaire moléculaire M</b>	$142 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
<b>Pictogrammes de sécurité</b>	

1. Donner la signification du pictogramme de sécurité entouré (document ci-dessus) ainsi que les précautions, associées à ce pictogramme, qu'il faut prendre lors de l'utilisation du kérosène.

2. Recopier et compléter l'équation de combustion du kérosène ci-dessous.



En considérant un vol identique en tous points (durée, vitesse, énergie nécessaire à la propulsion), on estime à 500 kg la masse de kérosène nécessaire pour un vol de 24 h.

3. Calculer la quantité de matière  $n_k$  de kérosène nécessaire à ce vol de 24 h.

Données : masses molaires atomiques  $M_C = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M_O = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

4. Montrer, en utilisant l'équation de la combustion, que la quantité de matière  $n_{CO_2}$  de dioxyde de carbone rejetée durant un vol de 24 h vaut  $3,52 \times 10^4 \text{ mol}$ .

5. Calculer la masse  $m_{CO_2}$  de dioxyde de carbone rejetée durant ce vol de 24 h.

La durée de vol effective de *Solar Impulse 2* lors de son tour du monde a été de 560 h.

6. En déduire la masse de dioxyde de carbone qu'aurait rejetée un avion de mêmes caractéristiques réalisant un vol identique en tous points, mais consommant comme carburant du kérosène. On exprimera le résultat en nombre entier de tonnes.

**Document réponse, à rendre avec la copie**

**Exercice 1**

Question 2 : tableau à compléter.

Temps $n$ (en $s$ )	Température $\theta_n$ (en $^{\circ}\text{C}$ )
0	90,0
1	89,9
2	.....
3	.....

Question 5 : script Python à compléter.

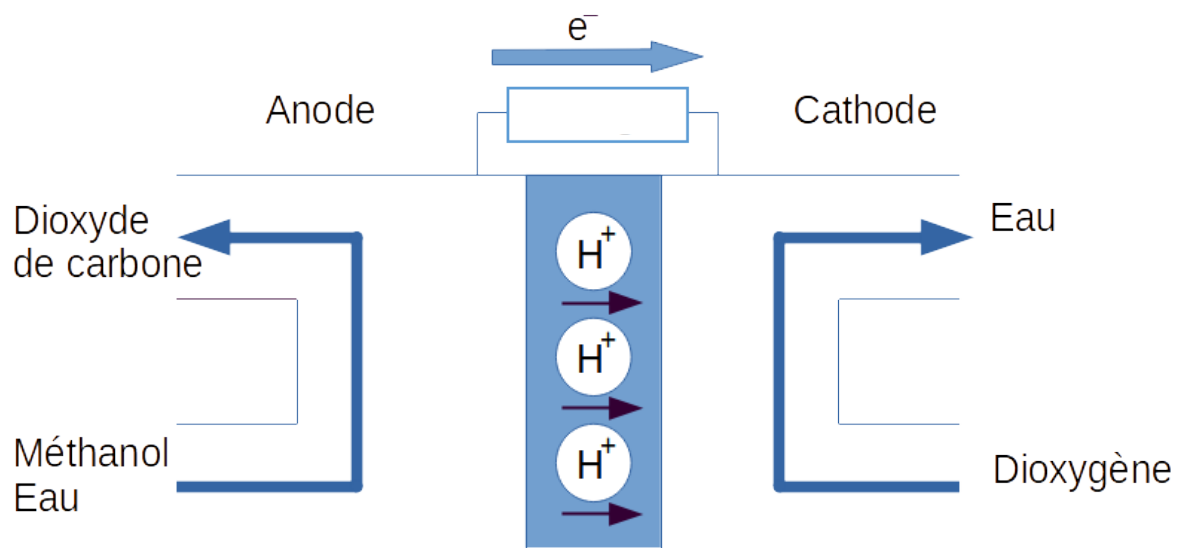
```
def temps() :  
    n = 0  
    theta = 90  
    while theta ..... :  
        n = n + 1  
        theta = .....  
    return n
```



Document réponse, à rendre avec la copie

Exercice 4

Question 2 : schéma à compléter.





# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2022**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

**ÉPREUVE DU MERCREDI 11 MAI 2022**

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 17 pages numérotées de 1/17 à 17/17.

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

**Le candidat sera attentif aux consignes contenues dans le sujet pour traiter les 4 exercices.**

## EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points)

(physique-chimie et mathématiques)

### Modèle de la vitesse de refroidissement d'un lait écrémé

Dans le domaine de l'agroalimentaire, la question du refroidissement des produits préparés peut être cruciale. On peut citer par exemple la problématique de la durée de refroidissement du lait produit dans une ferme : afin d'éviter la prolifération microbienne, il convient de minimiser cette durée de refroidissement.

Afin d'étudier l'évolution de la température d'une masse de liquide en contact avec l'atmosphère d'une pièce en fonction du temps, l'expérience suivante est réalisée.

Une masse de lait écrémé  $m = 150 \text{ g}$  est chauffée à une température de  $63,4 \text{ °C}$ . On laisse ensuite le lait se refroidir à l'air libre en relevant sa température toutes les minutes.

Pendant toute la durée de l'expérience, la température de l'air de la pièce reste constante et inférieure à celle du lait.

**Résultats de l'expérience** : température de la masse de lait en fonction du temps  $t$ .

$t$ (en min)	0	1	2	3	4	5	6	7
température (en °C)	63,4	61,7	60,2	58,6	57,4	56,2	54,7	53,6

$t$ (en min)	8	9	10	11	12	13	14	15
température (en °C)	52,4	51,2	50,4	49,4	48,5	47,4	46,6	45,9

**Donnée :**

- Pour la capacité thermique massique du lait, on prendra :

$$c_{\text{lait}} = 4,0 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

1. Citer les trois modes de transferts thermiques.
2. Préciser, en le justifiant, le sens du transfert thermique entre la masse de lait et l'air de la pièce.
3. Calculer, d'après les résultats expérimentaux, la valeur du transfert thermique  $Q$  entre la masse de lait et l'air de la pièce entre les dates  $t = 1 \text{ min}$  et  $t = 2 \text{ min}$ .  
Sans calcul, préciser si la valeur du transfert thermique est plus petite ou plus grande que  $Q$  entre les dates  $t = 6 \text{ min}$  et  $t = 7 \text{ min}$ .

La température du lait, exprimée en degré Celsius, en fonction du temps  $t$ , exprimé en minute, est modélisée par la fonction  $T$  définie sur  $[0; +\infty[$  par :

$$T(t) = 37 \times e^{-\frac{20t}{459}} + 26,4.$$

4. Calculer  $T(0)$  et interpréter ce résultat dans le contexte de l'exercice.
5. Déterminer  $\lim_{t \rightarrow +\infty} T(t)$ .  
Selon ce modèle, quelle est la température de l'air de la pièce ? Justifier.
6. Selon ce modèle, au bout de combien de temps la température du lait vaut-elle  $40^\circ\text{C}$  ? Donner le résultat en minute et seconde.

## EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points)

(physique-chimie)

### Le son de la guitare électrique

Cet exercice a pour but d'étudier deux paramètres connus pour modifier le son produit par une guitare électrique : l'oxydation des cordes et l'influence du câble reliant la guitare à l'amplificateur.

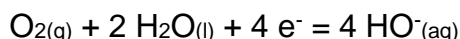
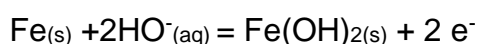


#### 1. Les cordes de guitare

Les cordes de guitare sont un élément essentiel pour la production du son. C'est la vibration de celles-ci qui est transformée en signal électrique par les micros de la guitare. Ainsi les cordes sont le plus souvent en alliage de fer pour pouvoir interagir avec les aimants présents dans les micros.

A l'air libre les cordes s'oxydent progressivement car elles sont le siège de réactions d'oxydoréduction.

Dans l'air humide, du fait de la condensation, la transformation chimique peut être modélisée à l'aide des deux demi-équations électroniques suivantes :



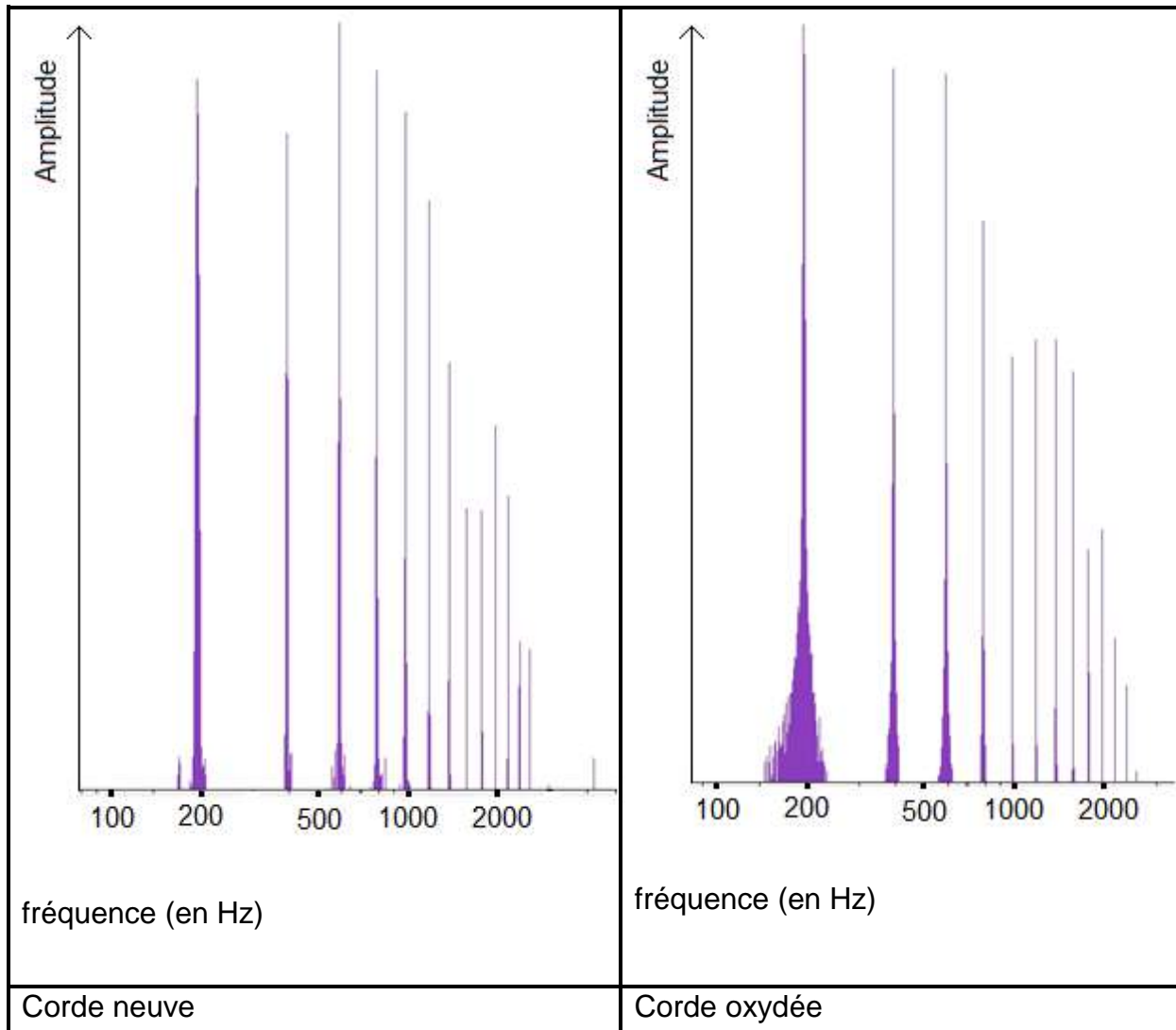
- 1.1. À partir des deux demi-équations proposées, écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction qui modélise la transformation chimique subie par le fer contenu dans les cordes.
- 1.2. Montrer qu'il est justifié de considérer que le fer subit une oxydation dans cette transformation chimique.

Afin de limiter cette oxydation, une des méthodes actuelles consiste à recouvrir la corde avec un enduit transparent très fin qui sert de revêtement à la corde.

- 1.3. Indiquer la propriété que doit posséder l'enduit pour éviter efficacement le phénomène d'oxydation.

## Conséquences de l'oxydation des cordes sur le son d'une guitare.

En utilisant la même échelle verticale, on réalise le spectre d'amplitude d'une note jouée par une guitare électrique équipée de cordes neuves puis de cordes oxydées.



<b>Note</b>	La1	Do2	Sol2	La2	Ré3	Fa3	Sol3	Ré4
<b>Fréquence (Hz)</b>	110	130	196	220	294	349	392	587

- 1.4. À partir du spectre obtenu pour la corde neuve, déterminer, en justifiant la fréquence fondamentale de la note jouée.
- 1.5. Indiquer la note jouée par la guitare.
- 1.6. Indiquer, en justifiant, si le son produit par la corde neuve a la même hauteur que celui produit par la corde oxydée.
- 1.7. Préciser, en justifiant, quelle caractéristique du son produit par la guitare est modifiée selon que l'on utilise des cordes neuves ou oxydées.

## 2. Le câble reliant la guitare à l'amplificateur

Les musiciens évoquent souvent l'influence du câble reliant la guitare à l'amplificateur sur le son obtenu. Selon eux, le câble provoquerait une diminution d'amplitude des harmoniques de hautes fréquences, produisant un son plus terne, moins riche en composantes aigues.

Nous réalisons deux études afin de vérifier la pertinence de cette observation.

Une première étude est réalisée sur un câble de guitare d'une longueur de 10 m, non relié à la guitare. Il s'agit de déterminer une éventuelle atténuation du signal électrique transporté par le câble.

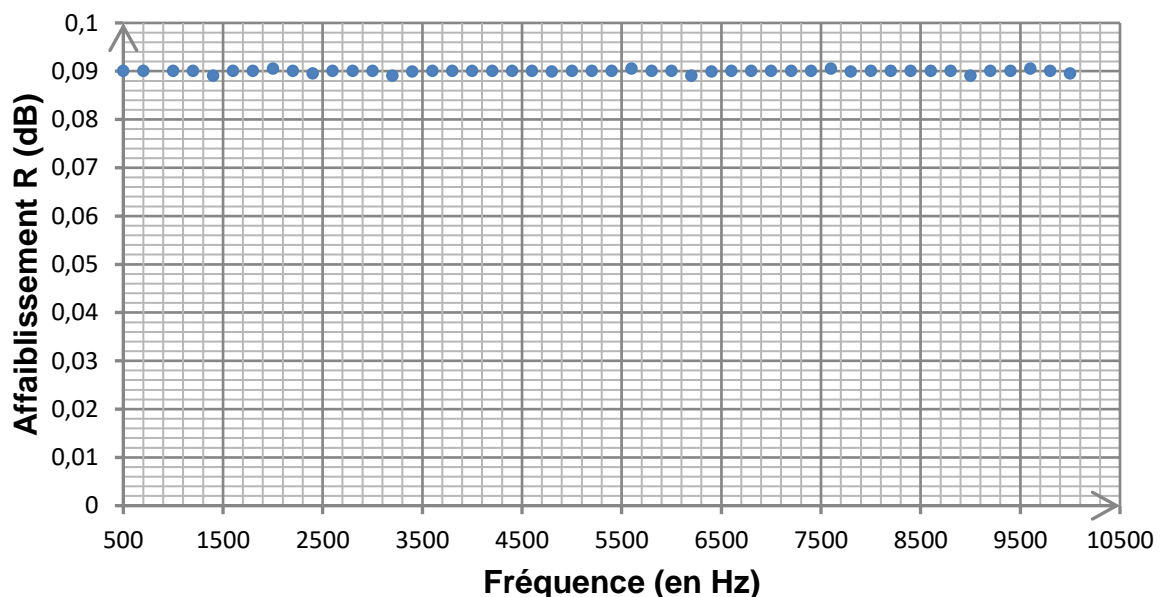
Une tension sinusoïdale de fréquence connue est délivrée par un générateur basses fréquences. À l'aide d'un oscilloscope, l'amplitude  $U_e$  de la tension en entrée du câble est comparée à l'amplitude  $U_s$  de la tension en sortie du câble.

On peut calculer alors l'affaiblissement  $R$  (en dB) subi par le signal lors de son transport par le câble grâce à la relation suivante :

$$\frac{U_e}{U_s} = 10^{\frac{R}{20}}$$

Les mesures de l'affaiblissement généré par le câble pour des signaux sinusoïdaux de fréquence comprise entre 500 Hz et 10 kHz permettent d'établir le graphe suivant.

**Affaiblissement  $R$  en fonction de la fréquence**

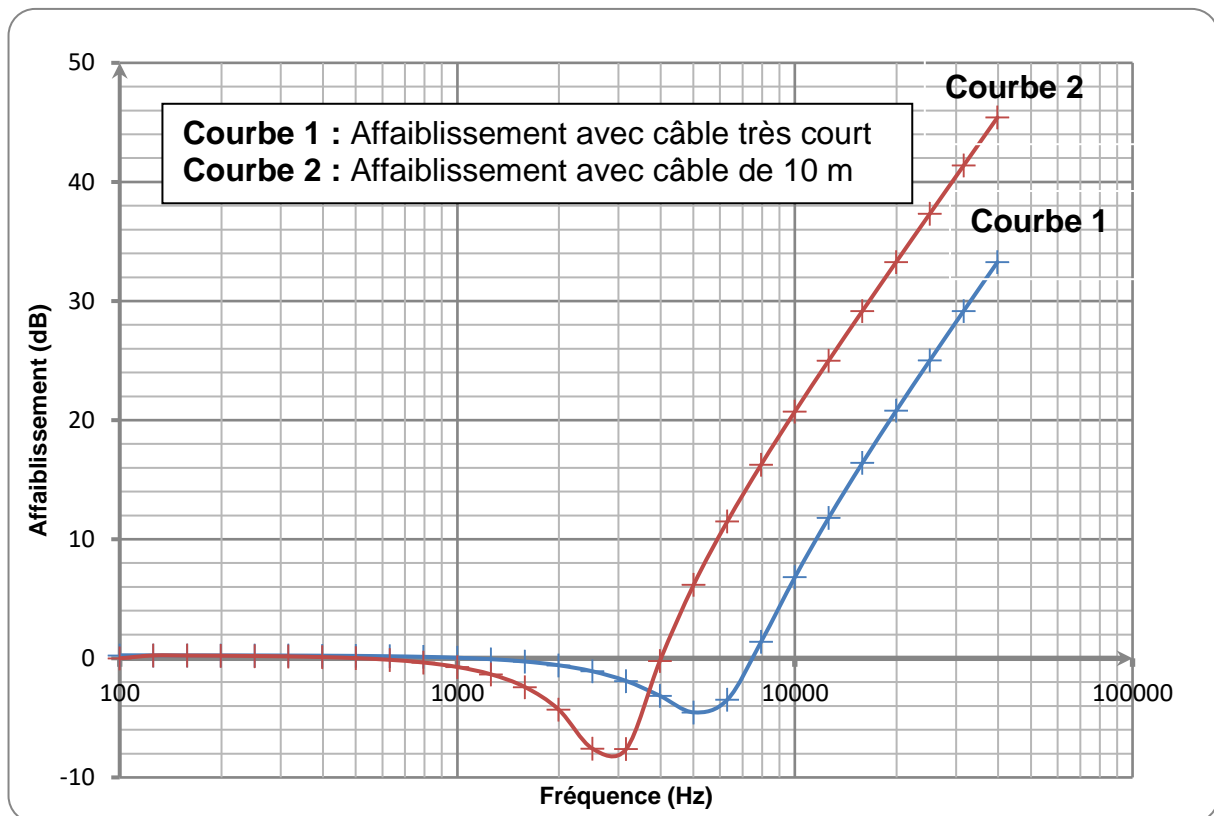


- 2.1. Montrer qu'une valeur d'affaiblissement positif correspond à une atténuation du signal lors du passage dans le câble.
- 2.2. En considérant une tension d'entrée d'amplitude  $U_e = 20,0$  mV, déterminer la tension de sortie dans les conditions de l'expérience, pour une valeur de l'affaiblissement  $R = 0,09$ . Commenter le résultat.

- 2.3. Exploiter la courbe ci-dessus pour déterminer si les propriétés électriques du câble seul peuvent expliquer une modification du timbre du son obtenu. Justifier la réponse.

Cette première expérience ne prenant pas en compte le branchement de la guitare sur le câble et sur l'amplificateur, on réalise une seconde étude en connectant le câble, en entrée et en sortie, à des dipôles ayant respectivement des propriétés électriques semblables à celles de la guitare et de l'entrée de l'amplificateur.

Pour isoler l'influence du câble, on réalise des mesures d'affaiblissement avec un câble très court puis avec le câble de 10 m. On obtient les graphiques ci-dessous.



- 2.4. En ne considérant que les fréquences pour lesquelles l'affaiblissement  $R$  a une valeur positive, indiquer si l'allure de ces graphiques est compatible avec les problèmes évoqués par les musiciens lors de l'utilisation d'un long câble.

### EXERCICE 3 commun à tous les candidats (4 points)

(mathématiques)

Le candidat doit traiter quatre questions parmi les six numérotées de 1 à 6 que comporte l'exercice. Les questions sont indépendantes les unes des autres. Le candidat choisit les quatre questions auxquelles il répond et indique clairement leur numéro sur sa copie en début d'exercice. Seules ces questions sont évaluées. Chacune d'elles est notée sur un point. Traiter une question supplémentaire ne rapporte aucun point.

#### Question 1

1. Montrer, en détaillant vos calculs, que :

$$\ln(2025) = 4 \ln(3) + 2 \ln(5).$$

2. Simplifier le nombre  $A$  ci-dessous en détaillant les calculs :

$$A = 2 \ln(e^4) - 3 \ln\left(\frac{1}{e}\right).$$

#### Question 2

On désigne par  $i$  le nombre complexe de module 1 et d'argument  $\frac{\pi}{2}$ .

On considère le nombre complexe suivant :

$$z = \frac{-1 + i}{3i}.$$

1. Mettre  $z$  sous forme algébrique. Détailler les calculs.

2. Mettre  $z$  sous forme exponentielle. Détailler les calculs.

#### Question 3

On considère l'équation différentielle  $(E) : 2y' + y = 0$ , où  $y$  est une fonction de la variable  $x$ , définie et dérivable sur  $\mathbf{R}$  et  $y'$  la fonction dérivée de  $y$ .

1. Déterminer les solutions sur  $\mathbf{R}$  de l'équation différentielle  $(E)$ .

2. Le plan est muni d'un repère.

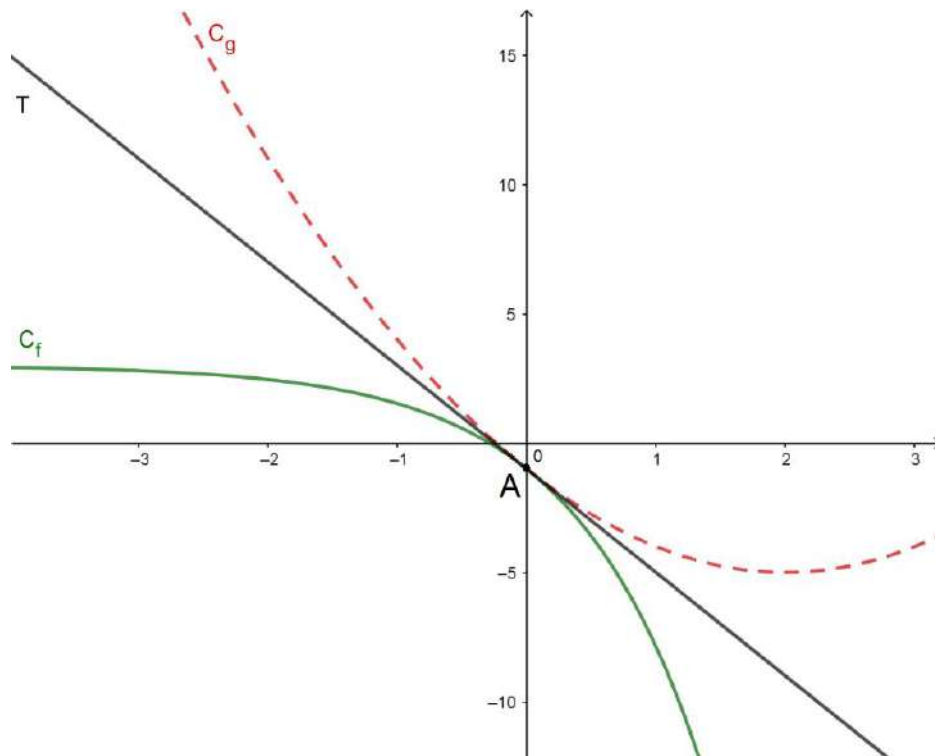
Déterminer la solution  $f$  de  $(E)$ , dont la courbe représentative  $C_f$  dans ce repère passe par le point  $A(\ln(9); 1)$ .

#### Question 4

On considère la fonction  $f$  définie sur  $\mathbf{R}$  par  $f(x) = a + be^x$ , où  $a$  et  $b$  sont deux nombres réels.

On considère la fonction  $g$  définie sur  $\mathbf{R}$  par  $g(x) = x^2 - 4x - 1$ .

On note  $C_f$  et  $C_g$  les courbes représentatives des fonctions  $f$  et  $g$ , tracées dans le repère orthogonal ci-dessous.



1. On admet que les deux courbes  $C_f$  et  $C_g$  ont un unique point en commun, noté  $A$  d'abscisse 0.  
Calculer  $g(0)$ , puis en déduire que  $a + b = -1$ .
2. On admet que les deux courbes  $C_f$  et  $C_g$  ont la même tangente  $T$  au point  $A$ .
  - a. Donner, pour tout réel  $x$ , une expression de  $g'(x)$  puis calculer  $g'(0)$ .
  - b. En déduire la valeur de  $b$ , puis celle de  $a$ .

### Question 5

Soit  $g$  la fonction définie sur l'intervalle  $]0; +\infty[$  par :

$$g(x) = \frac{1}{2}x^2 - \ln(x).$$

1. On admet que  $g$  est dérivable sur l'intervalle  $]0; +\infty[$  et on note  $g'$  sa fonction dérivée. Montrer que pour tout réel  $x$  de l'intervalle  $]0; +\infty[$ ,

$$g'(x) = \frac{(x-1)(x+1)}{x}.$$

2. Montrer que la fonction  $g$  admet un minimum, dont on précisera la valeur exacte, sur l'intervalle  $]0; +\infty[$ .

### Question 6

**Rappel** : pour  $a$  et  $b$  deux réels, on a les formules suivantes :

$$\cos(a + b) = \cos(a)\cos(b) - \sin(a)\sin(b)$$

$$\cos(a - b) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)$$

$$\sin(a + b) = \sin(a)\cos(b) + \cos(a)\sin(b)$$

$$\sin(a - b) = \sin(a)\cos(b) - \cos(a)\sin(b)$$

La tension  $u$ , exprimée en volt, aux bornes d'un dipôle en fonction du temps  $t$ , exprimé en seconde, est donnée par :  $u(t) = \cos(50t) + \sqrt{3}\sin(50t)$ .

1. Pour tout nombre réel  $t$ , écrire  $u(t)$  sous la forme  $u(t) = U_{\max} \cos(\omega t + \varphi)$  où :

- $U_{\max}$  représente la tension maximale (exprimée en volt) ;
- $\omega$  représente la pulsation (exprimée en  $\text{rad.s}^{-1}$ ) ;
- $\varphi$  représente le déphasage (exprimé en rad).

2. En déduire la fréquence correspondante  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ , exprimée en Hz. Arrondir le résultat à l'unité.

## EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points) (physique-chimie)

**Le candidat choisit de traiter l'exercice 4 – A ou l'exercice 4 – B.**

Vous indiquerez sur votre copie l'exercice 4 choisi : exercice 4 – A ou exercice 4 – B

### EXERCICE 4 – A : Produit détachant et lessive

**Mots clés : réaction acido-basique, réactions d'oxydo-réduction, ondes électromagnétiques.**

#### 1. Composition de la lessive

Les lessives liquides sont composées de fortes quantités de carbonates ; en moyenne 30 % de la masse d'une lessive est constituée de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_{3(s)}$ .

La dissolution du  $\text{CaCO}_{3(s)}$  libère des ions calcium  $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$  et des ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$  selon l'équation-bilan :



L'ion carbonate  $\text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$ , appartient au couple acido-basique  $\text{HCO}_3^-_{(aq)}/\text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$ .

L'eau intervient alors dans le couple acido-basique  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}/\text{HO}^-_{(aq)}$ .

**1.1.** Lors d'un cycle de lavage, une masse de 50 g de lessive est introduite dans le tambour où se trouve un volume d'eau égal à 20 L.

Calculer la concentration molaire en ions carbonate résultant de la dissolution totale de la lessive dans l'eau contenue dans le tambour de la machine à laver.

**Données :**

Masses molaires :  $M(\text{Ca}) = 40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

**1.2.** Écrire l'équation-bilan de la réaction de l'ion carbonate  $\text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$  sur l'eau  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

En déduire l'influence de la présence d'ions carbonate sur le pH de l'eau de lavage.

#### 2. Agents de blanchiment

Dans les lessives dites à « l'oxygène actif » le peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$  (ou eau oxygénée) est l'agent de blanchiment. Comme le peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$  est difficile à conserver longtemps en solution aqueuse, les lessives contiennent des produits capables de libérer de l'eau oxygénée au contact de l'eau. C'est le cas du perborate de sodium tétrahydraté  $\text{NaBO}_3\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Ce composé est stable à température ambiante mais réagit avec l'eau à  $60^\circ\text{C}$ , la réaction libérant du peroxyde d'hydrogène.

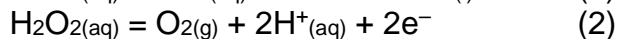
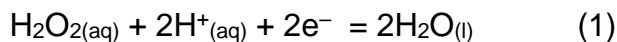
**Données :**

Couples d'oxydoréduction mis en jeu :  $\text{NaBO}_3_{(aq)} / \text{NaBO}_2_{(aq)}$  et  $\text{H}_2\text{O}_2_{(aq)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

**2.1.** Écrire l'équation de la réaction qui modélise l'action du perborate de sodium sur l'eau, conduisant à la formation du peroxyde d'hydrogène.

En solution aqueuse, le peroxyde d'hydrogène peut réagir avec lui-même (on parle de réaction de dismutation), ce qui explique que l'on ne peut le conserver longtemps sous cette forme. Cette réaction met en évidence les propriétés oxydantes et réductrices du peroxyde d'hydrogène.

Les deux demi-équations électroniques correspondantes sont :



- 2.2. Préciser si, dans la demi-équation (1), le peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$  est l'oxydant ou le réducteur. Justifier.
- 2.3. Préciser le couple oxydant/réducteur mis en jeu dans la demi-équation (2).
- 2.4. Écrire l'équation de la réaction qui modélise l'action du peroxyde d'hydrogène sur lui-même à partir des demi-équations (1) et (2). Identifier les produits de la réaction.

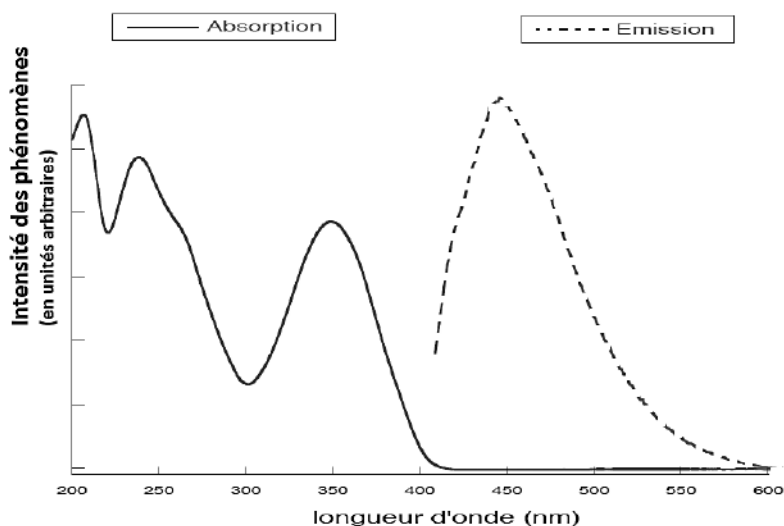
### 3. Azurants optiques

Certaines fibres naturelles absorbent la lumière bleue, ce qui donne un aspect jaunâtre au linge. Pour éviter cet effet, les lessives contiennent des azurants optiques. Ces molécules absorbent les rayonnements électromagnétiques ultraviolets et réémettent ensuite cette énergie sous forme de rayonnement visible (c'est le phénomène de fluorescence). Un azurant optique émet des ondes électromagnétiques avec un maximum dans les longueurs d'onde correspondant à la couleur bleue.

L'azurant optique donne ainsi un « éclat de blancheur » au tissu lavé.

- 3.1. Préciser les longueurs d'ondes qui délimitent le domaine électromagnétique visible. Indiquer où se situe le domaine des longueurs d'ondes des rayonnements ultraviolets par rapport à celui du domaine visible.
- 3.2. Déterminer, à l'aide des spectres suivants, la valeur de la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission de l'azurant optique.

#### spectres d'absorption et d'émission d'un azurant optique



Les agents azurants sont peu ou pas toxiques. Ils sont difficilement biodégradables et leur potentiel de bioaccumulation est considéré comme étant négligeable. En raison de leur utilisation majeure dans les détergents, leur principal impact écotoxicologique devrait se situer au niveau des espèces aquatiques.

D'après l'article [https://fr.wikipedia.org/wiki/Agent\\_azurant](https://fr.wikipedia.org/wiki/Agent_azurant)

3.3. Identifier le pictogramme de danger des azurants optiques en indiquant son code.

### Pictogrammes de la réglementation européenne.

Chacun des 9 pictogrammes de la réglementation européenne possède un code composé de la façon suivante : « GHS\* » + « 0 » + 1 chiffre.

\*GHS : Globally Harmonized System



GHS01



GHS02



GHS03



GHS04



GHS05



GHS06



GHS07



GHS08



GHS09

## EXERCICE 4 – B : Dormir en refuge, un mode d'hébergement écologique ?

**Mots clés : énergie électrique, combustion, groupes caractéristiques.**

Dans le cadre d'une démarche de développement durable, la rénovation énergétique du refuge de Bostan (Samoëns, Haute-Savoie) en 2016 s'est concrétisée par l'installation de panneaux solaires hybrides photovoltaïque/thermique. Un poêle à bois assure toujours le chauffage tandis que les 12 panneaux solaires hybrides photovoltaïque/thermique (8 panneaux au sud-est et 4 panneaux à l'ouest) produisent de l'électricité et de l'eau chaude pour le refuge. L'installation sud-est est active de 8 h du matin jusqu'à midi. De midi jusqu'à 15h les deux installations sont actives. Enfin, après 15h c'est l'installation orientée ouest qui prend le relais jusqu'à 18 h.

### Informations techniques de l'installation :

Caractéristiques de l'installation	Refuge de montagne (capacité 70 personnes)
Nombre de panneaux	12 panneaux hybrides
Puissance électrique	3,00 kW
Puissance thermique	4,49 kW

<https://dualsun.com/fr/realisations/samoens-fr-2016-12pvt/>

### Caractéristiques physiques des panneaux pour un ensoleillement de $1000 \text{ W.m}^{-2}$ :

Longueurs	1677 mm
Largeur	990 mm
Tension à puissance maximale	30,7 V
Intensité à puissance maximale	8,15 A

[https://www.alaska-energies.com/wp-content/uploads/2016/08/Dualsun\\_FR\\_FT\\_Wave\\_0816.pdf](https://www.alaska-energies.com/wp-content/uploads/2016/08/Dualsun_FR_FT_Wave_0816.pdf)

## 1. Étude des panneaux photovoltaïques

### Informations sur les panneaux photovoltaïques

Pour convertir l'énergie des photons en énergie électrique, on utilise des cellules solaires constituées de semi-conducteurs. Ces matériaux sont caractérisés par une bande d'énergie interdite nommée « gap ». La valeur de ce gap dépend de la nature chimique et de la structure du matériau ; sa valeur est de 1,1 eV pour le silicium monocristallin.

Un photon est absorbé par un semi-conducteur quand son énergie est supérieure au gap, sinon il le traverse. Ainsi, tous les photons d'énergie supérieure au gap peuvent être absorbés. Cependant, l'énergie en excès est vite perdue sous forme de chaleur et l'énergie électrique maximale que l'on peut récupérer est égale à celle du gap.

*D'après Pour La Science, juillet/octobre 2010*

### Données :

- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
- Célérité de la lumière dans le vide  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- $1 \text{ Wh}$  : énergie associée à une puissance d'un watt pendant une heure
- $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$  ;  $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh}$  ;  $1 \text{ MWh} = 1000 \text{ kWh}$

- 1.1. Donner l'expression de la fréquence  $f$  d'un photon susceptible de provoquer une variation d'énergie  $\Delta E$ .

Calculer alors la longueur d'onde d'un photon qui fournit, par absorption, une énergie  $\Delta E$  égale à la valeur du gap de silicium (1,1 eV) et préciser si cette radiation se situe dans le domaine visible.

## 1.2. L'installation du refuge de Bostan

- 1.2.1. À l'aide des caractéristiques physiques des panneaux, données en début d'exercice, montrer que la valeur de la puissance électrique maximale d'un panneau solaire est de 250 W pour un ensoleillement de 1000 W.m<sup>-2</sup>.
- 1.2.2. Calculer la valeur du rendement énergétique d'un tel panneau solaire.
- 1.2.3. Évaluer l'énergie électrique en kWh que l'on peut récupérer par une belle journée d'été (pour un ensoleillement de 1000 W.m<sup>-2</sup>) en prenant en compte les durées de fonctionnement respectives de chacune des deux installations Sud-Est et Ouest.
- 1.2.4. À partir des informations suivantes, discuter de la nécessité de la présence d'un poêle à bois pour le chauffage.

Type de refuge	Nombre de lits	Consommation moyenne journalière	Usage type
Refuge moyen	<30	2000 à 5000 Wh/j	Éclairage, réfrigérateur, petit électroménager, traitement UV de l'eau potable.
Refuge important	>30	5000 à 15000 Wh/j au minimum	Éclairage, réfrigérateur, congélateur, traitement UV de l'eau potable, cuisine, petit et gros électroménager.

[https://www.researchgate.net/publication/269915723\\_Energie\\_en\\_site\\_isole\\_d'altitude](https://www.researchgate.net/publication/269915723_Energie_en_site_isole_d'altitude)

## 2. Étude du poêle à bois

### Informations sur la combustion du bois

Lors de sa combustion, le bois ne fait que libérer le dioxyde de carbone utilisé pour la croissance de l'arbre dont il est tiré. Selon les règles de l'ADEME, les chauffages au gaz, au fioul et à l'électricité émettent respectivement 222 kg, 480 kg et environ 180 kg de CO<sub>2</sub> par MWh. Le bilan net pour le chauffage au bois est de 40 kg de CO<sub>2</sub> émis par MWh.

Ainsi l'utilisation du bois permet de diviser les émissions de CO<sub>2</sub> par 12 par rapport au fioul et par 6 par rapport au gaz.

<https://presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2014/11/guide-pratique-se-chauffer-au-bois.pdf>

### Données :

- Bois : assimilé ici à de la cellulose de formule brute C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub> ;
- Énergie libérée par la combustion, par kilogramme de bois (pouvoir calorifique) : PC = 4,0 kWh.kg<sup>-1</sup> ;
- Masses molaires : M(C) = 12,0 g.mol<sup>-1</sup> ; M(H) = 1,0 g.mol<sup>-1</sup> ; M(O) = 16,0 g.mol<sup>-1</sup> .

2.1. Montrer que la quantité de matière de bois nécessaire à l'obtention d'une d'énergie de valeur 1 MWh est proche de  $1,5 \times 10^3$  mol.

2.2. Calculer alors la masse de dioxyde de carbone libérée lors de la combustion du bois afin d'obtenir 1MWh d'énergie.

2.3. Expliquer pourquoi la valeur trouvée est très supérieure à celle donnée par l'ADEME.

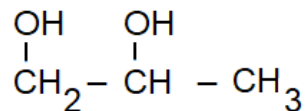
Expliquer l'intérêt écologique d'avoir installé un poêle à bois au refuge plutôt qu'un autre système de chauffage (fioul ou gaz).

## 3. Aspect « thermique » des panneaux

Les panneaux solaires thermiques fonctionnent grâce à un fluide caloporteur (mélange eau-propylène glycol) qui y circule et est chauffé par le rayonnement solaire. Cette énergie thermique est ensuite fournie au ballon d'eau chaude.

### Données :

- Formule semi-développée de la molécule de propylène glycol :



Propriétés du propylène glycol	
Température de fusion	-59 °C
Température d'ébullition	188,2 °C
Miscibilité	Miscible à l'eau, l'acétone et l'éthanol
Masse volumique	1036 kg.m <sup>-3</sup>

- 3.1.** Recopier la formule semi-développée de la molécule de propylène glycol et entourer les groupes caractéristiques. Nommer ce(s) groupe(s).
- 3.2.** Expliquer pourquoi on ne peut pas utiliser l'eau pure comme fluide caloporteur, notamment dans le cas d'un refuge de montagne et préciser l'intérêt d'employer le propylène glycol.

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2023**

## **SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

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 collègue » est autorisé.*

Chaque candidat est invité à faire figurer sur la copie toute trace de recherche, même incomplète ou non fructueuse, qu'elle ou il aura développée.

Il sera tenu compte de la clarté des raisonnements et de la qualité de la rédaction dans l'appréciation des copies.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1 / 10 à 10 / 10.

## EXERCICE 1 (4 points)

### Changement de carburant d'un moteur thermique

Il est parfois possible d'adapter le moteur des voitures au carburant utilisé. Par exemple, un moteur qui accepte de l'essence sans plomb comme carburant peut accepter de l'éthanol après adaptation. Cet exercice propose d'en étudier deux conséquences : l'une sur l'émission, par kilomètre parcouru, de dioxyde de carbone du moteur et l'autre sur la montée en température du moteur.

#### Données sur l'éthanol

Formule brute	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O
Formule développée	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Masse volumique	$\rho_{\text{éthanol}} = 0,789 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$

#### Combustion de l'éthanol

1. Écrire une formule semi-développée de l'éthanol.
2. Entourer le groupement caractéristique sur la formule semi-développée et nommer la famille chimique correspondante.

*Les produits de la réaction de combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène O<sub>2</sub>(g) de l'air sont deux gaz : le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau.*

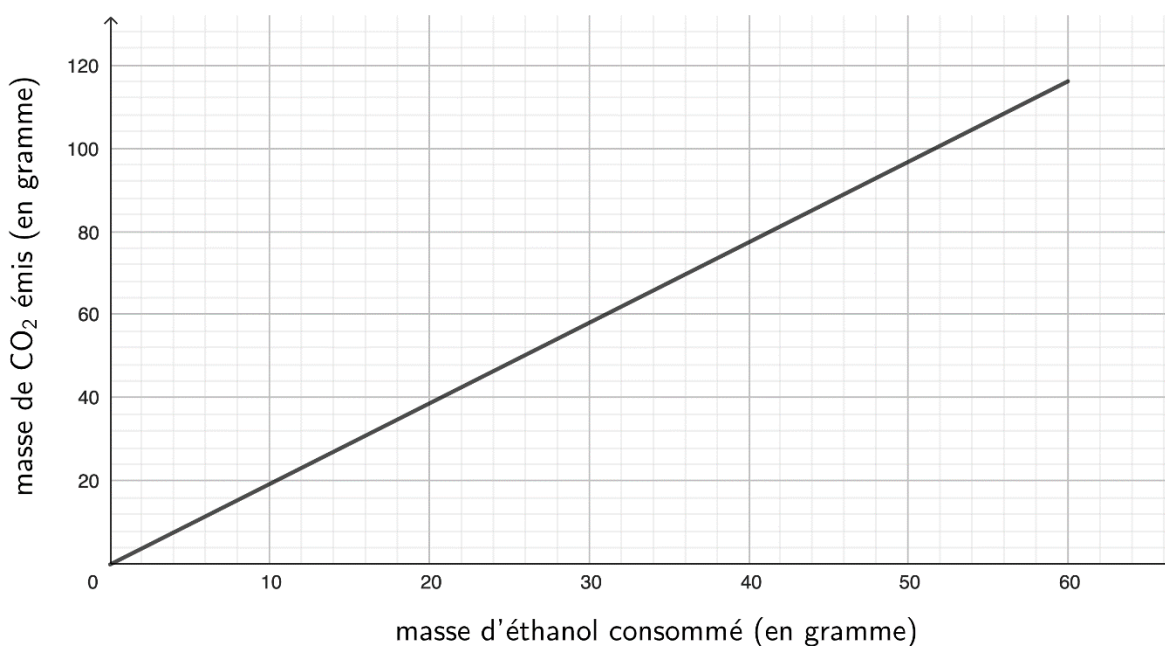
3. Écrire l'équation de réaction de combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène de l'air.

#### Émission de dioxyde de carbone

*La consommation moyenne du moteur, pour cent kilomètres parcourus par cette voiture, est de 6,1 litres d'éthanol. La combustion est considérée comme complète.*

4. Vérifier que la masse d'éthanol consommé par le moteur est de 48 g pour un kilomètre.

La masse de  $\text{CO}_2$  émis par le véhicule est proportionnelle à la masse d'éthanol consommé. Cette situation est représentée ci-dessous.



5. Déterminer la masse de dioxyde de carbone émis par le moteur fonctionnant à l'éthanol, pour un kilomètre parcouru.

La masse de dioxyde de carbone émis par le moteur est voisine de 110 g, pour un kilomètre parcouru, lorsque le carburant utilisé est de l'essence sans plomb.

6. Comparer l'émission de dioxyde de carbone selon le carburant utilisé.

### Montée en température du moteur

La température du moteur (exprimée en  $^{\circ}\text{C}$ ) est modélisée par une fonction  $\theta$  dépendant du temps (exprimé en secondes) écoulé depuis le démarrage du moteur. On admet que la fonction  $\theta$ , définie et dérivable sur  $[0 ; +\infty[$ , est une solution sur cet intervalle de l'équation différentielle suivante :

$$y' = -\frac{1}{180}y + \frac{4}{9}$$

7. Déterminer les solutions sur  $[0 ; +\infty[$  de cette équation différentielle.

À  $t = 0$ , la température du moteur est de  $20^{\circ}\text{C}$ .

8. Montrer alors que la fonction  $\theta$  est définie sur  $[0 ; +\infty[$  par :

$$\theta(t) = 80 - 60 e^{-\frac{1}{180}t}$$

9. Résoudre sur  $[0 ; +\infty[$  l'équation  $\theta(t) = 79$ .

Le changement de carburant ne doit pas modifier la montée en température du moteur. La température optimale de fonctionnement du moteur est de  $79^{\circ}\text{C}$ . Cette température doit être atteinte en moins de vingt minutes.

10. Indiquer si cette condition est respectée.

## EXERCICE 2 (6 points)

### Douche solaire

Les douches solaires fournissent de l'eau chauffée par les rayons du soleil. Elles sont constituées d'un réservoir souple et d'une douchette.



Cet exercice propose d'étudier expérimentalement l'effet du choix de la couleur noire du réservoir sur le rendement thermique de la douche.

1. Indiquer, en justifiant, un mode de transfert thermique mis en jeu pour chauffer l'eau contenue dans cette douche solaire.

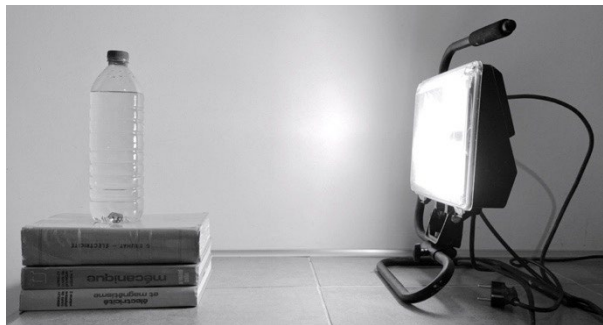
### Document 1 : protocole expérimental

L'expérience est réalisée successivement avec trois bouteilles de base carrée et de dimensions identiques : une bouteille transparente non peinte, une bouteille peinte en blanc et une bouteille peinte en noir.

Chacune est remplie d'environ un litre d'eau et elles sont exposées successivement pendant 30 minutes à la lumière d'une lampe. La masse d'eau est déterminée par pesée (après tarage des bouteilles) et la température de l'eau est relevée avant et après l'exposition.

Un solarimètre mesure la puissance surfacique reçue par la surface de la bouteille exposée au rayonnement de la lampe.

### Photographie du montage réalisé



2. Schématiser, selon une vue de dessus, le montage réalisé en indiquant :
  - la distance  $d$  entre la lampe et la bouteille ;
  - la position du solarimètre pour mesurer la puissance surfacique reçue par la bouteille.

Afin de pouvoir déterminer le rendement thermique, il est nécessaire de s'assurer que la puissance surfacique du rayonnement reçu par la bouteille est constante.

## Document 2 : caractéristiques techniques du solarimètre

Unité de mesure :  $W \cdot m^{-2}$

Plage de mesure : jusqu'à  $1999 W \cdot m^{-2}$

Précision :  $\pm 5 \%$  de la valeur lue.

Cette précision indiquera l'incertitude-type  $u(P)$  de la mesure.



La puissance surfacique  $P_S$  mesurée au début de l'expérience vaut  $985 W \cdot m^{-2}$ .

3. Calculer l'incertitude-type sur cette mesure.

4. Écrire le résultat de la mesure avec son incertitude-type.

À la fin de l'expérience, une deuxième mesure de la puissance surfacique donne  $992 W \cdot m^{-2}$ .

5. Justifier qu'on peut considérer que la puissance surfacique est la même pour ces deux mesures.

## Document 3 : résultats expérimentaux

La surface de la bouteille exposée à la lumière est assimilée à un rectangle de largeur 6,5 cm et de longueur 21,0 cm.

Couleur de la bouteille	Blanche	Noire	Non peinte
Masse d'eau (en g)	999,0	999,7	998,4
Température initiale de l'eau (en °C)	17,3	16,8	17,5
Température finale de l'eau (en °C)	20,0	21,7	21,1
Rendement thermique	47 %	?	60 %

6. Indiquer le rôle de la bouteille non peinte.

7. Interpréter la différence de rendement thermique entre la bouteille blanche et la bouteille non peinte.

Dans la suite de l'exercice, on prend pour valeur de la puissance surfacique :

$$P_S = 985 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}.$$

8. Montrer que, pour la durée d'exposition de 30 minutes, l'énergie lumineuse  $E$  reçue par chaque bouteille est égale à 24 kJ.

9. Calculer le transfert thermique  $Q$  reçu par l'eau dans la bouteille noire pendant son élévation de température.

Donnée : capacité massique thermique de l'eau  $c_{eau} = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ .

10. Donner la formule littérale du rendement thermique pour la bouteille noire et montrer qu'il est voisin de 85 %.

11. Conclure sur l'intérêt de choisir des réservoirs noirs.

### Exercice 3 (4 points)

Les questions 1 et 2 sont indépendantes.

#### Question 1

On désigne par  $i$  le nombre complexe de module 1 et d'argument  $\frac{\pi}{2}$ .

Soient  $z_1$  et  $z_2$  les nombres complexes définis par :

$$z_1 = \sqrt{2} + i\sqrt{2} \quad \text{et} \quad z_2 = e^{i\frac{\pi}{12}}$$

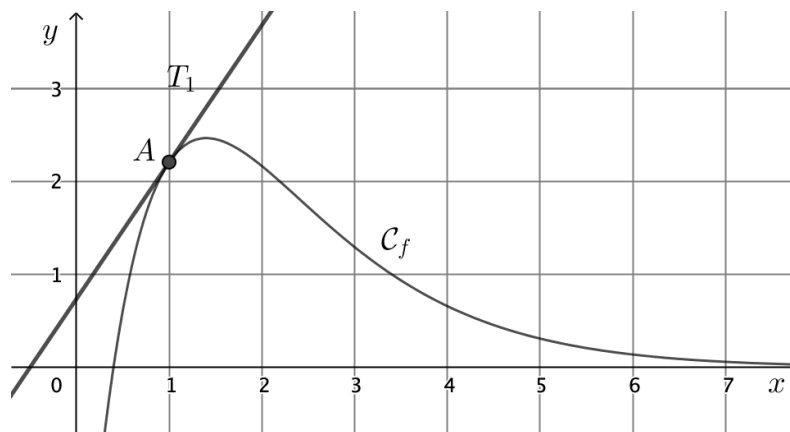
- Écrire  $z_1$  sous forme exponentielle, en détaillant les calculs.
- Montrer que  $2z_2^3 = z_1$ .

#### Question 2

Soit la fonction  $f$  définie pour tout réel  $x$  par  $f(x) = (10x - 4)e^{-x}$ .

On nomme  $\mathcal{C}_f$  la courbe représentative de la fonction  $f$  donnée dans le repère ci-dessous.

La droite  $T_1$  est la tangente à la courbe  $\mathcal{C}_f$  au point  $A$  d'abscisse 1 et on admet que la dérivée de  $f$  est définie pour tout réel  $x$  par  $f'(x) = (-10x + 14)e^{-x}$ .



- Calculer la valeur exacte de l'ordonnée du point  $A$ .
- Calculer  $f'(1)$ .  
Interpréter graphiquement cette valeur.
- La courbe représentative de la fonction  $f$  suggère l'existence d'un maximum sur l'intervalle  $[1; 2]$ .  
Quelle est la valeur exacte de ce maximum ?

## Exercice 4 (6 points)

### Transmettre de la musique depuis le vide de l'espace vers la Terre

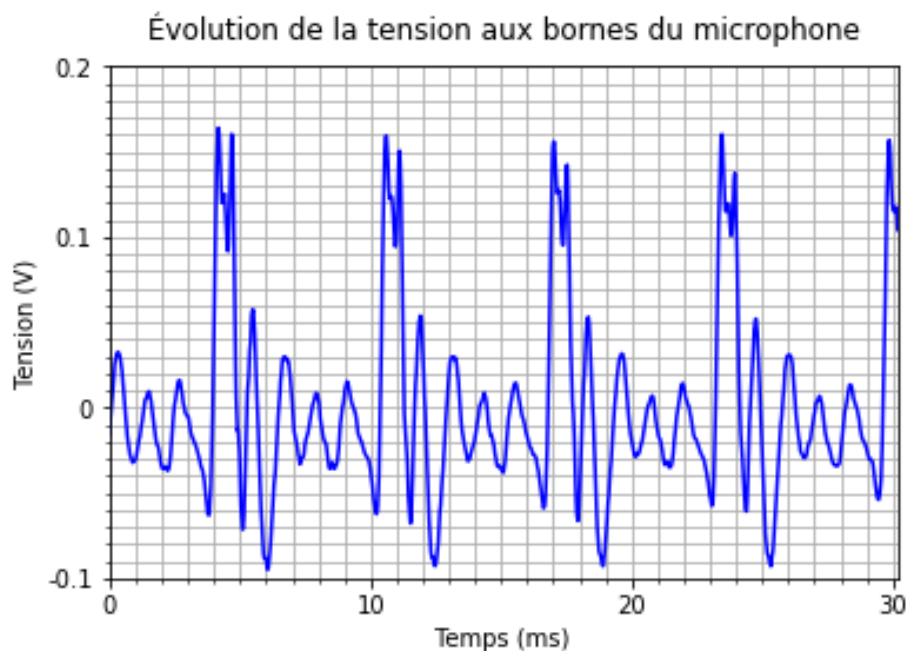
L'astronaute français Thomas Pesquet a emporté un saxophone dans la station spatiale internationale (ISS) en 2021. Il y a joué un morceau retransmis lors de la cérémonie de clôture des Jeux olympiques de Tokyo.



© ESA

1. Exposer un argument scientifique pouvant expliquer pourquoi la musique produite par le saxophone à bord de l'ISS ne peut pas se propager directement jusqu'à la Terre.

*Afin de pouvoir transmettre la musique jusqu'à la Terre, il est nécessaire de convertir les ondes sonores en ondes électromagnétiques. La première étape est l'enregistrement du son par un microphone. Un extrait de l'enregistrement est donné par le graphique ci-après.*



*La note « ré2 dièse » a pour fréquence 155,6 Hz.*

2. Calculer la période d'une note « ré2 dièse ».
3. Vérifier, en expliquant votre démarche, que la note enregistrée est un « ré2 dièse ».

L'onde électromagnétique générée directement à partir de l'onde sonore est de même fréquence fondamentale.

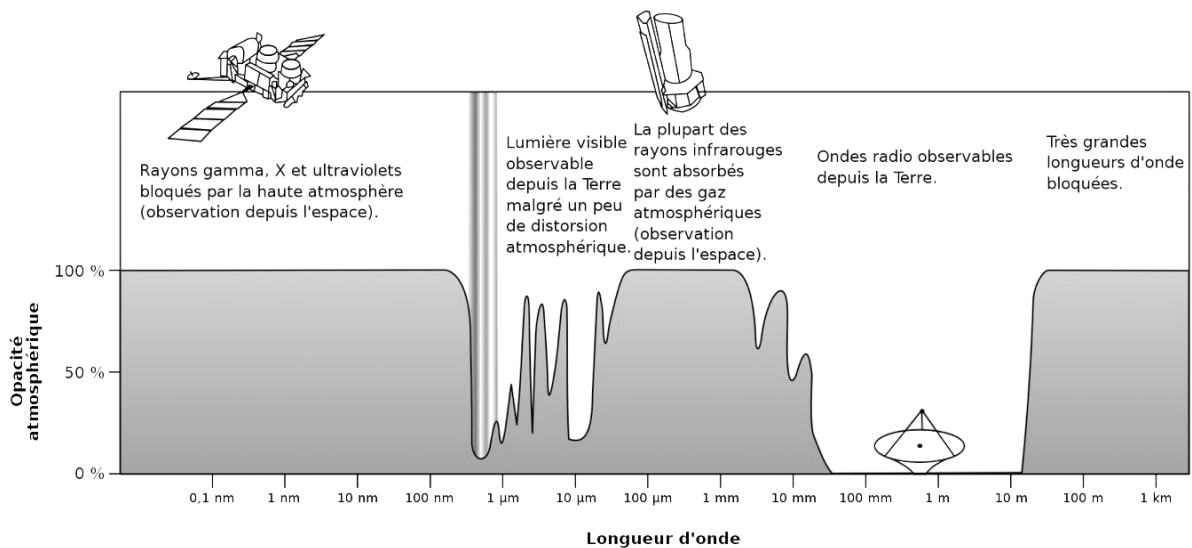
Donnée : célérité de la lumière dans le vide  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

4. Calculer la longueur d'onde dans le vide  $\lambda$  de cette onde électromagnétique.

L'atmosphère terrestre n'est totalement transparente (par opposition à opaque) que pour les ondes électromagnétiques dites « ondes radio ».

Le schéma du document ci-dessous donne l'évolution de l'opacité de l'atmosphère aux ondes électromagnétiques spatiales en fonction de leur longueur d'onde dans le vide.

### Document : absorption par l'atmosphère des ondes électromagnétiques provenant de l'espace

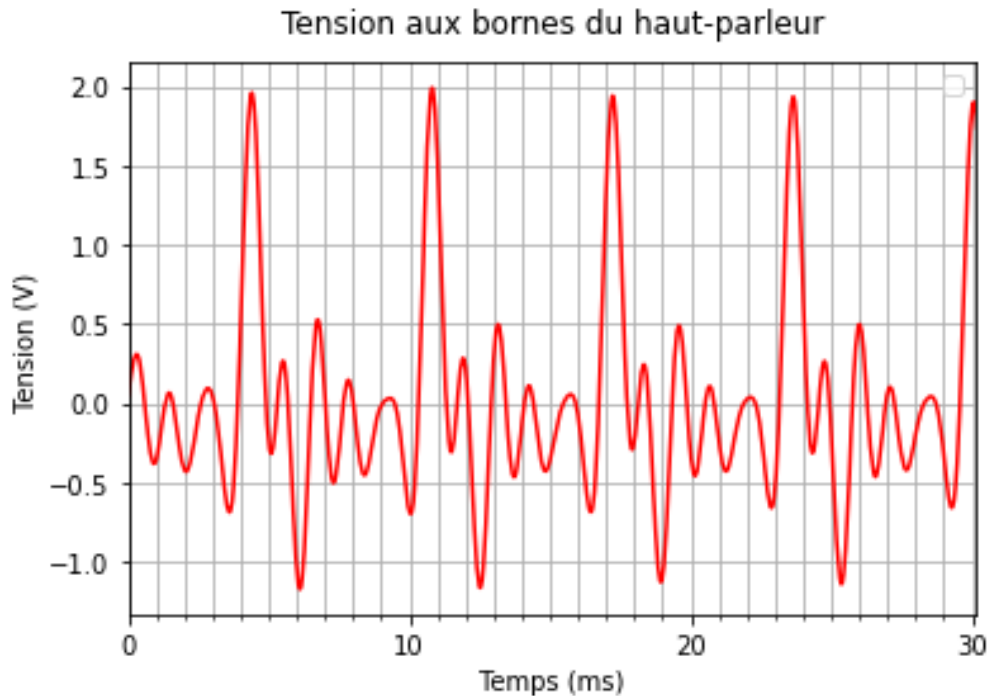


Wikipédia Article « [Atmosphère terrestre](#) » – Original ©NASA

5. Déterminer si l'onde électromagnétique générée directement à partir de l'onde sonore peut être transmise dans l'atmosphère terrestre.

*Pour transmettre des ondes électromagnétiques depuis l'ISS, on utilise la modulation d'une onde porteuse choisie dans le domaine des ondes radio.*

*La tension électrique obtenue après traitement du signal reçu par l'antenne alimente les haut-parleurs qui vont permettre d'écouter la musique sur Terre. L'enregistrement de cette tension électrique est donné ci-après.*



*La transmission du signal est de bonne qualité quand elle conserve la hauteur et le timbre du son.*

6. En comparant l'enregistrement du son avant sa transmission avec le signal reçu sur la Terre, conclure sur la qualité de la transmission du son par la méthode utilisée.

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2023**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

Coefficient : **16**

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 collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

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

## EXERCICE 1 (4 points)

(physique-chimie et mathématiques)

### Bouteille isotherme avec indicateur de température interne

Une bouteille isotherme est conçue pour conserver des boissons chaudes ou froides. Une entreprise a développé une bouteille isotherme avec un afficheur de la température de la boisson. À l'issue de la réalisation d'un prototype, les techniciens réalisent une série de tests pour contrôler la qualité du produit. Les deux critères ci-dessous restent à valider pour respecter le cahier des charges de l'entreprise et ainsi passer à la mise en place de la chaîne de production industrielle.

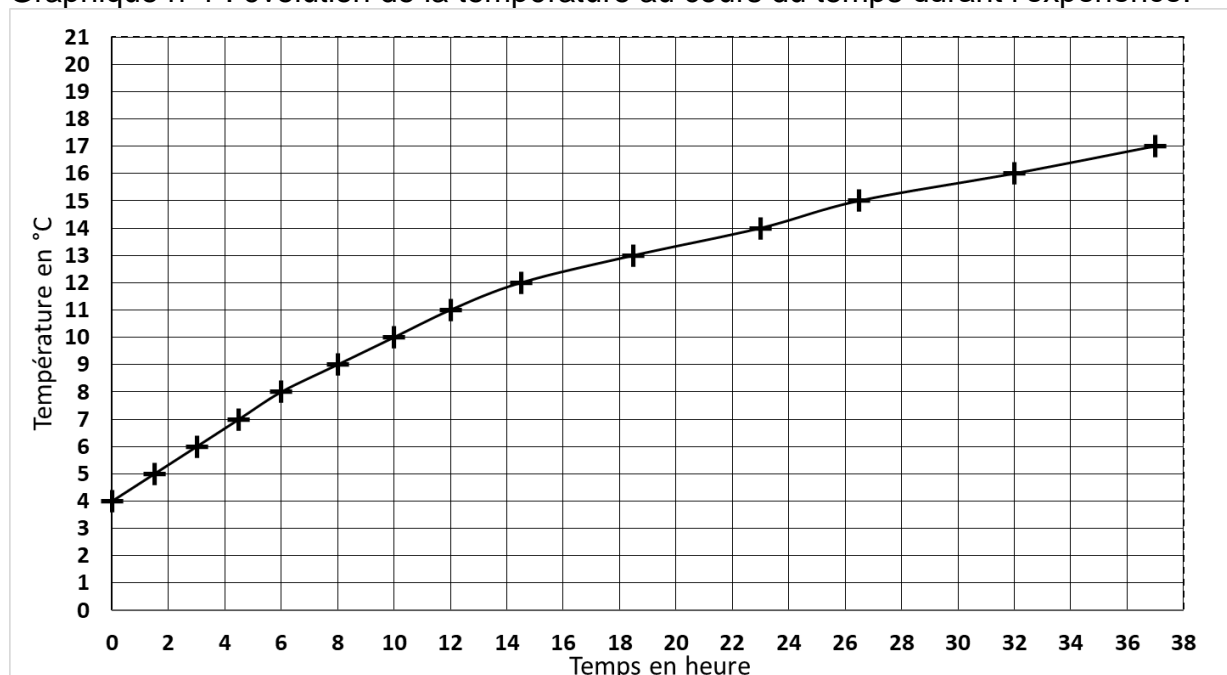


**Critère n°1 :** la variation de température d'une boisson doit être inférieure ou égale à 5 °C avec une tolérance de 0,5 °C au bout de 8 heures pour une température extérieure de  $\theta_{\text{ext}} = 20,0$  °C.

**Critère n°2 :** la variation de la température ne doit pas excéder 1 °C·h<sup>-1</sup>.

La bouteille isotherme possède une sonde de température sur la face interne du bouchon et un afficheur sur sa face externe. Après avoir rempli et refermé la bouteille, un technicien relève la température indiquée sur l'afficheur de la bouteille pendant une durée totale de 37 heures. La température extérieure est maintenue à 20 °C durant toute l'expérience.

Graphique n°1 : évolution de la température au cours du temps durant l'expérience.



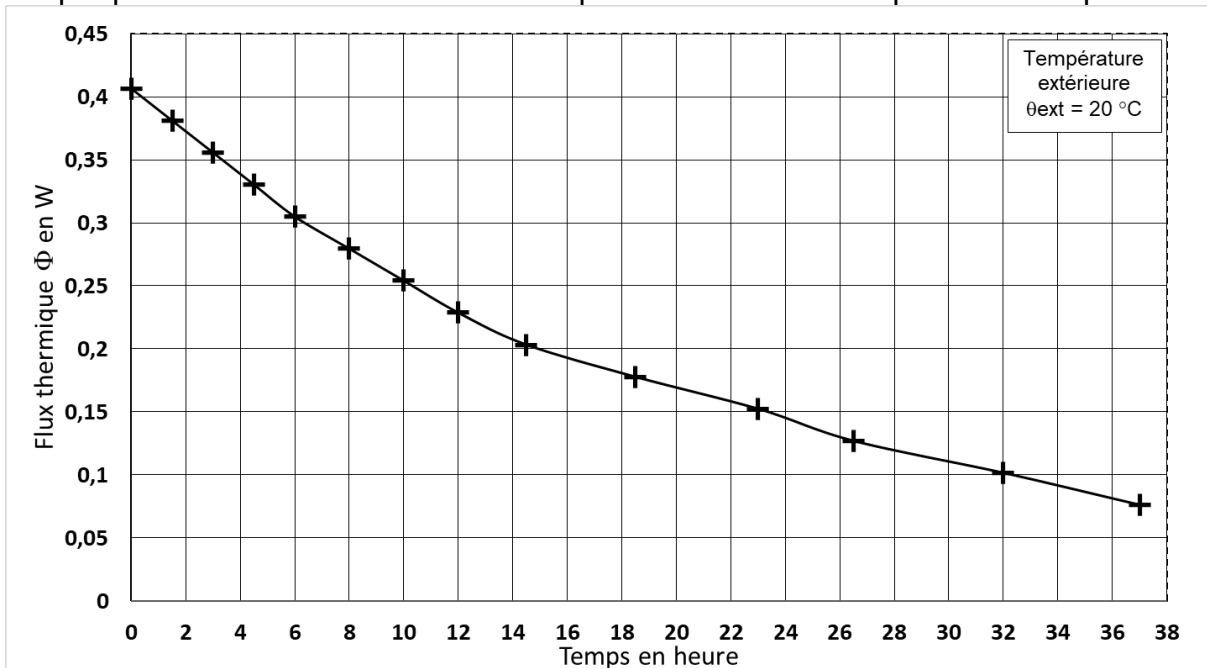
1. À partir des mesures effectuées, indiquer la valeur de la température initiale de la boisson dans la bouteille ainsi que le sens du transfert thermique à travers les parois de la bouteille isotherme.

2. À partir du graphique n°1, établir si l'entreprise va pouvoir commencer la production de cette bouteille isotherme en l'état ou si les ingénieurs doivent encore faire évoluer le produit.

Définition du flux thermique :

$\Phi = \frac{S \times (\theta_{\text{ext}} - \theta)}{R}$	$\Phi$ : flux thermique à travers la paroi (en W)
	$S$ : surface de la bouteille $S = 4,32 \times 10^{-2} \text{ m}^2$
	$\theta_{\text{ext}}$ : température extérieure (en °C)
	$\theta$ : température de la boisson (en °C)
	$R$ : résistance thermique de la paroi (en $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ )

Graphique n°2 : évolution du flux thermique  $\Phi$  au cours du temps durant l'expérience.



3. Justifier l'allure de la courbe en donnant l'évolution du flux thermique au cours du temps.
4. Calculer la résistance  $R$  des parois en relevant, sur les deux graphiques, les valeurs du flux thermique et de la température de la boisson à un instant donné.
5. Comparer la résistance thermique obtenue avec celles du tableau ci-dessous puis en déduire la constitution des parois de la bouteille.

Matériau (même épaisseur que la paroi de la bouteille)	$R$ en $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
Liège expansé	0,175
Polystyrène expansé	0,184
Air	0,292
Polyuréthane	0,318
Vide	supérieure à 1,40

On souhaite vérifier le critère n°1 dans le cas d'une boisson chaude.

L'évolution de la température (en °C ) de la boisson en fonction du temps (en heure) est modélisée par la fonction  $f$  solution de l'équation différentielle suivante :

$$(E) : y' = - 0,044y + 0,88 \text{ où } y \text{ est une fonction définie sur } \mathbb{R} \text{ et } y' \text{ sa dérivée.}$$


6. Déterminer l'ensemble des solutions de l'équation différentielle (E).
7. Sachant que la température initiale de la boisson est de 60°C, montrer que  $f$  est définie sur l'intervalle  $[0 ; +\infty[$  par  $f(t) = 40e^{-0,044t} + 20$ .
8. En déduire la température de la boisson au bout de 8 heures. Indiquer si le critère n°1 est vérifié.

## EXERCICE 2 (6 points)

(physique-chimie)

### Poêle à granulés autonome

Le poêle à granulés est un appareil de chauffage exploitant l'énergie thermique issue de la combustion de granulés de bois. Il est employé en chauffage principal ou d'appoint.

<b>Poêle à granulés</b> 	<b>Puissance thermique :</b> 9,5 kW	<b>Consommation moyenne de combustible (granulés) :</b> 1,9 kg/h
	<b>Rendement :</b> 92,9 %	<b>Volume de chauffe maxi conseillé :</b> 235 m <sup>3</sup>
	<b>Température des fumées :</b> 161 C°	<b>Tension et fréquence d'alimentation :</b> 220V - 50 Hz
	<b>Taux de CO dégagé :</b> 14,5 %	<b>Consommation Min/Max :</b> 50 W / 340 W
		<b>Autonomie Max. :</b> 25,7 h
		<b>Énergie :</b> granulés

D'après [https://www.manomano.fr/p/optimo-poele-a-granules-rond-etanche-cristo-blanc-9kw-26868805?model\\_id=26849696](https://www.manomano.fr/p/optimo-poele-a-granules-rond-etanche-cristo-blanc-9kw-26868805?model_id=26849696)

Un cycle de chauffage se compose de 3 phases :

<b>Phase 1</b> 4 min	Une vis d'Archimède motorisée apporte les granulés jusqu'au creuset (foyer de combustion). Une résistance électrique chauffe les granulés afin de les enflammer et de démarrer la combustion.
<b>Phase 2</b> Durée variable	Le poêle chauffe l'habitat par une ventilation à air chaud circulant dans des tubes au-dessus du foyer. La vis d'Archimède motorisée continue à apporter les granulés. Un conduit permet d'apporter l'air extérieur jusqu'au creuset. Un autre ventilateur évacue la fumée.
<b>Phase 3</b> 20 min	La vis d'Archimède est arrêtée et n'apporte plus les granulés. La ventilation de la fumée fonctionne toujours. La ventilation de l'air chaud permet de refroidir le poêle.

1. Indiquer la nature (thermique, électrique, mécanique ou lumineuse) de la puissance consommée dans l'indication :

« Consommation Min/Max : 50 W / 340 W ».

On souhaite effectuer des mesures électriques.

2. Recopier et compléter le schéma ci-dessous en y ajoutant un voltmètre et un ampèremètre. Indiquer la position du sélecteur (DC ou AC).



Pour rendre le poêle à granulés complètement autonome, l'alimentation électrique est assurée par une batterie. Cette batterie est rechargée par un panneau photovoltaïque au cours de la journée.

À la sortie de la batterie, un dispositif convertit « le 12 V<sub>DC</sub> en 230 V<sub>AC</sub> ».

3. Expliquer ce que signifient ces indications.

En plus du voltmètre et de l'ampèremètre, on ajoute un wattmètre afin de mesurer la puissance électrique consommée par le poêle.

Les mesures effectuées pour un cycle de fonctionnement sont indiquées ci-dessous.

	Durée (en min)	$P$ (en W)	$U$ (en V)	$I$ (en A)
Phase 1	4	335	234	1,44
Phase 2	480	48,1	234	2.05
Phase 3	20	58,0	234	1.55

La notice du wattmètre indique une précision de  $\pm 0,5\% + 10$  digits.

4. Déterminer la précision  $\Delta$  de la mesure de la puissance lors de la phase 1 ainsi que l'incertitude-type :

$$u(P) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$

Exprimer cette mesure sous la forme  $P \pm u(P)$  où ce qui suit le  $\pm$  correspond à l'incertitude-type.

5. Calculer le produit  $U \times I$  lors de la phase 1.
6. Estimer l'écart entre ce produit et la valeur de  $P$  en nombre d'incertitudes-types. Conclure et interpréter.
7. Indiquer pourquoi le produit  $U \times I$  est très différent de la puissance  $P$  mesurée lors des deux autres phases.
8. Déterminer l'énergie électrique (en J) consommée pour un cycle de fonctionnement.
9. En déduire la puissance électrique moyenne consommée par le poêle à granulés. Comparer cette valeur aux données du constructeur.

### Tension de sortie

En réalité, la tension électrique produite par le dispositif en sortie de la batterie n'est pas sinusoïdale.



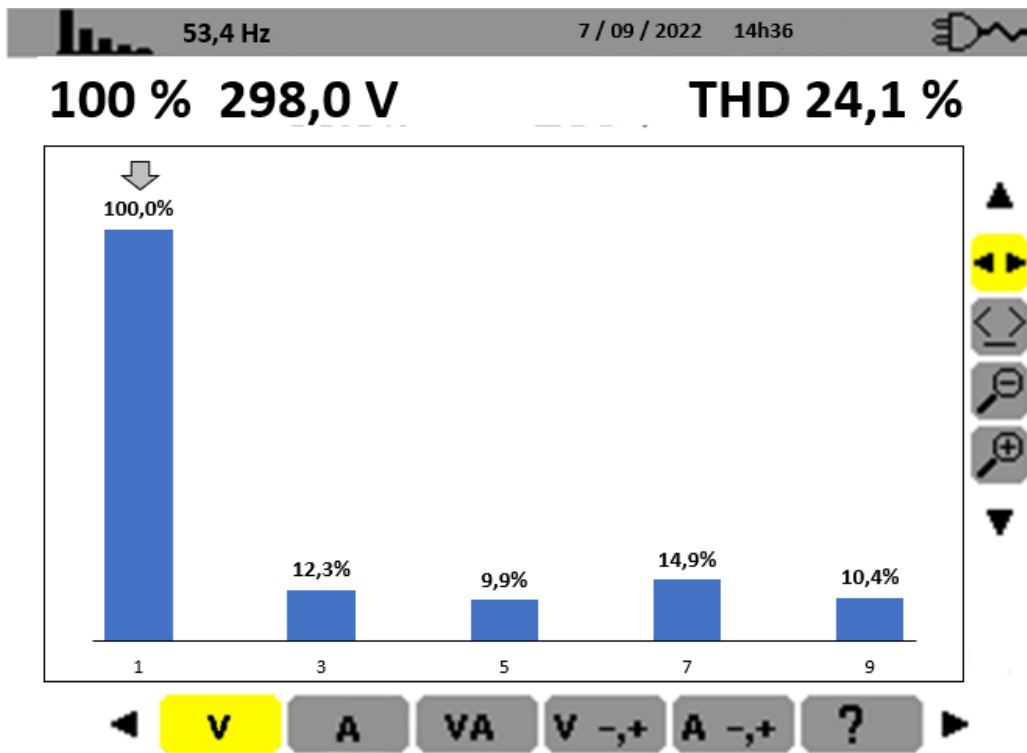
Base de temps (abscisses) :  
2 ms/division

Calibre de tension (ordonnées) :  
100 V/division

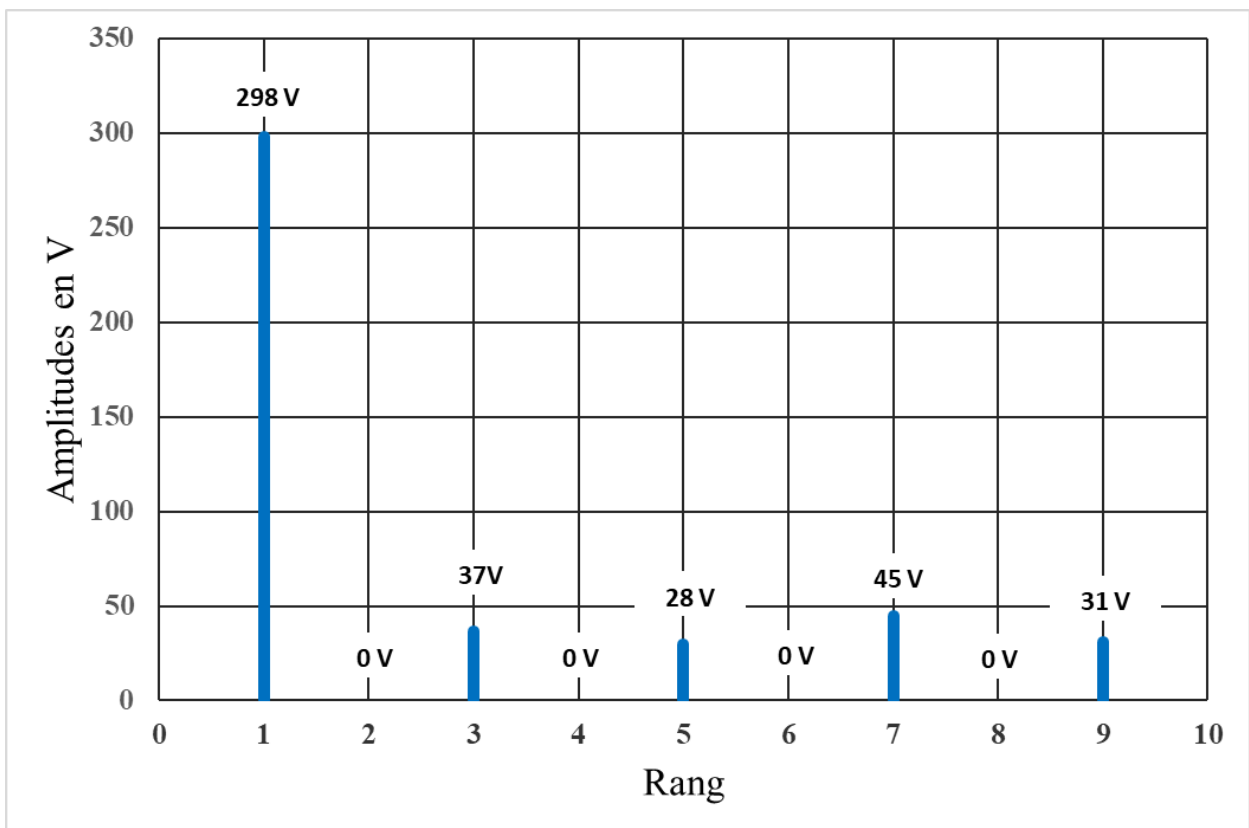
1 division  $\Leftrightarrow$  1 carreau

10. Déterminer la période de la tension visualisée sur l'oscilloscope et en déduire la fréquence (en Hz).

La mesure du spectre se fait à l'aide d'un appareil réalisant la fonction "analyseur de spectre".



Le spectre d'amplitude de la tension à la sortie du dispositif est représenté ci-dessous :



11. Déterminer la fréquence  $f_3$  de l'harmonique de rang 3 sachant que la fréquence du fondamental est  $f_1 = 50$  Hz.

Le taux de distorsion harmonique *THD* (*Total Harmonic Distortion* en anglais) est un indicateur de la distorsion d'un signal par rapport à une forme sinusoïdale. Il s'exprime en %.

$$THD = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + A_5^2 + \dots}}{A_1}$$

avec

$A_1$  : amplitude du fondamental ;  
 $A_2, A_3, \dots$  : amplitudes des harmoniques.

Plus le réseau électrique est « pollué » (*THD* élevé), plus il y a d'harmoniques et plus cela génère des dysfonctionnements et des échauffements dans les récepteurs et appareillages. La distorsion du signal est ainsi une cause de pertes énergétiques.

12. Vérifier par un calcul le *THD* indiqué par l'analyseur de spectre en utilisant le spectre d'amplitude.
13. Dans le cas d'un signal purement sinusoïdal, indiquer ce que serait la valeur du *THD*.

### EXERCICE 3 (4 points)

(Mathématiques)

#### Question 1

Simplifier l'écriture de l'expression suivante :  $A(x) = -\ln(9) + 2 \ln(3x)$ .

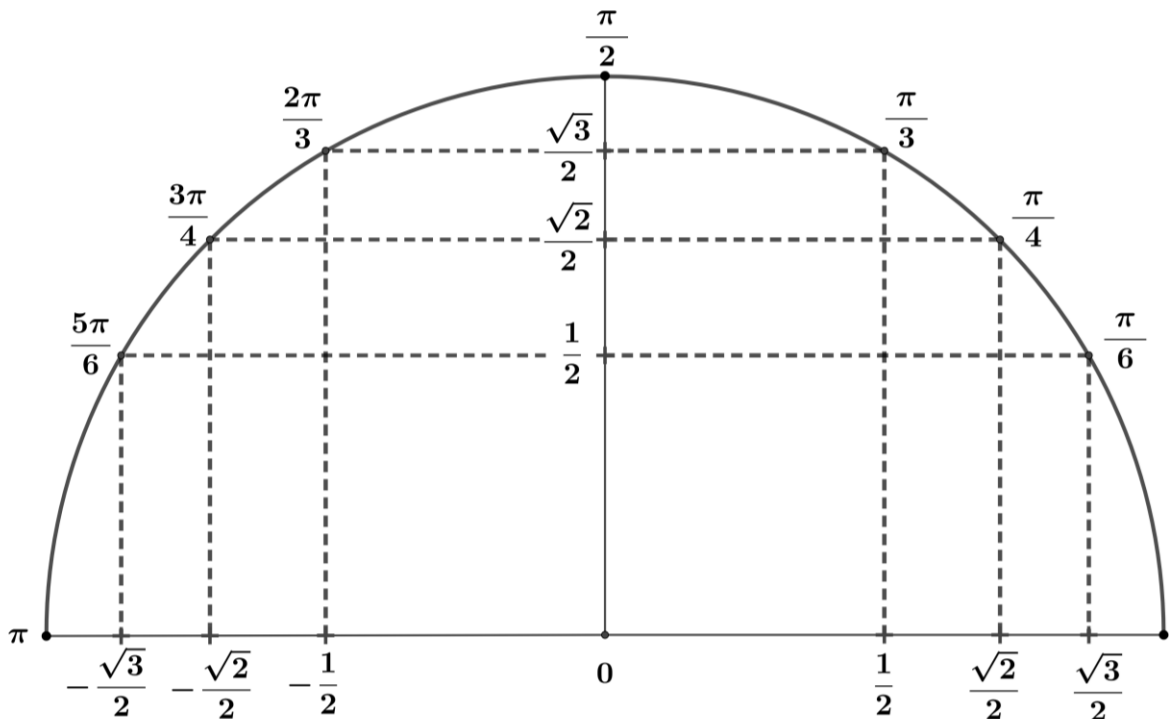
#### Question 2

Le plan complexe est rapporté à un repère orthonormé  $(O; \vec{u}, \vec{v})$ .

Le point  $M$  d'affixe  $z_M$  vérifie les conditions suivantes :

- $M$  appartient au cercle de centre  $O$  et de rayon  $6$  ;
- la partie réelle de  $z_M$  est négative ;
- la partie imaginaire de  $z_M$  est égale à  $3$ .

1. Soit  $\theta$  la mesure dans  $[0 ; 2\pi[$  de l'argument du nombre complexe  $z_M$ . Déterminer  $\sin(\theta)$ .
2. À l'aide du demi-cercle trigonométrique ci-dessous, donner la valeur exacte de  $\theta$ . Justifier.
3. En déduire l'écriture exponentielle de  $z_M$ .



### Question 3

Soit  $f$  la fonction définie sur  $\mathbb{R}$  par  $f(x) = e^{0,01x} - 2$ .  
On admet que la fonction  $f$  est croissante sur  $\mathbb{R}$ .

1. On cherche à déterminer le plus petit entier naturel  $N$  qui vérifie  $f(N) > 98$ .  
Recopier et compléter la ligne 4 de l'algorithme ci-dessous écrit en langage Python afin que celui-ci détermine la valeur de  $N$ .

```
1 from math import*
2 def seuil():
3     n=0;y=-1
4     while y.....:
5         n=n+1
6         y=exp(0.01*n)-2
7     return n
```

2. Résoudre algébriquement dans  $\mathbb{R}$  l'inéquation  $f(x) > 98$ .

### Question 4

On injecte dans la circulation sanguine d'un patient une solution contenant un marqueur afin de réaliser une exploration de la thyroïde.

La concentration dans le sang en  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , après injection, est modélisée par la fonction  $f$  définie sur  $[0 ; +\infty[$  par  $f(t) = 7,88t^2e^{-0,75t}$ , où  $t$  est le temps exprimé en heure.

On admet que la fonction  $f$  est dérivable sur  $[0 ; +\infty[$  et que sa dérivée  $f'$  vérifie :

$$f'(t) = t(-5,91t + 15,76)e^{-0,75t}.$$

1. Dresser le tableau de variations de la fonction  $f$ . On ne demande pas la limite en  $+\infty$ .
2. L'examen doit être effectué lorsque la concentration dans le sang du marqueur est maximale. Justifier que l'examen doit être réalisé entre 2 et 3 heures après l'injection.

## EXERCICE 4 (6 points)

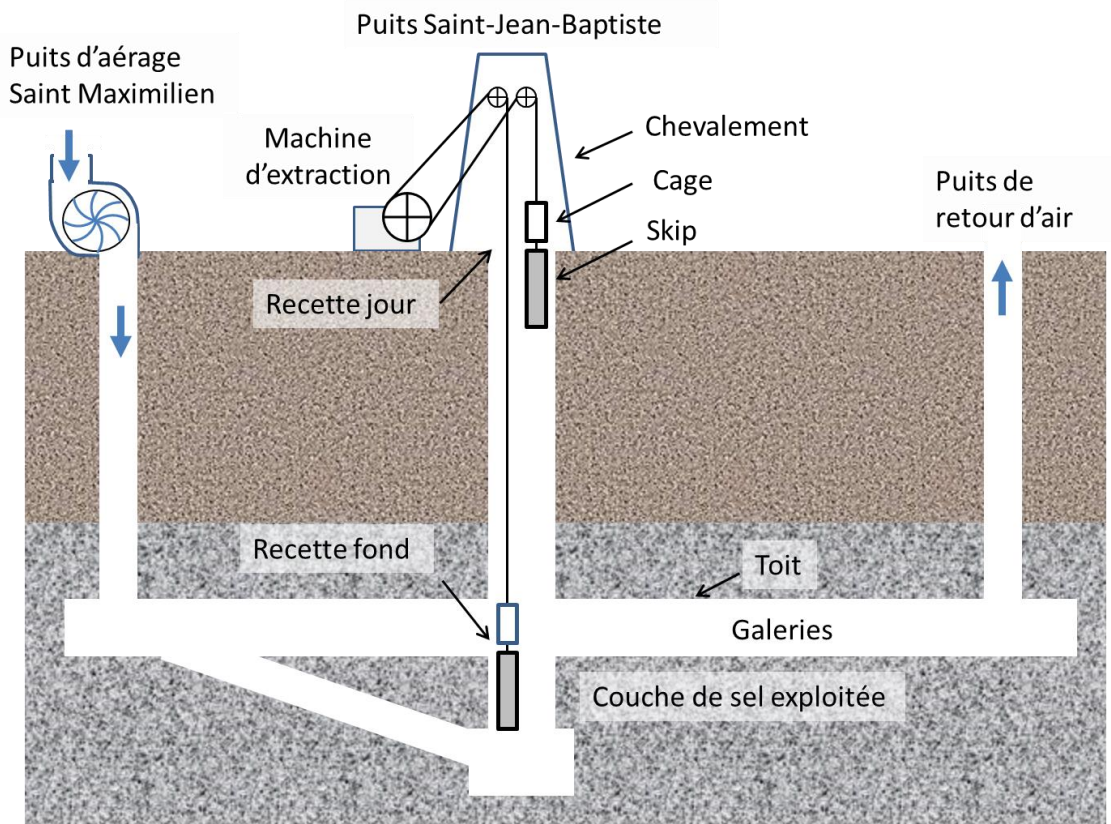
(physique-chimie)

### Mine de sel

La mine de sel de Varangéville, située dans la région Grand Est, est la dernière mine en activité en France métropolitaine.

À Varangéville, les galeries d'exploitation sont constituées d'un maillage de piliers en sel qui soutiennent et sécurisent le toit de la mine. Chaque puits de la mine est soigneusement protégé des infiltrations d'eau.

Schéma de principe de la mine :



Les galeries de la mine de sel se situent à 160 m sous la terre. Pour y accéder, les mineurs utilisent une cage d'ascenseur qui descend dans le puits Saint Jean-Baptiste. Cette cage surmonte un skip (haute boîte en aluminium qui sert au transport du sel).

Un deuxième ensemble identique (cage + skip) contrebalance le premier. Lorsqu'un skip arrive à la recette jour chargé de sel, l'autre arrive simultanément à la recette fond.

La vitesse du dispositif est adaptée à l'usage qui en est fait. Pour le sel, la vitesse maximale est de  $7,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  alors qu'elle n'est que de  $4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  pour les mineurs.

### Données :

- intensité de la pesanteur  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
- masse volumique du sel à température ambiante :  $\rho_{\text{sel}} = 2,16 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$
- le sel se dissout facilement dans l'eau.

1. Expliquer pourquoi l'arrivée d'eau au niveau des galeries serait un réel danger pour la sécurité de la mine.

On s'intéresse à la remontée du sel depuis le fond de la mine.

2. Sachant que la capacité du skip est de  $1,85 \text{ m}^3$ , déterminer la masse de sel gemme que transporte un skip.

Pour simplifier, on considère que la masse du skip est négligeable par rapport à la masse du chargement de sel qu'il contient. On négligera également tous les frottements.

Par la suite, on considèrera le système {skip + chargement de sel}.

3. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le système et les représenter sur un schéma sans souci d'échelle.
4. Calculer le travail du poids du sel lors du transport de la recette fond à la recette jour.
5. Après avoir estimé la durée du trajet, calculer la puissance moyenne du poids lors de la remontée. Conclure sur la puissance minimale que doit fournir la machine d'extraction.

Dans la mine, les galeries sont creusées à l'aide d'explosif. La paroi à creuser est percée de 42 trous cylindriques. Ces trous sont remplis au total de 190 kg d'explosif.

L'explosif utilisé est l'ANFO (*ammonium nitrate fuel oil*). C'est une poudre constituée d'un mélange de deux espèces chimiques : un oxydant (le nitrate d'ammonium  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) et un réducteur (le fioul  $\text{C}_{12}\text{H}_{24}$ ). Suite à la mise à feu par l'amorce, la détonation est causée par la réaction chimique entre  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  et le fioul.

### Caractéristiques de l'ANFO :

Aspect : granulé

Couleur : rose

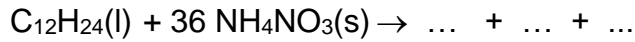
Énergie totale massique (énergies thermique et mécanique libérées lors de l'explosion) :  $3,8 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

Pression de détonation : 13,6 GPa

D'après [https://www.epc-france.com/userfiles/files/DTC\\_EXPLOSIFS/PRODUIT-NITRAL%20NITRO%20D8-FTC-0118-web.pdf](https://www.epc-france.com/userfiles/files/DTC_EXPLOSIFS/PRODUIT-NITRAL%20NITRO%20D8-FTC-0118-web.pdf)

6. Calculer l'énergie libérée par un tir de mine de 42 trous.

L'équation de la réaction ci-dessous présente le modèle idéal d'une transformation qui ne produit que du diazote  $N_2$ , du dioxyde de carbone et de l'eau (tous les produits étant à l'état gazeux) :



7. Recopier, compléter et ajuster l'équation de cette réaction.

La fracturation de la roche lors du tir est liée à la très forte augmentation de pression exercée dans chaque trou.

8. À partir de l'équation ci-dessus et des documents précédents, identifier les causes de cette augmentation de pression.

Un mélange est dit stœchiométrique si les réactifs sont pris dans les proportions indiquées par l'équation modélisant la transformation.

9. À partir de la première partie de l'équation de cette réaction, déterminer la masse de  $NH_4NO_3$  qu'il faut ajouter à 168 g de  $C_{12}H_{24}$  pour obtenir un mélange stœchiométrique.

**Données :** masses molaires  $M(C_{12}H_{24}) = 168 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$        $M(NH_4NO_3) = 80 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

10. En déduire le pourcentage en masse de chaque espèce dans le mélange stœchiométrique.

Pour être encore plus efficace, le mélange est constitué de 6% de fioul et de 94% de  $NH_4NO_3$  (pourcentages en masse).

11. En déduire l'espèce ajoutée en excès dans le mélange ANFO. Conclure.

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2023**

## **SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

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 collègue » est autorisé.*

Chaque candidat est invité à faire figurer sur la copie toute trace de recherche, même incomplète ou non fructueuse, qu'elle ou il aura développée.

Il sera tenu compte de la clarté des raisonnements et de la qualité de la rédaction dans l'appréciation des copies.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 8 pages numérotées de 1 / 8 à 8 / 8.

## EXERCICE 1 (4 points)

### Sécurité d'un four à pyrolyse

Certains fours électriques possèdent un mode appelé pyrolyse qui facilite leur nettoyage. On peut lire dans une notice de constructeur :

« Durant l'opération de nettoyage par pyrolyse, la température du four peut monter jusqu'à 500°C. Pour votre sécurité, la porte du four se verrouille automatiquement pendant l'opération de nettoyage et le voyant "verrou" s'allume. Lorsque le four aura suffisamment refroidi, le système se déverrouillera et permettra à nouveau l'ouverture de la porte. »

Données :

- Masse du four : 35 kg
- Température de la pièce : 20°C

#### Capacité thermique massique du four

*Durant la montée en température, la consommation électrique du four est de 2,6 kWh. On suppose que cette énergie électrique est entièrement utilisée par la résistance chauffante du four pour le porter jusqu'à 500°C.*

1. Nommer l'effet thermique se produisant dans la résistance.
2. Convertir cette consommation électrique en joule.
3. Calculer la capacité thermique massique du four.

*La capacité thermique massique ainsi calculée intervient dans la modélisation de la phase de refroidissement du four.*

## Modélisation de la phase de refroidissement

La fonction  $\theta$ , représentée ci-dessous, modélise l'évolution de la température du four (exprimée en degré Celsius) en fonction du temps  $t$  (exprimé en minute) écoulé depuis la fin de la pyrolyse. L'instant initial  $t = 0$  correspond au début de la phase de refroidissement.

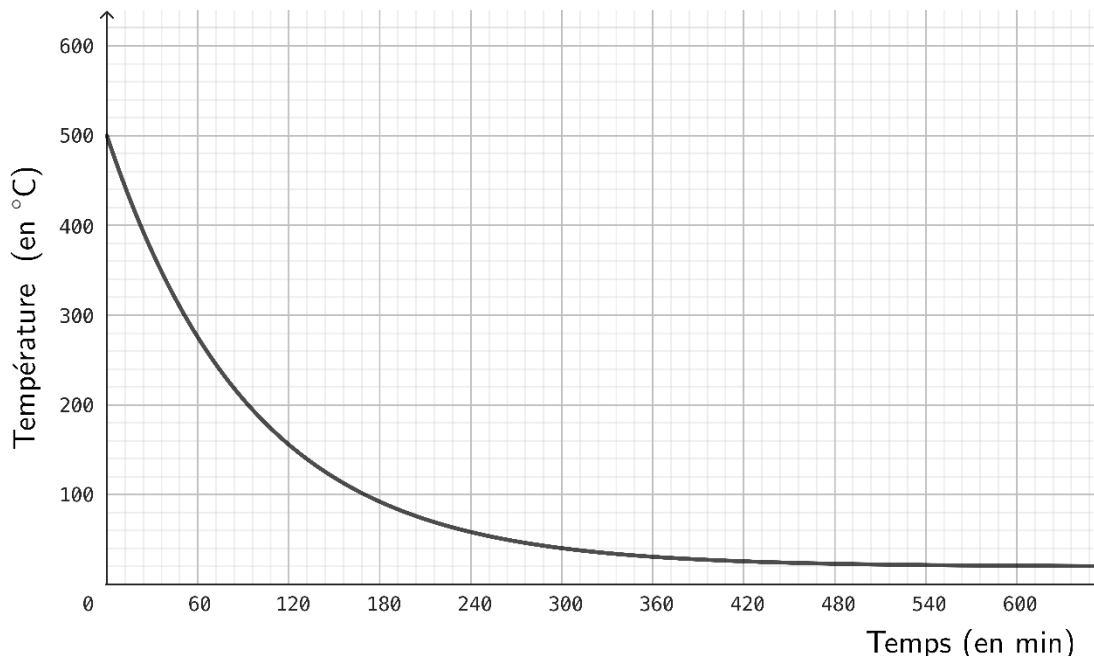


Figure 1 : évolution de la température en fonction du temps lors de la phase de refroidissement

- Déterminer graphiquement  $\lim_{t \rightarrow +\infty} \theta(t)$ .
- Interpréter cette limite dans le contexte de l'exercice.

La fonction  $\theta$  utilisée pour cette modélisation est définie sur  $[0 ; +\infty[$  par :

$$\theta(t) = 480 e^{-\frac{1}{95}t} + 20$$

- Calculer la valeur exacte de la solution de l'équation  $\theta(t) = 280$ .

Pour des raisons de sécurité, le fabricant impose que la porte du four reste verrouillée tant que la température du four est supérieure à 280°C.

- Au bout de combien de temps la porte se déverrouille-t-elle ?

## EXERCICE 2 (6 points)

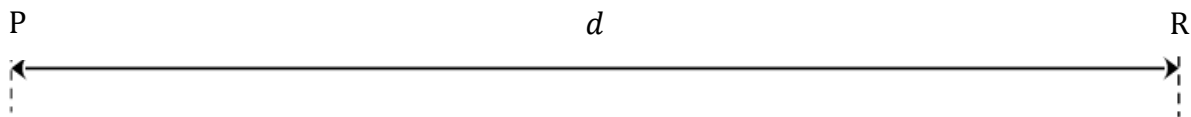
### Une mesure originale de température

Le robot Persévérance a pour mission de ramasser des échantillons de roches martiennes. Un rayonnement laser infrarouge est émis à intervalles de temps réguliers et casse les roches à collecter. Les roches émettent alors un son qui est capté par les microphones du robot.

Lors de l'analyse des enregistrements audio, les scientifiques ont mis en évidence des variations de température inattendues. Cette découverte repose sur la mesure de la vitesse de propagation des ondes sonores dépendante de la température.

Cet exercice propose de comprendre le principe de la mesure de la température à la surface de Mars en s'appuyant sur des expériences effectuées sur Terre.

Un schéma possible de l'expérience martienne est le suivant :



1. Expliciter ce que représentent P, R et  $d$  dans ce contexte après avoir reproduit le schéma.
2. Indiquer les lieux d'émission et de réception des ondes sonores sur le schéma.
3. Proposer une liste de matériel nécessaire pour vérifier expérimentalement au laboratoire l'affirmation : « la vitesse de propagation des ondes sonores dépend de la température ».

L'expérience de mesure de la vitesse de propagation du son dans l'air est conduite avec un émetteur et un récepteur à ultrasons. Elle a été reproduite en trois lieux différents d'un lycée : le laboratoire de physique, la chambre froide et le congélateur des cuisines. La distance entre l'émetteur et le récepteur est restée la même pour les trois expériences : 1,80 m.

Lieu	Température $\theta$ mesurée avec un thermomètre (°C)	Durée $\Delta t$ de propagation du son entre l'émetteur et le récepteur (ms)	Vitesse $v_{son}$ de propagation du son dans l'air ( $m \cdot s^{-1}$ )
Laboratoire	24,2	5,21	?
Chambre froide	9,0	5,38	335
Congélateur	-10,8	5,56	324

4. Déterminer la valeur expérimentale de la vitesse du son sur Terre à 24,2°C.

Lors de la collecte des échantillons de roches martiennes, le laser et le microphone sont synchronisés avec une précision de  $\pm 0,01$  ms sur la mesure de la durée de propagation du son.

5. Vérifier que la précision des valeurs mesurées sur Terre est du même ordre de grandeur que la précision des mesures martiennes.

Dans l'hypothèse où l'atmosphère est assimilée à un gaz parfait, la température est proportionnelle au carré de la vitesse de propagation :  $T = a \cdot v_{son}^2$

- $v_{son}$  est exprimée en  $m \cdot s^{-1}$  ;
- la température absolue  $T$  est exprimée en kelvin  $K$  ;
- $a = 2,49 \times 10^{-3} \text{ u} \cdot \text{s} \cdot \text{i}$ .

6. Calculer la température absolue du congélateur en exploitant la relation précédente.
7. Convertir en kelvin la température du congélateur mesurée directement avec le thermomètre.
8. Comparer les deux mesures et conclure sur la précision de la technique employée par les scientifiques pour mesurer la température à la surface de Mars.

### Exercice 3 (4 points)

Les questions 1 et 2 sont indépendantes.

#### Question 1

Soit la fonction  $f$  définie et dérivable sur  $[0 ; +\infty[$  par  $f(x) = xe^{-x}$ .

- Donner la limite de  $f$  en  $+\infty$ .
- Montrer que pour tout réel  $x$  appartenant à  $[0 ; +\infty[$ ,  $f'(x) = e^{-x}(1 - x)$ , où  $f'$  désigne la fonction dérivée de  $f$ .
- En déduire le tableau complet des variations de la fonction  $f$  sur  $[0 ; +\infty[$ .

#### Question 2

On considère les nombres complexes  $z_1 = 6 e^{i\frac{\pi}{4}}$  et  $z_2 = -\sqrt{3} + i$ , où  $i$  désigne le nombre complexe de module 1 et d'argument  $\frac{\pi}{2}$ .

- Écrire  $z_2$  sous forme exponentielle. Détailler les calculs.
- En déduire une écriture du nombre complexe  $Z = \frac{z_1}{z_2^3}$  sous forme exponentielle.

## Exercice 4 (6 points)

### Traitement de milieux biologiques naturels

Un maraîcher possède un potager d'une superficie de 600 m<sup>2</sup> dont la terre est argileuse de pH égal à 6,1.

Conscient que le pH de sa terre est trop acide pour certaines cultures, il envisage de réaliser un traitement de la terre de son potager en y épandant une espèce chimique basique comme le carbonate de calcium CaCO<sub>3</sub> (amendement calcaire).

Cet exercice propose de déterminer les masses d'amendement à utiliser selon le milieu à traiter.

#### Traitement du sol

##### Document 1 : amendement calcaire

Le mode d'emploi figurant sur les sacs d'amendement calcaire précise les quantités à utiliser selon le type de terre.

##### Quantité d'amendement calcaire à apporter selon le type de terre

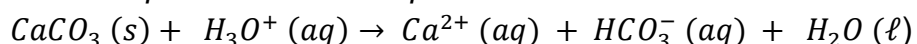
	Terre sableuse	Terre limoneuse	Terre argileuse ou humifère
Dose d'entretien pour monter le pH de 0,5 unité	150 g/m <sup>2</sup>	300 g/m <sup>2</sup>	450 g/m <sup>2</sup>
Dose corrective pour monter le pH de 1 unité	300 g/m <sup>2</sup>	600 g/m <sup>2</sup>	900 g/m <sup>2</sup>

1. Calculer la masse d'amendement calcaire à apporter pour relever le pH du sol à 6,6.

*Lors de l'épandage, le carbonate de calcium CaCO<sub>3</sub> réagit avec les espèces acides présentes dans le sol, et notamment avec les ions oxonium H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>.*

2. Définir une espèce chimique acide.

*Au pH du sol, la transformation du carbonate de calcium en présence d'ions oxonium peut être modélisée par la réaction d'équation :*



3. Identifier un couple acide-base mis en jeu dans la réaction ayant lieu entre le carbonate de calcium et les ions oxonium et indiquer quelle est l'espèce acide du couple.
4. Expliquer, à partir de l'équation de réaction, pourquoi la méthode utilisée permet d'augmenter le pH.

## Traitement de l'eau

Le maraîcher souhaite arroser son terrain avec l'eau d'un bassin dans lequel il recueille de l'eau de pluie. Afin de ne pas modifier le rééquilibrage de pH qu'il vient d'effectuer, il envisage de porter le pH de l'eau du bassin à celui du sol.

### Document 2 : caractéristiques du bassin

Surface	Profondeur moyenne	Volume
60 m <sup>2</sup>	1,0 m	60 m <sup>3</sup>

Masses molaires :

$$M(C) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} ; M(O) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} ; M(Ca) = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

On rappelle que :

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{où } n \text{ est la quantité de matière, } m \text{ la masse et } M \text{ la masse molaire.}$$

5. Citer une méthode expérimentale permettant d'estimer le pH de l'eau du bassin.

Le pH mesuré de l'eau du bassin est 5,6.

6. Exprimer le pH d'une solution en fonction de la concentration en moles des ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>.
7. En déduire que dans l'eau du bassin, la concentration en moles des ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> est d'environ  $2,5 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .
8. Déterminer la quantité d'ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> présents dans le bassin.

Il faut alors ajouter 1,3 mol de carbonate de calcium CaCO<sub>3</sub> pour faire remonter le pH de l'eau du bassin jusqu'à 6,6.

9. Calculer la masse de carbonate de calcium CaCO<sub>3</sub> à ajouter à l'eau du bassin.
10. Comparer les masses de carbonate de calcium nécessaires pour ajuster le pH du sol et de l'eau du bassin. Indiquer s'il est pertinent de modifier le pH de l'eau du bassin avant arrosage.

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2023**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

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)

### Contrôle de la température dans un lave-linge.

Lors d'un cycle de lavage d'une machine à laver le linge, la phase qui consomme le plus d'énergie est le chauffage de l'eau utilisée en phase de lavage.

#### Chauffage de l'eau dans le lave-linge.

Le chauffage de l'eau est assuré par une résistance chauffante d'une puissance électrique  $P_{elec} = 2,0$  kW.

En moyenne, le volume de l'eau utilisée lors d'une phase de lavage est  $V = 15$  L.

**Q1.** Calculer la valeur du transfert thermique  $Q$  nécessaire pour chauffer le volume d'eau  $V$  lors d'un cycle de lavage de  $20^\circ\text{C}$  à  $40^\circ\text{C}$ .

#### Données :

- Capacité thermique massique de l'eau :  $c_{eau} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ .
- Masse volumique de l'eau :  $\rho_{eau} = 1,0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

**Q2.** Donner la relation entre l'énergie électrique  $E_{elec}$  consommée pendant la durée  $\Delta t$  de la phase de chauffage et la puissance  $P_{elec}$ . Préciser les unités.

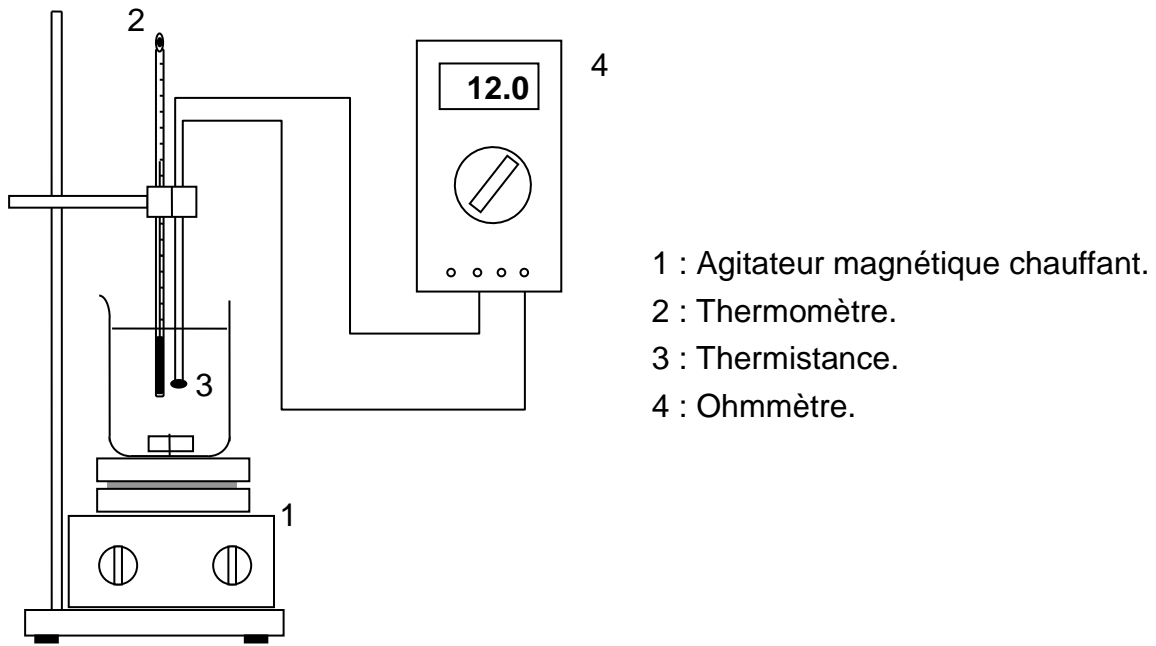
On considère que toute l'énergie électrique consommée par la résistance chauffante est transférée au volume d'eau.

**Q3.** Vérifier que la durée  $\Delta t$  de la phase de chauffage est de l'ordre de 10 minutes.

#### Étude d'une thermistance CTN.

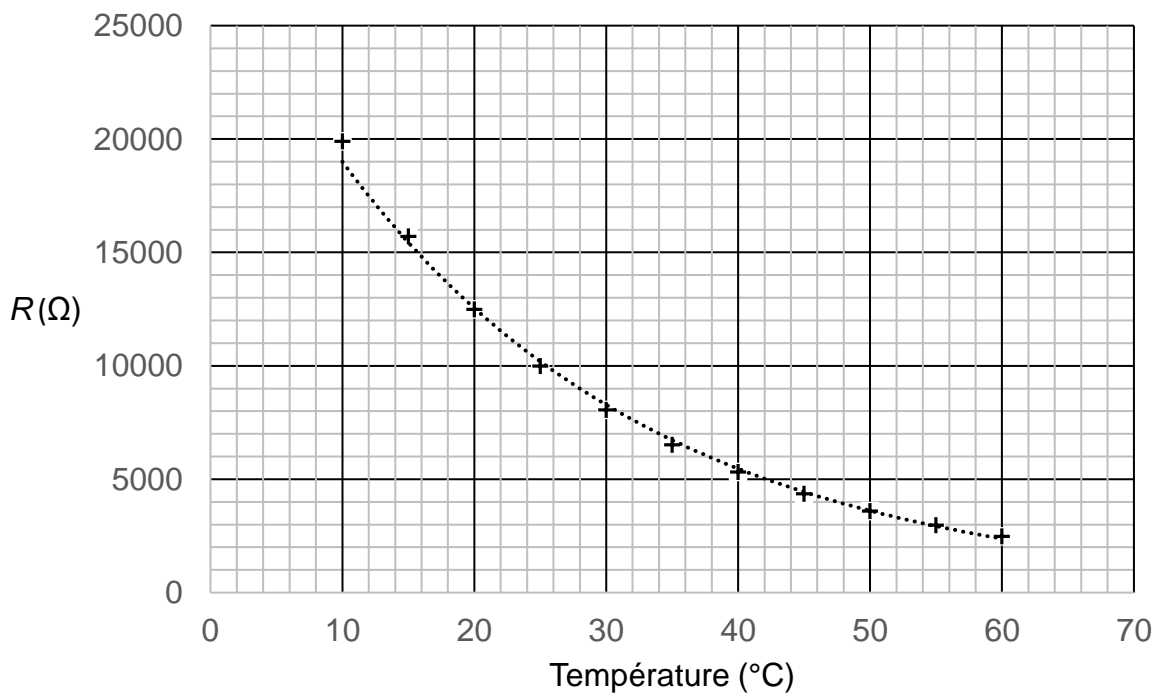
La température de l'eau est contrôlée par une thermistance CTN, qui est un composant dont la valeur de la résistance électrique  $R$  varie en fonction de la température.

Il est possible, au laboratoire, d'étudier les variations de la résistance d'une thermistance CTN en fonction de la température à l'aide du montage représenté dans le document 1.



Document 1 – Montage expérimental.

Les valeurs obtenues pour une thermistance donnée permettent de tracer la courbe suivante.



Document 2 – Résistance de la thermistance CTN en fonction de la température

Cette résistance (en  $\Omega$ ), en fonction de la température  $T$  (en  $^{\circ}\text{C}$ ), peut être modélisée par la fonction  $R$  définie sur  $[0 ; 100]$  :

$$R(T) = 28785 \times e^{-0,042 \times T}.$$

**Q4.** À l'aide du graphique, déterminer à partir de quelle température la résistance devient inférieure à  $10 \text{ k}\Omega$ .

**Q5.** Résoudre sur  $[0 ; 100]$  l'équation  $R(T) = 10\,000$ . Comparer avec la valeur lue sur le graphique à la question Q4.

**Q6.** On note  $R'$  la fonction dérivée de  $R$  sur  $[0 ; 100]$ . Déterminer une expression de  $R'(T)$  en  $\Omega \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

La sensibilité de la thermistance CTN est donnée par la fonction  $S$  définie sur  $[0 ; 100]$  par :

$$S = -\frac{dR}{dT}.$$

Le dispositif de régulation de la température sera d'autant plus performant que la valeur de la sensibilité de la thermistance sera grande.

**Q7.** Montrer que la sensibilité de la thermistance CTN est environ 12 fois plus grande à  $30^{\circ}\text{C}$  qu'à  $90^{\circ}\text{C}$ .

## EXERCICE 2 (6 points) (physique-chimie)

### Alimentation d'un moteur par un panneau photovoltaïque

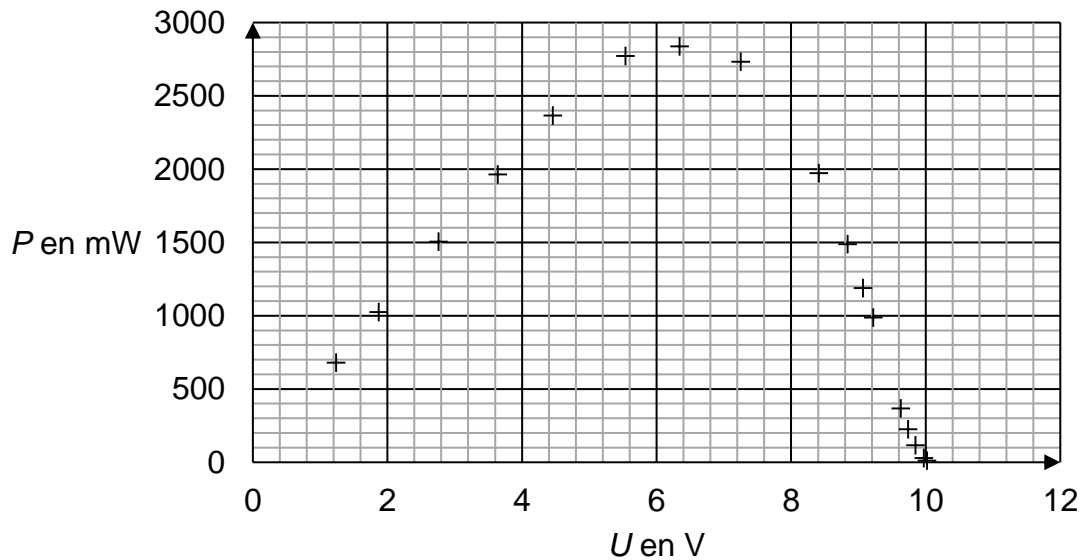
On désire alimenter une pompe de piscine à l'aide d'un panneau photovoltaïque.

On réalise pour cela une maquette miniaturisée constituée d'un panneau photovoltaïque, d'un moteur et d'une batterie.

#### Étude du panneau photovoltaïque

**Q1.** Indiquer quelles sont les formes d'énergie mises en jeu dans la conversion photovoltaïque.

On donne la courbe représentant la puissance électrique  $P$  fournie par le panneau en fonction de la tension à ses bornes, notée  $U$  :

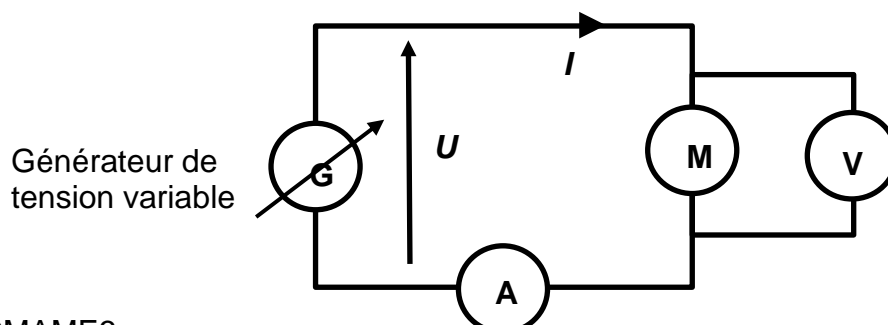


Document 1 – Évolution de la puissance électrique en fonction de la tension

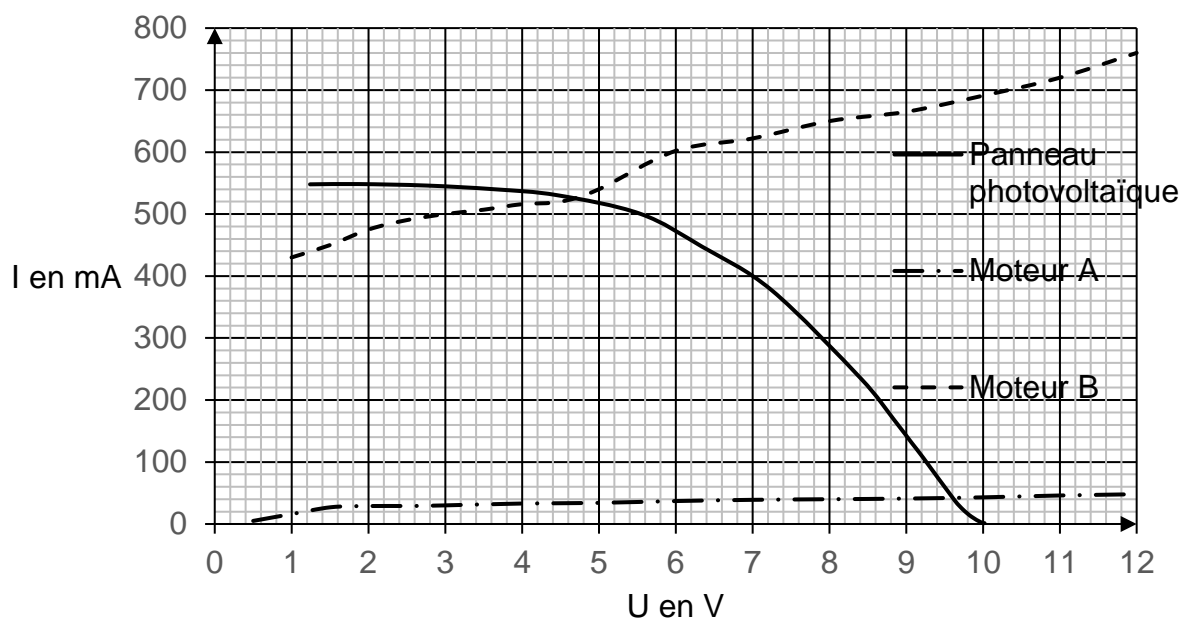
**Q2.** Sachant que les mesures ont été effectuées avec une irradiance qui vaut  $1100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  et que l'aire du panneau photovoltaïque est  $S = 6,4 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ , montrer que le rendement maximal du panneau photovoltaïque vaut environ 4 %.

#### Choix d'un moteur

On souhaite alimenter un moteur avec le panneau photovoltaïque étudié précédemment. Pour choisir le moteur adéquat, on réalise le montage suivant permettant de tracer la courbe représentant l'intensité en fonction de la tension d'un moteur.



Le document 2 ci-dessous montre les caractéristiques courant-tension de deux moteurs différents (notés A et B), ainsi que celle du panneau photovoltaïque :



Document 2 – Caractéristiques courant-tension pour le panneau photovoltaïque et deux moteurs différents notés A et B.

**Q3.** À l'aide du document 2, préciser les coordonnées (tension et intensité) des points de fonctionnement des moteurs A et B connectés au panneau photovoltaïque.

**Q4.** Choisir, parmi les moteurs A et B, celui qui permet de se rapprocher le plus du rendement maximal du panneau photovoltaïque. Justifier.

### Étude de l'accumulateur

On souhaite brancher le panneau photovoltaïque à un accumulateur permettant d'utiliser le moteur même en l'absence de soleil.

Tension	6,0 V
Capacité	3000 mA·h
Energie massique	50 W·h·kg <sup>-1</sup>

Document 3 – Caractéristiques de l'accumulateur Ni-MH choisi

**Q5.** Le panneau photovoltaïque charge l'accumulateur avec une intensité  $I_{\text{charge}} = 480$  mA et un rendement de conversion d'énergie électrique en énergie chimique  $\eta = 80$  %.

Calculer le temps de charge de l'accumulateur.

Durant sa décharge, un l'accumulateur Ni-MH est le siège de demi-équations d'oxydoréduction mettant en jeu les couples suivants :

- À la borne positive :  $\text{NiO(OH)} / \text{Ni(OH)}_2$
- À la borne négative :  $\text{M} / \text{MH}$  où M désigne un métal non spécifié et MH un hydrure de ce métal

**Q6.** Parmi les propositions suivantes, indiquer sur la copie celle qui correspond à la demi-équation de réduction ayant lieu à la borne positive pendant la décharge :

- A.  $\text{NiO(OH)} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- = \text{Ni(OH)}_2 + \text{HO}^-$
- B.  $\text{Ni(OH)}_2 = \text{NiO(OH)} + \text{H}^+ + \text{e}^-$
- C.  $\text{MH} + \text{HO}^- = \text{M} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^-$
- D.  $\text{M} + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{MH}$

**Q7.** Parmi les valeurs d'énergies suivantes, indiquer sur la copie celle qui correspond à l'énergie disponible dans l'accumulateur en s'appuyant sur le document 3 :

Rappel :  $1 \text{ W}\cdot\text{h} = 3600 \text{ J}$

- A.  $2,0 \text{ W}\cdot\text{h}$
- B.  $65 \text{ kJ}$
- C.  $7,2 \text{ kJ}$
- D.  $18\,000 \text{ J}$

**Q8.** L'énergie massique est l'énergie que peut stocker l'accumulateur par unité de masse d'accumulateur.

À partir du document 3, calculer la masse de la batterie.

**Q9.** On désire faire fonctionner le moteur B, dont la caractéristique courant-tension est donnée sur le document 2, de nuit, en le connectant à l'accumulateur considéré. Calculer la durée maximale de fonctionnement avec un rendement de conversion de 75 %.

On supposera que l'accumulateur est un générateur de tension idéal qui fournit une tension de  $6,0 \text{ V}$  quelle que soit l'intensité débitée.

Remarque : toute prise d'initiative sera valorisée.

### EXERCICE 3 (4 points)

(mathématiques)

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

Chacune d'elles est notée sur 1 point.

#### Question 1

*Pour cette question, indiquer la lettre de la réponse exacte.  
Aucune justification n'est demandée.*

On considère un réel  $x$ , strictement positif et on note  $\log(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(10)}$ .

Pour tout réel  $x$ , strictement positif,  $\log(100x)$  est égal à :

A	B	C	D
$10x$	$100 \log(x)$	$2 + \log(x)$	$10 + \log(x)$

#### Question 2

On considère la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  par  $f(x) = 2e^{3x} - 2$ .

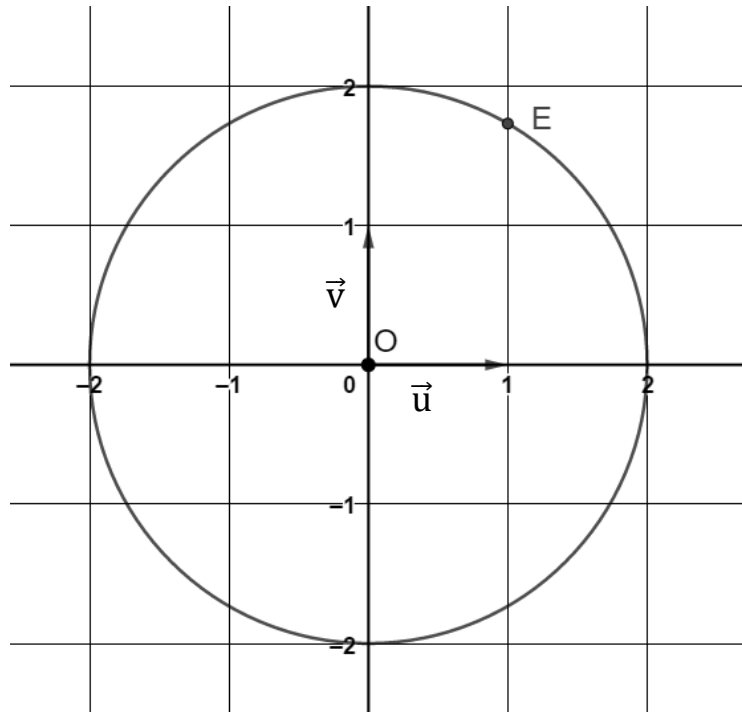
Déterminer la limite de la fonction  $f$  en  $-\infty$ .

### Question 3

On désigne par  $i$  le nombre complexe de module 1 et d'argument  $\frac{\pi}{2}$ .

Le plan est muni d'un repère orthonormé  $(O ; \vec{u}, \vec{v})$ .

Sur le graphique suivant, on considère le point E dont l'affixe est notée :  $z_E$ .



Par lecture graphique, donner l'écriture exponentielle de  $z_E$ .

### Question 4

On considère l'équation différentielle (E) :  $y' = 2y + 0,5$ ,

où  $y$  est une fonction de la variable  $x$ , définie et dérivable sur  $\mathbb{R}$  et  $y'$  la fonction dérivée de  $y$ .

Déterminer les solutions sur  $\mathbb{R}$  de l'équation différentielle (E).

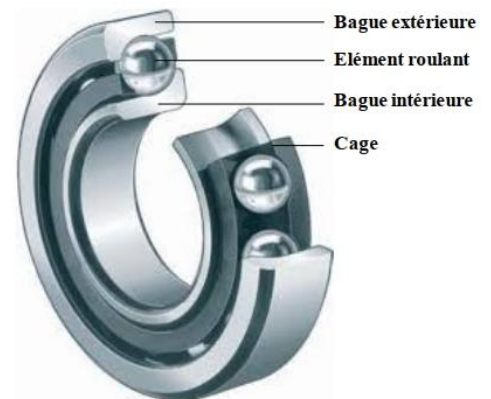
## EXERCICE 4 (6 points) (physique-chimie)

### Étude d'un défaut sur un roulement à billes

Les roulements à billes sont conçus pour réduire les frottements de rotation.

Cependant les contraintes d'utilisations et les agressions extérieures peuvent créer des défauts qui réduisent l'efficacité de ces roulements.

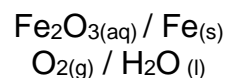
L'objectif de cet exercice est d'étudier un défaut de corrosion (oxydation) sur des roulements à billes d'un véhicule.



### Corrosion des roulements

Au cours du temps, les différentes frictions s'exerçant sur le roulement réduisent la quantité de graisse présente entre les bagues qui le constituent. Les parties métalliques en fer s'oxydent alors progressivement au contact de l'air.

A l'air libre les deux couples oxydant-réducteur mis en jeu sont les suivants :

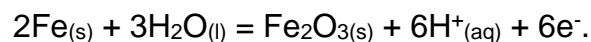


Roulement à billes oxydé

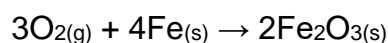
**Q1.** D'après l'énoncé et les couples mis en jeu, déterminer les réactifs qui sont impliqués dans la corrosion du fer.

**Q2.** Écrire la demi-équation d'oxydoréduction correspondant au couple  $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}(\text{aq})$

**Q3.** Sachant que la demi-équation correspondant au couple  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{aq}) / \text{Fe}(\text{s})$  est la suivante :



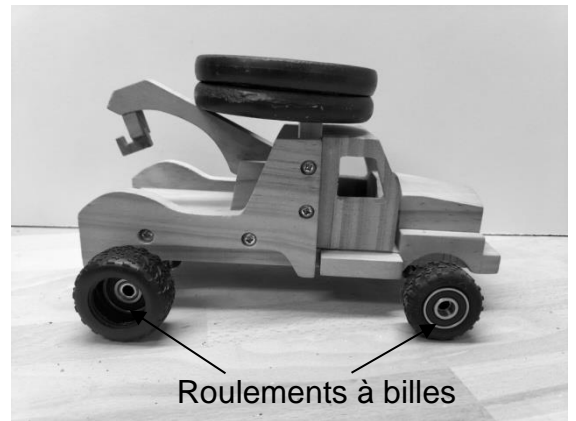
Montrer que l'équation modélisant la transformation s'écrit :



**Q4.** Expliquer pourquoi les roulements à billes initialement graissés ne s'oxydent pas.

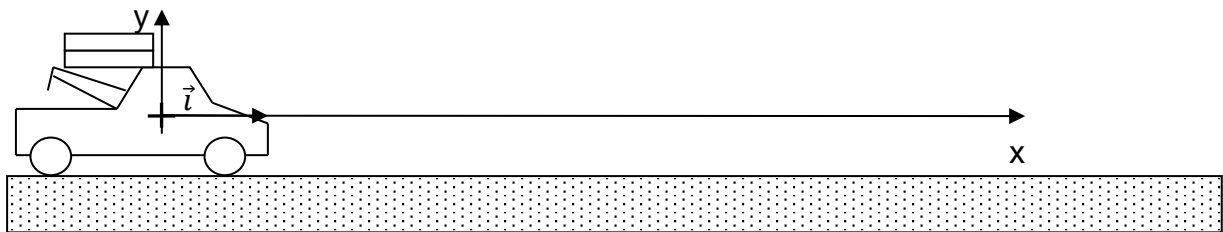
### Perte d'efficacité d'un roulement corrodé

Les roulements à billes permettent de diminuer les frottements qui peuvent s'exercer entre l'axe et la roue. Afin d'évaluer la perte d'efficacité d'un roulement oxydé, deux chronophotographies du mouvement d'un véhicule (ci-contre) sont réalisées. Pour la première chronophotographie, le véhicule est équipé de roulements neufs alors que pour la seconde les roulements utilisés sont légèrement oxydés.



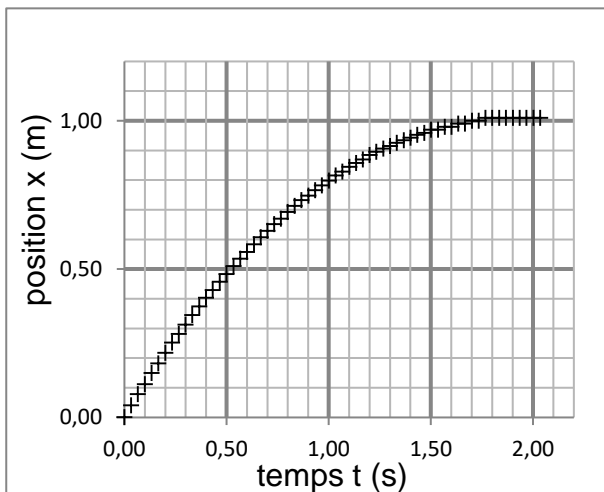
Document 1 – Véhicule utilisé

Le véhicule, de masse  $m = 1,2 \text{ kg}$  est lancé avec une vitesse initiale  $V_0 = 1,1 \text{ m.s}^{-1}$  sur une surface horizontale. La chronophotographie permet d'obtenir les positions en fonction du temps.

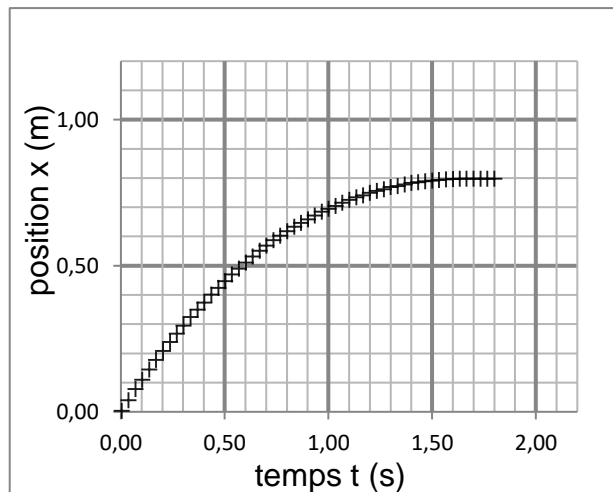


Document 2 – Schéma du mouvement.

Le vecteur  $\vec{i}$  est un vecteur unitaire parallèle au déplacement du véhicule.



Document 3 – Position en fonction du temps avec roulements neufs

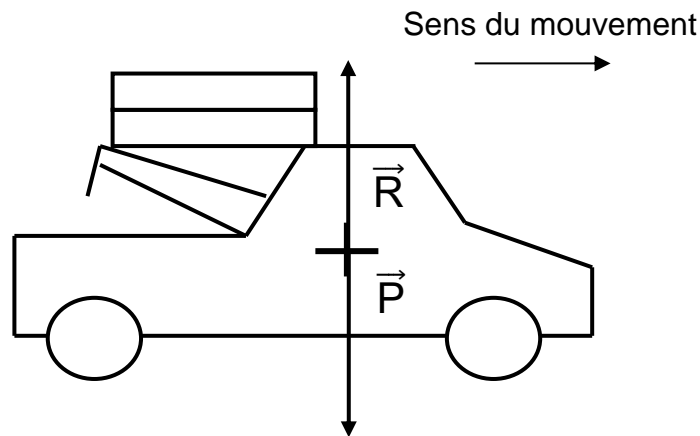


Document 4 – Position en fonction du temps avec roulements oxydés

**Q5.** À l'aide des graphiques, discuter de l'efficacité des roulements en présence d'oxydation.

On assimile l'ensemble des frottements qui s'exercent sur le véhicule à une seule force s'opposant au mouvement, notée  $\vec{f}$ , considérée constante. Dans le cas de roulements à billes neufs, cette force de frottements a pour valeur  $f = 0,72 \text{ N}$ .

Le véhicule est également soumis à deux autres forces : le poids  $\vec{P}$  et la réaction du support  $\vec{R}$ , représentées sur le schéma ci-dessous.



**Q6.** Rappeler l'expression du travail d'une force  $\vec{F}$  sur l'ensemble du trajet correspondant au vecteur déplacement  $\vec{d} = d\vec{i}$ .  
En déduire la valeur du travail des forces  $\vec{P}$  et  $\vec{R}$  sur l'ensemble du trajet.

On note  $\vec{f}'$  la force, considérée constante et s'opposant au mouvement lorsque les roulements à billes sont oxydés.

**Q7.** Montrer que le travail  $W'$  de la force de frottement  $\vec{f}'$  sur l'ensemble du trajet est donné par  $W' = -f' \times d$ .  
**Donnée :** on a  $\vec{f}' = -f'\vec{i}$ .

**Q8.** À l'aide des graphiques précédents, déterminer la distance totale  $d$  parcourue par la voiture possédant les roulements oxydés jusqu'à son arrêt. Justifier le raisonnement.

**Q9.** Déterminer la valeur du travail  $W'$  et en déduire que la force de frottements, dans le cas de roulements oxydés, a pour valeur  $f' = 0,9 \text{ N}$ . Commenter.  
On rappelle que la variation d'énergie cinétique d'un solide en translation est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées au solide.  
Remarque : toute prise d'initiative sera valorisée.

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2023**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

**LUNDI 20 MARS 2023**

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 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

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

**MATHÉMATIQUES** ..... 6/20 points

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

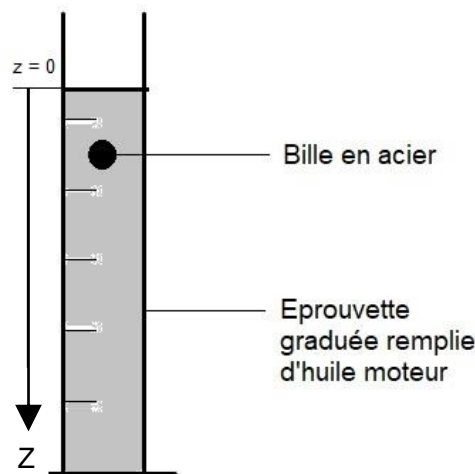
### Le viscosimètre à chute de bille

La viscosité d'une huile, notée  $\eta$ , est un paramètre exprimé en  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ , dont la connaissance est essentielle pour toute utilisation de cette huile.

Cet exercice propose un exemple de méthode de mesure de la valeur de la viscosité d'une huile de moteur Diesel du commerce.

Pour réaliser cette mesure, on utilise un « viscosimètre à chute de bille », constitué d'une éprouvette remplie d'huile de moteur dans laquelle est lâchée une bille métallique sphérique.

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen et la bille est lâchée sans vitesse initiale depuis la position  $z = 0$ .



#### Données :

- Rayon de la bille utilisée :  $R = 1,1 \text{ cm}$ .
- Volume de la bille :  $V = 5,6 \text{ cm}^3 = 5,6 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ .
- Masse de la bille métallique :  $m = 20,1 \text{ g}$ .
- Masse volumique de l'huile étudiée :  $\rho_{\text{huile}} = 8,40 \times 10^2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .
- Intensité de la gravitation :  $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

Les forces exercées sur la bille métallique sont :

- Le poids  $\vec{P}$
- La poussée d'Archimède, notée  $\vec{P}_A$ , de même direction que le poids  $\vec{P}$  et de sens opposé. Sa valeur est  $P_A = \rho_{\text{huile}} V g$ , où  $\rho_{\text{huile}}$  est la masse volumique de l'huile.
- La force de frottement fluide exercée par l'huile sur la bille est notée  $\vec{f}$ . Elle est ici de même direction que le poids  $\vec{P}$  et de sens opposé. Sa valeur est donnée par la relation  $f = 6\pi\eta R v$ , où  $v$  est la valeur de la vitesse de la bille,  $\eta$  est la viscosité de l'huile et  $R$  le rayon de la bille.

**Q1.** Faire un schéma des forces s'appliquant sur la bille.

Exprimer le poids de la bille en fonction de  $m$  et  $g$  puis calculer sa valeur.

Calculer de même la valeur de la poussée d'Archimède  $P_A$  et justifier que la bille d'acier tombe dans l'huile quand on la lâche en  $z = 0$  avec une vitesse initiale nulle.

**Q2.** En utilisant le principe fondamental de la dynamique, établir la relation liant le vecteur accélération  $\vec{a}$ , les forces s'exerçant sur la bille  $\vec{f}$ ,  $\vec{P}$ ,  $\vec{P}_A$  et la masse  $m$  de cette bille.

**Q3.** On note  $v$  la fonction définie sur  $[0 ; +\infty[$  comme la projection du vecteur vitesse  $\vec{v}$  sur l'axe (Oz). Montrer que  $v$  vérifie l'équation différentielle

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{6\pi\eta Rv}{m} + g - \frac{\rho_{huile}Vg}{m}.$$

En explicitant les valeurs numériques, on admet que  $v$  est solution de l'équation différentielle (E) suivante où  $v(t)$  est exprimée en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  et  $t$  en s :

$$(E) : \frac{dv}{dt} = -6,8 v + 7,5.$$

**Q4.** Au début de l'expérience, la bille est introduite dans l'éprouvette avec une vitesse nulle. Démontrer que la solution  $v$  de cette équation sur  $[0 ; +\infty[$  vérifiant cette condition initiale est définie par :

$$v(t) = -\frac{75}{68}e^{-6,8t} + \frac{75}{68}.$$

**Q5.** Déterminer la valeur exacte de  $\lim_{t \rightarrow +\infty} v(t)$  notée  $v_{lim}$ , exprimée en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**Q6.** On mesure expérimentalement une vitesse limite  $v_{lim} = 1,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . On peut en déduire la valeur de la viscosité  $\eta$  par la relation suivante :

$$\eta = \frac{(m - \rho_{huile} V)g}{6 \pi R v_{lim}}$$

Calculer cette valeur et comparer le résultat à la valeur  $\eta = 0,66 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  fournie par le fabricant.

## EXERCICE 2 (6 points) (physique-chimie)

### Aide au stationnement

Les constructeurs automobiles proposent depuis plusieurs années des systèmes d'aide au stationnement ou de stationnement automatique qui reposent sur l'utilisation de capteurs à ultrasons.



### Quelques caractéristiques des ultrasons

**Q1.** Parmi les propositions suivantes, indiquer sur votre copie celles qui sont exactes :

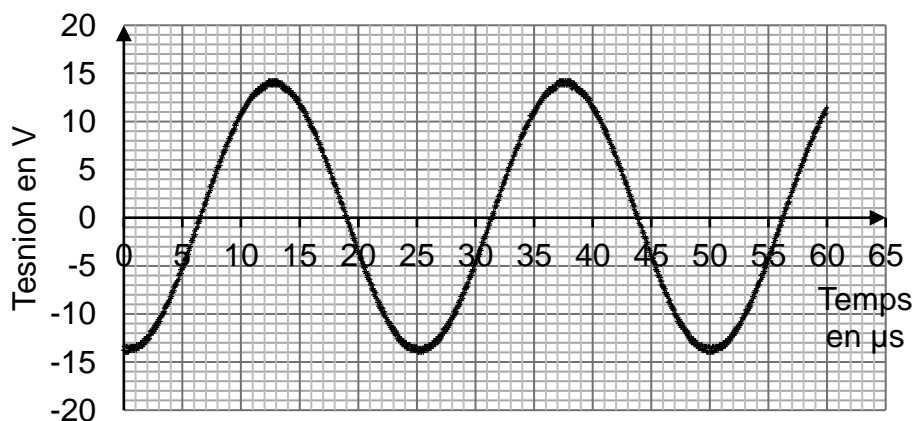
Affirmation A : les ondes ultrasonores sont des ondes électromagnétiques.

Affirmation B : les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques.

Affirmation C : les ondes ultrasonores peuvent se propager dans le vide.

Affirmation D : les ondes ultrasonores nécessitent la présence d'un milieu matériel pour se propager.

Le document 1, représente la tension mesurée à l'oscilloscope par un détecteur recevant le signal émis par un émetteur d'ultrasons :



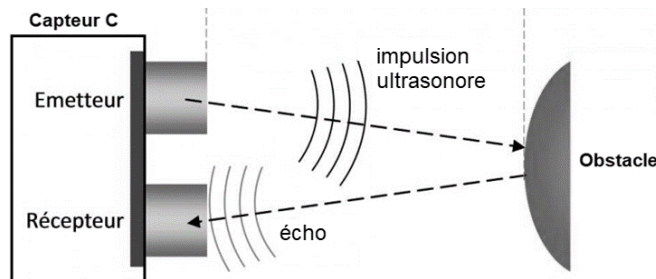
Document 1 – Tension mesurée (en V) en fonction du temps (en  $\mu\text{s}$ )

**Q2.** Déterminer la fréquence  $f$  des ultrasons émis, en kHz et expliquer pourquoi le signal produit par l'émetteur n'est pas audible.

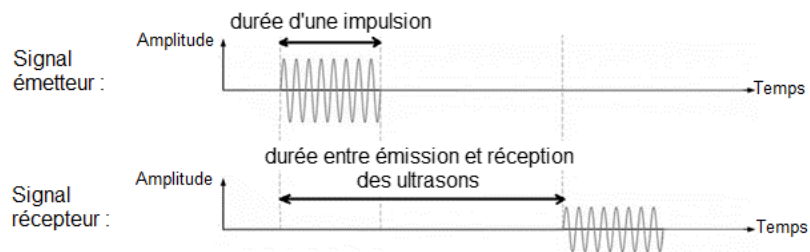
**Donnée :** les ondes sonores audibles ont des fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz.

## Utilisation des ultrasons pour déterminer une distance

Le capteur à ultrasons utilisé dans le système d'aide au stationnement est un capteur « combiné » qui contient un émetteur et un récepteur d'ondes ultrasonores. La distance entre le capteur et l'obstacle est déduite de la durée qui s'écoule entre l'émission d'une impulsion ultrasonore et la réception de son écho par le capteur, connaissant la vitesse de propagation des ultrasons dans l'air.

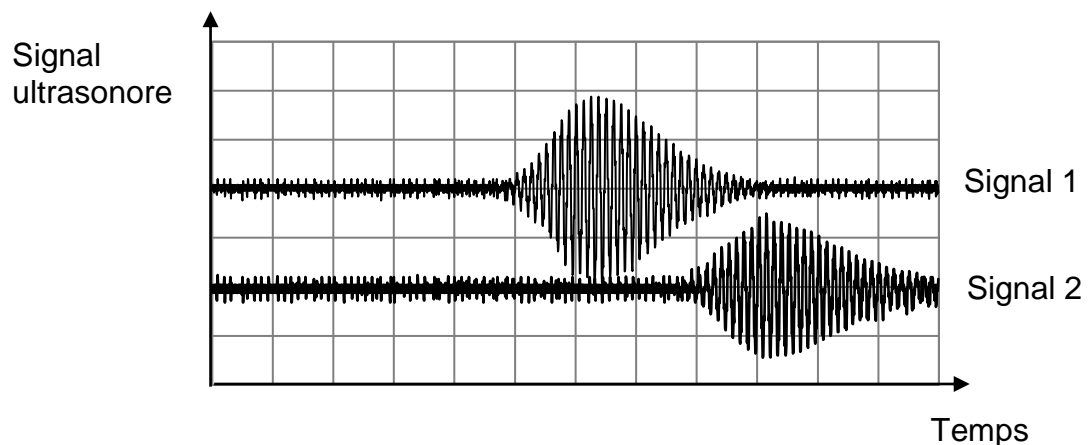


Document 1 – Schéma de principe d'un système d'aide au stationnement



Document 2 – Signaux émis et reçus par le système d'aide au stationnement.

Une modélisation au laboratoire du capteur, à l'aide d'un émetteur et d'un récepteur à ultrasons indépendants, a permis d'obtenir la copie d'écran d'oscilloscope suivante dans le cas d'un obstacle situé à une distance de 10 cm.



Document 3 – Tension mesurée (en V) en fonction du temps (en  $\mu\text{s}$ ) pour un émetteur ultrasons et pour un récepteur ultrasons indépendants. La sensibilité verticale pour les deux voies est de 1 V/div. La sensibilité horizontale pour les deux voies est de 200  $\mu\text{s}/\text{div}$ .

**Q3.** Indiquer, en donnant deux arguments, lequel des deux signaux (signal 1 ou signal 2) du document 3 est associé à l'onde réfléchie.

**Q4.** Le capteur combiné ne peut fonctionner correctement en récepteur que lorsqu'il a fini de fonctionner en émetteur. À l'aide du document 3, préciser si la durée d'impulsion utilisée dans l'expérience permettrait de détecter correctement un obstacle situé à une distance de 10 cm.

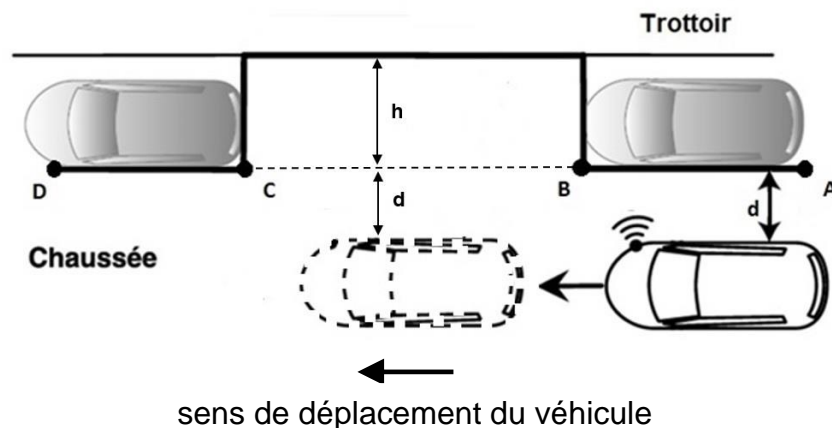
### Principe de fonctionnement d'un système de stationnement automatique

Certains systèmes embarqués effectuent automatiquement la manœuvre de stationnement du véhicule, sans intervention du conducteur. Cela n'est possible qu'après une phase de mesure qui permet de déterminer si la taille de la place est compatible avec la manœuvre.

	Dimensions minimales de la place de stationnement	
	Longueur (en m)	5,1
	Largeur (en m)	2,2

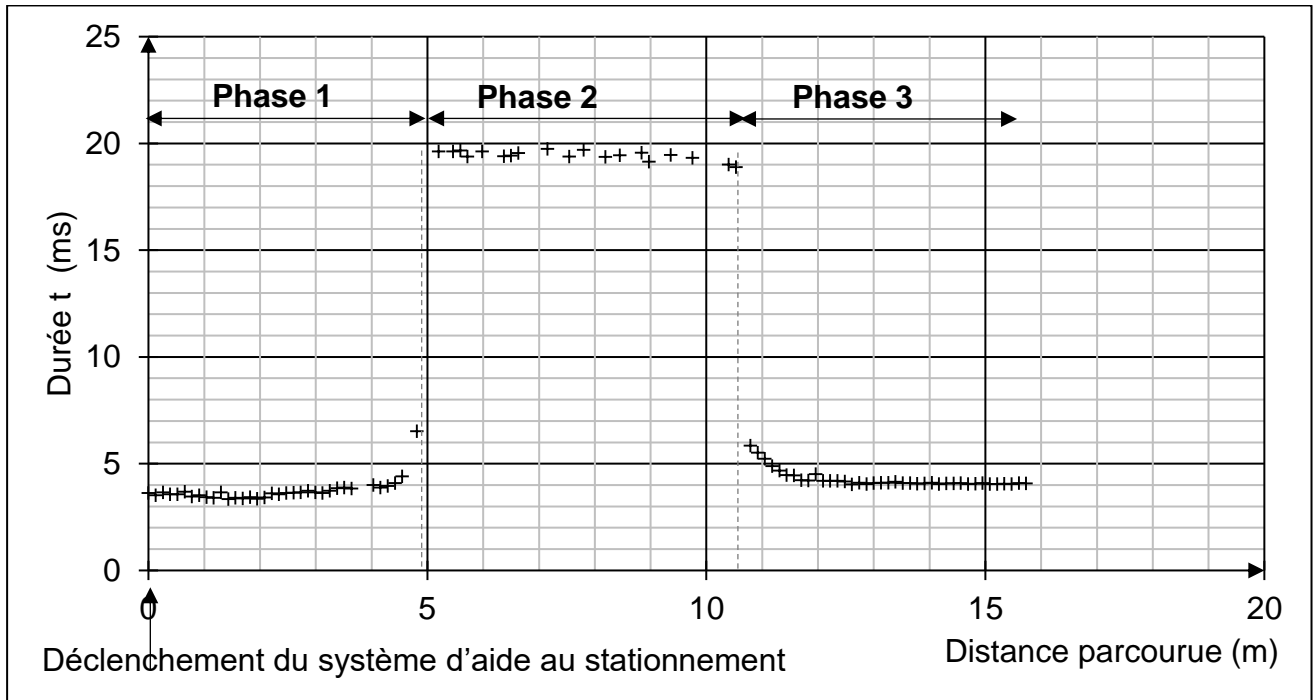
Document 4 – Dimensions de la place de stationnement

Lors de la phase de mesure, la voiture est parallèle au trottoir et se déplace vers l'avant à vitesse constante le long de la place libre.



Document 5 – Schéma de principe du stationnement automatique

On a réalisé un dispositif modélisant ce système grâce à un microcontrôleur et un émetteur-récepteur à ultrasons que l'on a fixé sur une voiture se déplaçant comme indiqué sur le document 5.



Document 6 – Durée (en ms) des aller-retour des signaux ultrasonores émis par le capteur selon la position de la voiture lors du stationnement automatique.

**Q5.** Durant la phase 2 du mouvement de l'automobile indiquée sur le document 6, le capteur à ultrasons se trouve au niveau de la place disponible (entre les points B et C du document 5).

En utilisant le document 6, déterminer la durée de la phase 2 du mouvement de la voiture et en déduire la longueur de la place libre.

En vous aidant du tableau du document 4, indiquer si celle-ci permet le stationnement de la voiture.

**Donnée :** la voiture se déplace à la vitesse  $v_0 = 1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

La distance  $d$  indiquée sur le document 5 désigne la distance latérale par rapport aux véhicules déjà stationnés.

**Q6.** À l'aide du document 5 et du document 6, et sachant que la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air est  $c_{son} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  montrer que la valeur de la distance  $d$  est comprise entre 0,6 m et 0,7 m.

Calculer la profondeur  $h$  de la place libre et, en vous aidant du tableau du document 4, indiquer si celle-ci permet le stationnement de la voiture.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

### EXERCICE 3 (4 points) (mathématiques)

Les questions 1, 2, 3 et 4 sont indépendantes les unes des autres. Chacune d'elles est notée sur un point.

#### Question 1

Pour cette question, indiquer la lettre de la réponse exacte.  
Aucune justification n'est demandée.

L'expression  $\frac{(e^{-3x})^2 \times (e^{2x})^{-3}}{e^{5x} \times e^{6x}}$  vaut :

A	B	C	D
$e^{-1}$	$\frac{12}{5}x^{-3}$	$e^{-x}$	$e^{-23x}$

#### Question 2

Soit  $f$  la fonction définie sur  $\mathbb{R}$  par  $f(x) = e^{2x}(-3x + 1)$ . On admet que la fonction  $f$  est dérivable sur  $\mathbb{R}$  et on note  $f'$  la fonction dérivée de  $f$  sur  $\mathbb{R}$ .

Montrer que  $f'(x) = e^{2x}(-6x - 1)$ .

#### Question 3

On désigne par  $i$  le nombre complexe de module 1 et d'argument  $\frac{\pi}{2}$ .

Mettre le nombre complexe  $\sqrt{3} + i$  sous forme exponentielle en détaillant les calculs.

#### Question 4

Résoudre sur l'intervalle  $]0 ; +\infty[$  l'équation :

$$\frac{2}{3 \ln(10)} \ln(x) - 2,88 = 4.$$

## EXERCICE 4 (6 points) (physique-chimie)

### Les boissons en randonnée

#### Conservation d'une boisson chaude

Dans la documentation fournie par un fabricant de bouteilles isothermes, on peut lire l'information suivante relative à un modèle donné : pour une température initiale de l'eau à 95 °C, la température vaut 82 °C au bout de 6 h et 73°C au bout de 12 h.

On place 1,0 L d'eau à la température  $\theta_i = 95$  °C dans l'une de ces bouteilles isothermes.

La température extérieure à la bouteille est  $\theta_{\text{ext}} = 25$  °C



**Q1.** Exprimer la variation de l'énergie interne,  $\Delta U$ , de l'eau contenue dans la bouteille isotherme, au cours des 6 premières heures en fonction de : la masse de l'eau,  $m_{\text{eau}}$ , la capacité thermique massique de l'eau,  $c_{\text{eau}}$ , la température initiale de l'eau,  $\theta_i$ , et la température de l'eau après 6h,  $\theta_f$ . Montrer que  $\Delta U$  est voisine de 54 kJ.

**Données :**

- Capacité thermique massique de l'eau :  $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$  ;
- Température initiale  $\theta_i = 95$  °C ;
- Température finale après 6 h  $\theta_f = 82$  °C ;
- Volume de l'eau  $V = 1$  L.

**Q2.** Définir le flux thermique à travers la paroi et montrer que le flux thermique moyen qui traverse la paroi de la bouteille au cours des 6 premières heures,  $\Phi_{\text{moyen}}$ , est voisin de 2,5 W.

Au cours du refroidissement, le flux thermique entre l'eau et l'extérieur n'est pas constant. Il dépend de la différence de température  $\Delta\theta$  entre l'intérieur et l'extérieur de la bouteille et de la résistance thermique  $R_{\text{th}}$  de ses parois :

$$\Phi = \frac{\Delta\theta}{R_{\text{th}}}$$

**Q3.** Choisir sans calcul, parmi les trois propositions suivantes, la valeur du flux thermique à l'instant initial et justifier ce choix :

- $\Phi_i = 3,6$  W
- $\Phi_i = 2,5$  W
- $\Phi_i = 1,8$  W

En déduire que la valeur de la résistance thermique  $R_{\text{th}}$  des parois de la bouteille isotherme est voisine de  $19 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$  en prenant la température du liquide à l'intérieur égale à  $\theta_{\text{int}} = 95^\circ\text{C}$  et la température extérieure égale à  $\theta_{\text{ext}} = 25^\circ\text{C}$ .

**Q4.** Montrer que la paroi de la bouteille isotherme d'épaisseur  $e = 1,0$  cm et de surface totale  $S = 0,098$  m<sup>2</sup> a une conductivité thermique  $\lambda = 0,0052$  W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.

**Donnée :**

La relation liant la résistance thermique d'une paroi plane  $R_{th}$ , à sa surface  $S$  en m<sup>2</sup>, à son épaisseur  $e$  en m, et à la conductivité thermique du matériau  $\lambda$  en W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> est la suivante :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

La documentation du fabricant indique que la bouteille est composée de 100 % d'acier inoxydable et qu'elle est munie de deux parois en inox séparées par un espace pratiquement vide.

**Q5.** Expliquer, sans calcul, l'intérêt du vide partiel entre les deux parois de la bouteille.

### **Approvisionnement en eau : les pastilles de purification**

Il existe des comprimés effervescents qui permettent de purifier l'eau.

Le fabricant indique qu'il suffit d'ajouter un comprimé dans un litre d'eau non potable et d'attendre 30 minutes avant de la consommer.

Un comprimé de masse 50 mg contient 3,5 mg de dichloroisocyanurate de sodium (noté NaDCC), de l'hydrogencarbonate de sodium et de l'acide adipique.

**Q6.** Déterminer la valeur de la quantité de matière  $n$  de NaDCC dans 1,0 L d'eau préparée en suivant les recommandations préconisées.

**Donnée :** masse molaire du NaDCC :  $M_{NaDCC} = 219,95$  g·mol<sup>-1</sup>.

Lorsque le comprimé entre en contact avec l'eau, une transformation chimique a lieu, produisant de l'acide hypochloreux de formule HOCl dont la molécule contient un élément Chlore, Cl. Au cours de cette transformation chimique, une mole de NaDCC libère ainsi deux moles d'élément chlore.

**Q7.** Calculer la masse d'élément chlore Cl qui se trouve dans 1,0 L d'eau à l'issue de son traitement à l'aide de la pastille effervescente.

**Donnée :** masse molaire du chlore  $M(Cl) = 35,5$  g·mol<sup>-1</sup>.

La teneur en chlore libre est définie par la masse en élément chlore par unité de volume. Pour assurer l'absence de prolifération microbologique, il est recommandé, en France, de maintenir une teneur de chlore libre aux alentours de 0,1 mg/L en tous points du réseau (eau du robinet). L'OMS recommande une valeur maximale de chlore libre dans l'eau potable de 5 mg/L.

<https://www.anses.fr/fr/system/files/RCCP2010sa0169.pdf>

**Q8.** Préciser si l'eau purifiée avec un comprimé est potable.

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2024**

## **SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

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 collègue » est autorisé.*

Chaque candidat est invité à faire figurer sur la copie toute trace de recherche, même incomplète ou non fructueuse, qu'elle ou il aura développée.

Il sera tenu compte de la clarté des raisonnements et de la qualité de la rédaction dans l'appréciation des copies.

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.

**La page 12 compose l'annexe, à rendre avec la copie.**

## EXERCICE 1 (4 points)

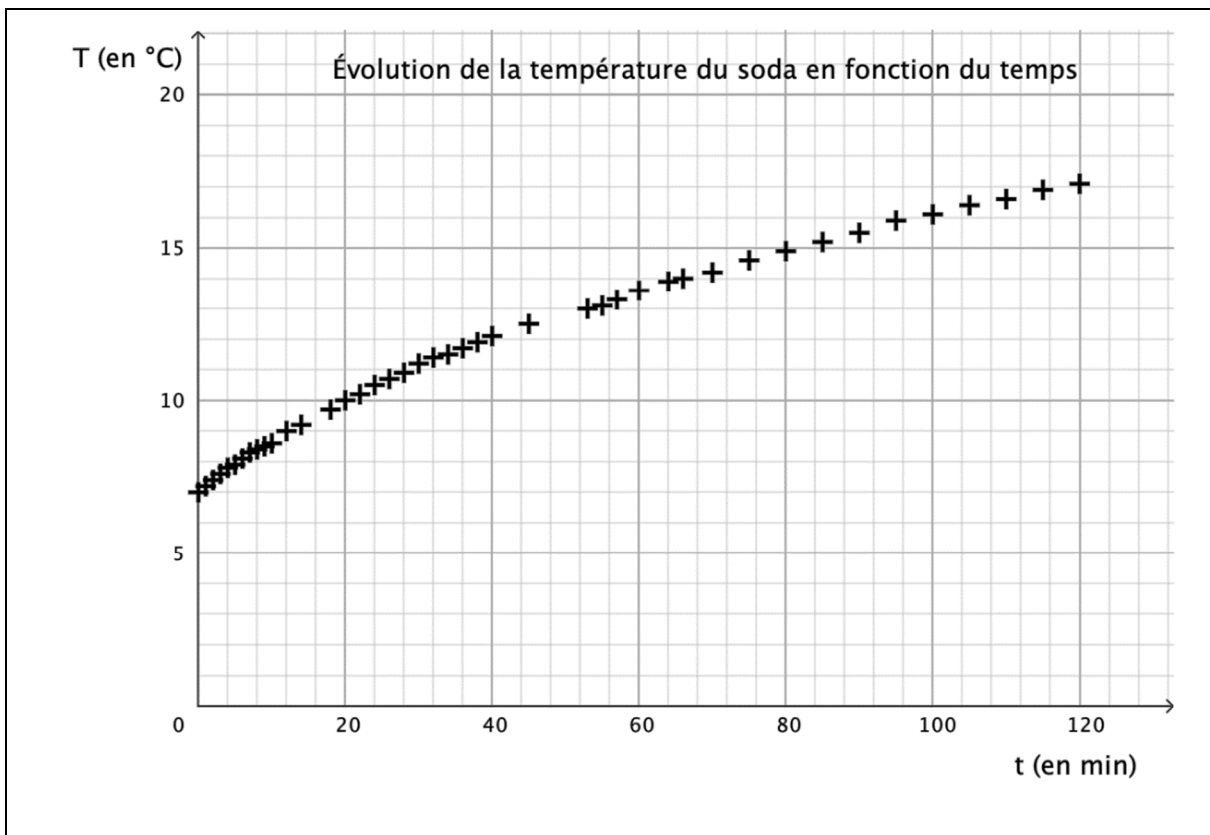
Physique-Chimie et Mathématiques

### Étude de l'évolution de la température d'un soda

On verse, dans une tasse en porcelaine, du soda tout juste sorti du réfrigérateur. La tasse est ensuite posée sur une table. La température de l'air ambiant est supposée constante et égale à 21 °C.

On mesure la température du soda à différents instants et on trace, en utilisant les données obtenues, le graphique ci-dessous.

#### Document n°1 – Évolution de la température du soda en fonction du temps.



1. Rappeler les trois modes de transfert thermique. Citer un exemple pour chacun d'eux.

On admet que la fonction  $f$  qui modélise l'évolution de la température (en degré Celsius) du contenu de la tasse en fonction du temps  $t$  écoulé (en minute) depuis la première mesure vérifie l'équation différentielle :

$$y' = -\frac{1}{90}y + \frac{7}{30}$$

2. Sachant que  $f(0) = 7$ , démontrer que, pour tout réel  $t$  positif ou nul :

$$f(t) = -14e^{-\frac{1}{90}t} + 21$$

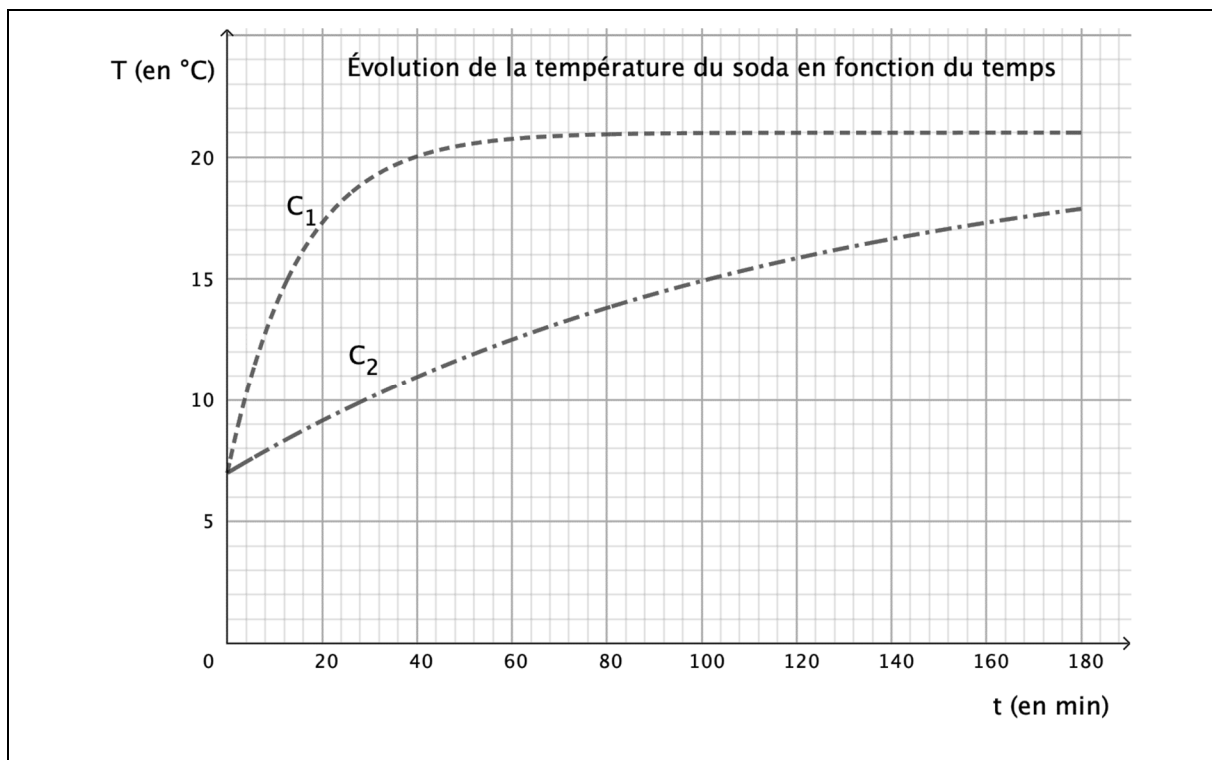
3. Calculer  $\lim_{t \rightarrow +\infty} f(t)$ . Interpréter ce résultat dans le contexte de l'expérience.
4. Déterminer, à partir de ce modèle, la valeur du temps  $t$  pour lequel la boisson atteint la température de 20 °C. Arrondir le résultat (en minute) à l'unité.

*On renouvelle l'expérience en remplaçant la tasse en porcelaine par un gobelet en acier de mêmes dimensions.*

*Données :*

- *conductivité thermique de la porcelaine* :  $1,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ;
  - *conductivité thermique de l'acier* :  $45,6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .
5. Identifier, parmi les courbes  $C_1$  et  $C_2$  figurant ci-dessous, celle qui représente l'évolution, en fonction du temps, de la température du soda versé dans un gobelet en acier. Expliciter le raisonnement utilisé.

**Document n°2 – Influence des conductivités thermiques des matériaux sur l'évolution de la température d'un soda en fonction du temps.**



## EXERCICE 2 (6 points)

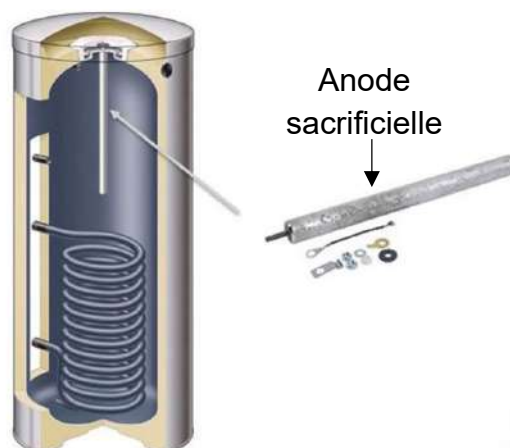
Physique-Chimie

### Protection cathodique par anode sacrificielle

La cuve interne d'un chauffe-eau est constituée d'acier. Elle est sujette à la corrosion provoquée par l'oxydation du fer par le dioxygène dissout dans l'eau. Il est donc nécessaire de mettre en place des mesures de protection pour prévenir la détérioration de la cuve.

#### Document n°3 – Méthode de protection par anode sacrificielle.

Une méthode retenue pour protéger la cuve en acier est de la relier électriquement à un autre métal afin qu'il s'oxyde à sa place. On peut utiliser le zinc qui s'oxyde plus facilement que le fer. Le morceau de zinc est alors sacrifié pour protéger le fer. Il porte le nom d'*anode sacrificielle*.



<https://www.viessmann.fr/>

Dans le cas d'un chauffe-eau électrique, pour une utilisation optimale, il est préconisé de changer ces anodes sacrificielles lorsqu'elles sont consommées à 50 %. Ce qui correspond à changement tous les 5 à 10 ans.

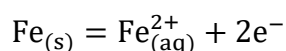
On cherche dans la suite de cet exercice à vérifier cette durée d'utilisation.

#### Étude de l'oxydation du fer.

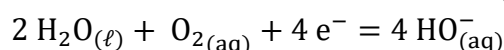
On se propose tout d'abord d'étudier la réaction d'oxydo-réduction entre le fer  $Fe$  et le dioxygène  $O_{2(aq)}$  dissout dans l'eau.

Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont  $Fe_{(aq)}^{2+}/Fe_{(s)}$  et  $O_{2(aq)}/H_2O_{(\ell)}$ .

La demi-équation (a) associée au couple oxydant/réducteur  $Fe_{(aq)}^{2+}/Fe_{(s)}$  est :



La demi-équation (b) associée au couple oxydant/réducteur  $O_{2(aq)}/H_2O_{(\ell)}$  est :



1. Établir, à partir des deux demi-équations (a) et (b), l'équation de la réaction d'oxydation du fer par le dioxygène.

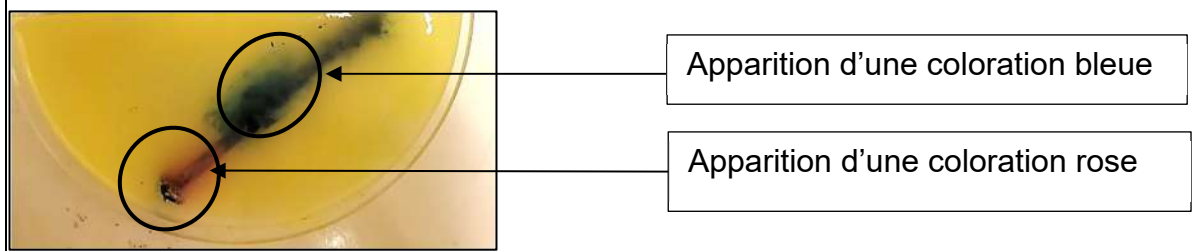
#### Document n°4 – Expérience réalisée en laboratoire.

On dépose dans une boîte de Pétri un clou en fer que l'on recouvre d'une solution aqueuse S saturée en chlorure de sodium contenant quelques gouttes de phénolphtaléine, une pointe de ferricyanure de potassium  $K_3[Fe(CN)_6]$ , et de l'agar-agar.

On précise que :

- le chlorure de sodium permet d'accélérer en laboratoire la réaction d'oxydation ;
- l'agar-agar permet de gélifier la solution, il est neutre vis-à-vis de toute réaction chimique ;
- la phénolphtaléine est un indicateur coloré acido-basique, qui devient rose vif en présence d'ions hydroxydes  $HO_{(aq)}^-$  ;
- le ferricyanure de potassium est un indicateur coloré faisant apparaître une coloration bleue en présence d'ions fer(II)  $Fe_{(aq)}^{2+}$ .

Les résultats obtenus au bout d'une heure d'expérience apparaissent sur la photo ci-dessous :



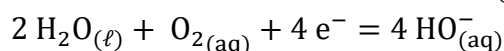
2. Identifier des espèces chimiques formées par la réaction d'oxydation du fer réalisée dans l'expérience décrite dans le **document n°4**. Justifier.

#### Étude de l'oxydation du zinc.

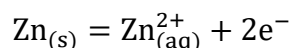
Lorsque l'on plonge un ruban de zinc métallique dans de l'eau, le métal zinc  $Zn_{(s)}$  s'oxyde en ion  $Zn_{(aq)}^{2+}$ .

Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont  $Zn_{(aq)}^{2+}/Zn_{(s)}$  et  $O_{2(aq)}/H_2O_{(\ell)}$ .

La demi-équation (b) associée au couple oxydant/réducteur  $O_{2(aq)}/H_2O_{(\ell)}$  est :



La demi-équation (c) associée au couple oxydant/réducteur  $Zn_{(aq)}^{2+}/Zn_{(s)}$  est :



3. Indiquer, sans calcul, comment évoluent lors de cette réaction :
- la masse de métal zinc ;
  - la concentration massique des ions zinc  $\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}$  ;
  - la concentration massique des ions hydroxyde  $\text{HO}_{(\text{aq})}^-$  .

### Protection du fer par ajout de zinc.

On dispose au laboratoire de clous en fer, de rubans de zinc métallique, de la solution S utilisée dans l'expérience du **document n°4**, ainsi que de la verrerie de laboratoire.

Dans une solution, lorsque des ions hydroxydes  $\text{HO}_{(\text{aq})}^-$  sont en présence d'ions zinc  $\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}$ , un précipité blanc d'hydroxyde de zinc de formule  $\text{Zn}(\text{OH})_{2(\text{s})}$  apparaît.

4. Proposer une expérience, en vous aidant éventuellement d'un schéma, permettant de montrer que le zinc s'oxyde à la place du fer lorsqu'il sont reliés électriquement comme indiqué dans le **document n°3**.
5. Indiquer les observations qui permettraient de valider le rôle d'anode sacrificielle du zinc comme il est décrit dans le **document n°3**.

### Protection du fer par anode sacrificielle de zinc dans le chauffe-eau.

On choisit d'installer dans le chauffe-eau une anode sacrificielle de longueur 50 cm et de masse 1,1 kg.

La quantité  $Q$  d'électricité stockée dans cette anode de zinc vaut  $9,0 \times 10^2 \text{ A} \cdot \text{h}$ .

*On rappelle que la quantité d'électricité stockée  $Q$ , l'intensité du courant  $I$  en ampère qui circule dans un circuit et la durée  $\Delta t$  de fonctionnement du dispositif sont liées par la relation  $Q = I \times \Delta t$ .*

6. Calculer la durée de vie de l'anode en supposant que le courant électrique entre l'anode en zinc et la cathode en fer est constant et égal à 5,0 mA.
7. Commenter votre résultat vis-à-vis des préconisations du constructeur concernant la durée d'utilisation optimale d'une anode sacrificielle.

### EXERCICE 3 (4 points)

Mathématiques

#### Filtre et fonction de transfert

Un filtre dans un circuit électrique permet de transmettre sélectivement certaines composantes du spectre en fréquence d'un signal.

On considère le filtre, composé d'une résistance  $R$  et d'un condensateur  $C$ .

On appelle fonction de transfert de ce filtre, la fonction  $H$  définie par :

$$H(\omega) = \frac{1}{1 + RC\omega \cdot i}$$

où :

- $i$  est le nombre complexe de module 1 et d'argument  $\frac{\pi}{2}$  vérifiant  $i^2 = -1$  ;
- $R$  est la résistance, exprimée en Ohm, ayant pour valeur  $10^6 \Omega$  ;
- $C$  est la capacité du condensateur, exprimée en Farad, ayant pour valeur  $10^{-6} \text{ F}$  ;
- $\omega$  est la pulsation du signal aux bornes du circuit, exprimée en  $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ .

La pulsation de coupure du filtre est définie par  $\omega_c = \frac{1}{RC}$ .

1. Calculer  $\omega_c$ , puis montrer que  $H(\omega_c) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}i$ .

2. Écrire  $H(\omega_c)$  sous forme exponentielle.

La réponse en gain du circuit, notée  $G_{dB}$  et exprimée en décibel, vaut pour cette fréquence de coupure :

$$G_{dB} = 20 \log(|H(\omega_c)|)$$

où  $|H(\omega_c)|$  est le module de  $H(\omega_c)$ .

3. Montrer que  $G_{dB} = -10 \log(2)$ .

On pose en cascade un deuxième filtre identique de même pulsation de coupure qui est tel que la fonction de transfert de ces deux filtres, notée  $H_T(\omega_c)$ , est égale au produit des fonctions de transfert de chacun des deux filtres. Ainsi :

$$H_T(\omega_c) = H(\omega_c) \times H(\omega_c).$$

4. Dédurre de la **question 2** le module et un argument de  $H_T(\omega_c)$ .

## EXERCICE 4 (6 points)

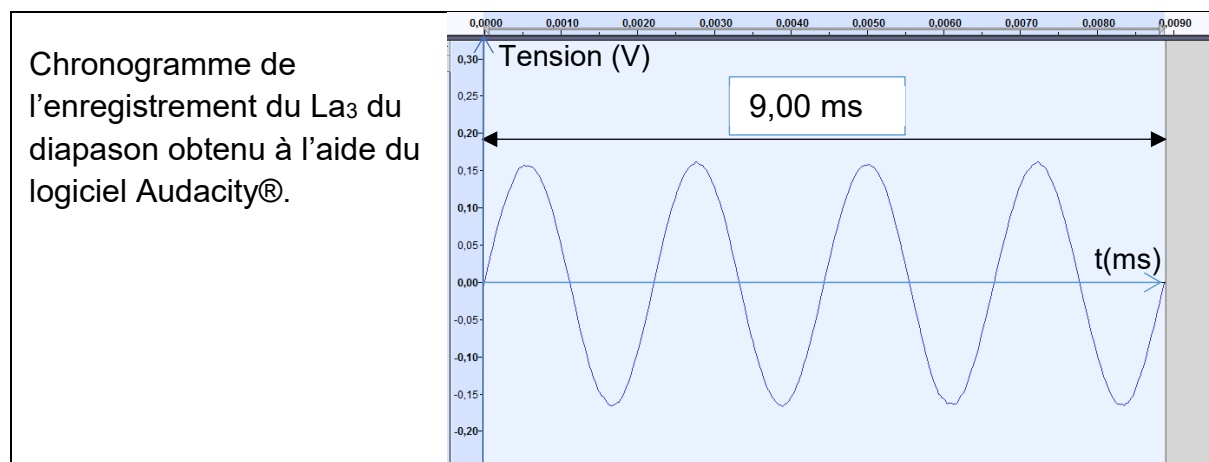
Physique-Chimie

### Installation d'un piano

#### Mise au diapason d'un piano.

Après le transport d'un piano, il convient de vérifier s'il est nécessaire de le mettre au diapason, c'est-à-dire d'ajuster l'ensemble des cordes pour régler sa justesse. On peut rapidement vérifier si le piano nécessite ce réglage en s'aidant d'un diapason qui émet la note  $La_3$  dont la fréquence vaut 440 Hz.

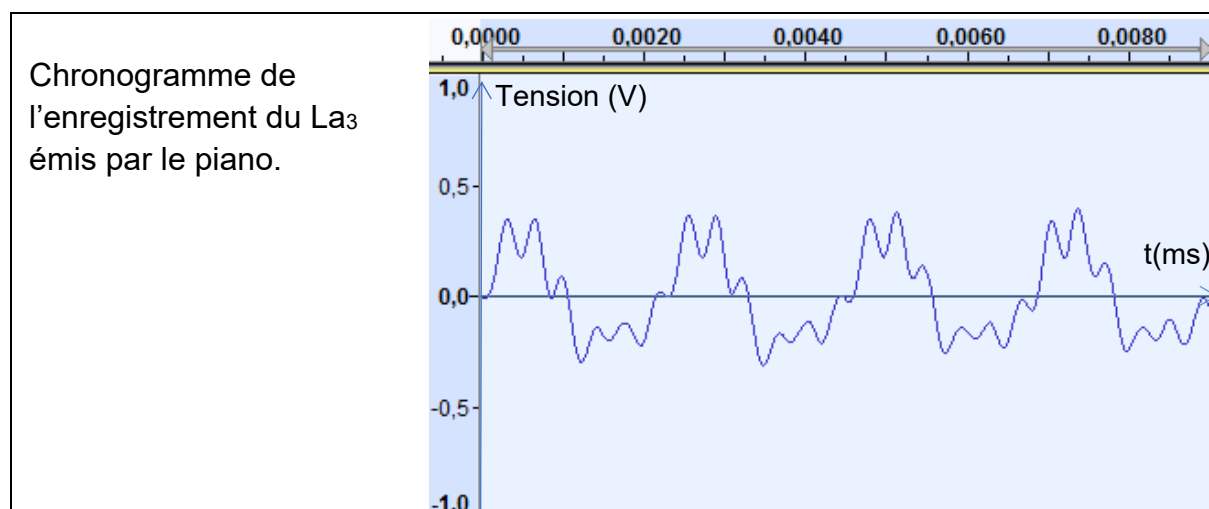
#### Document 5 – Chronogramme du son émis par le diapason.



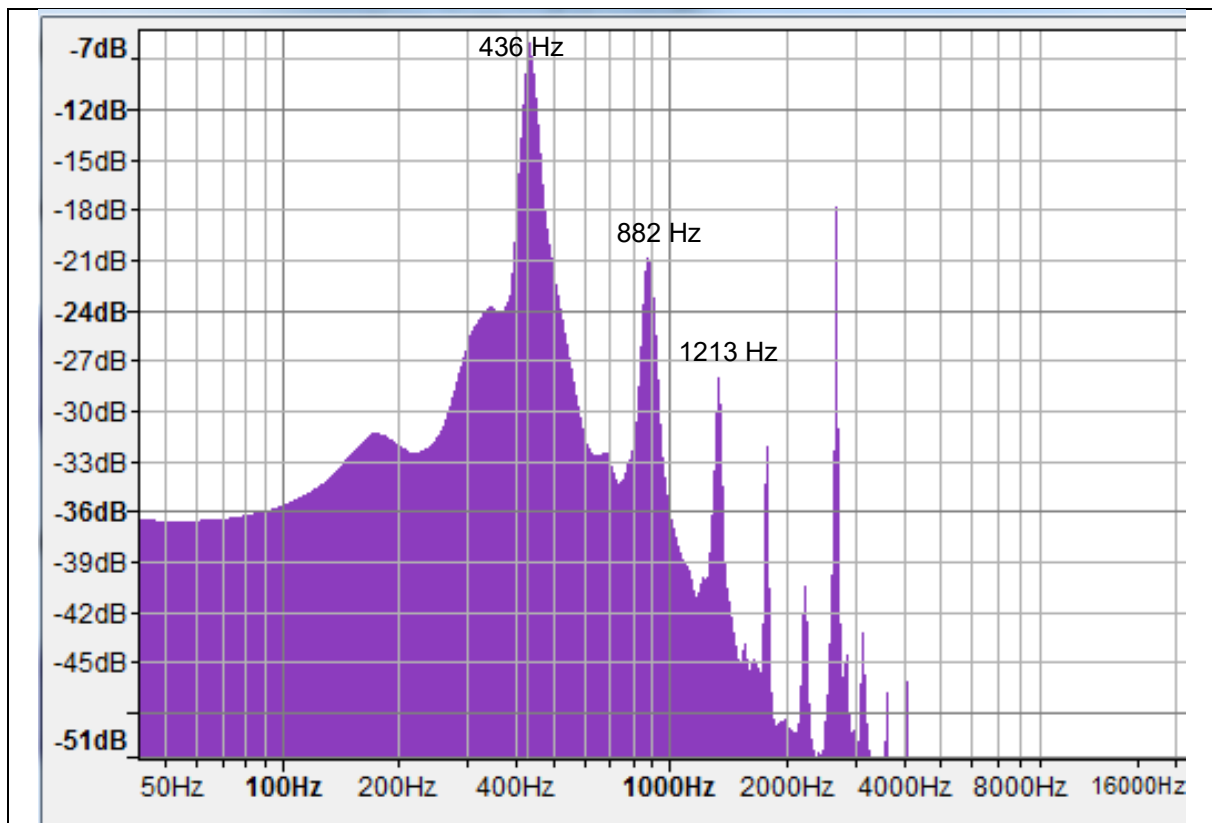
1. Déterminer la période du son émis par le diapason.
2. En déduire sa fréquence.

*On joue maintenant un  $La_3$  sur le piano.*

#### Document 6 – Chronogramme du $La_3$ émis par le piano.



**Document 7 – Analyse fréquentielle du La3 joué au piano obtenu avec le logiciel Audacity®.**



3. Donner le nom du type de graphique représenté dans le **document n°7**.
4. Indiquer si le son obtenu est un son pur ou complexe. Justifier.
5. Retrouver sur le **document n°7**, la fréquence de la note jouée et discuter la nécessité d'accorder le piano ou non.
6. Définir les notions de timbre et de hauteur d'un son.

## Insonorisation de la pièce.

Il est souvent indispensable d'isoler davantage les cloisons séparant la pièce où se trouve le piano des pièces voisines. Une mesure du niveau sonore maximal près du piano est réalisée.

### Document 8 – Mesure du niveau sonore près du piano.

Mesure du niveau sonore maximal près du piano :  $L_1 = 92,7$  dB.



Une relation entre le niveau sonore  $L$  et à l'intensité sonore  $I$  est donnée par :

$$I = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}}$$

où :

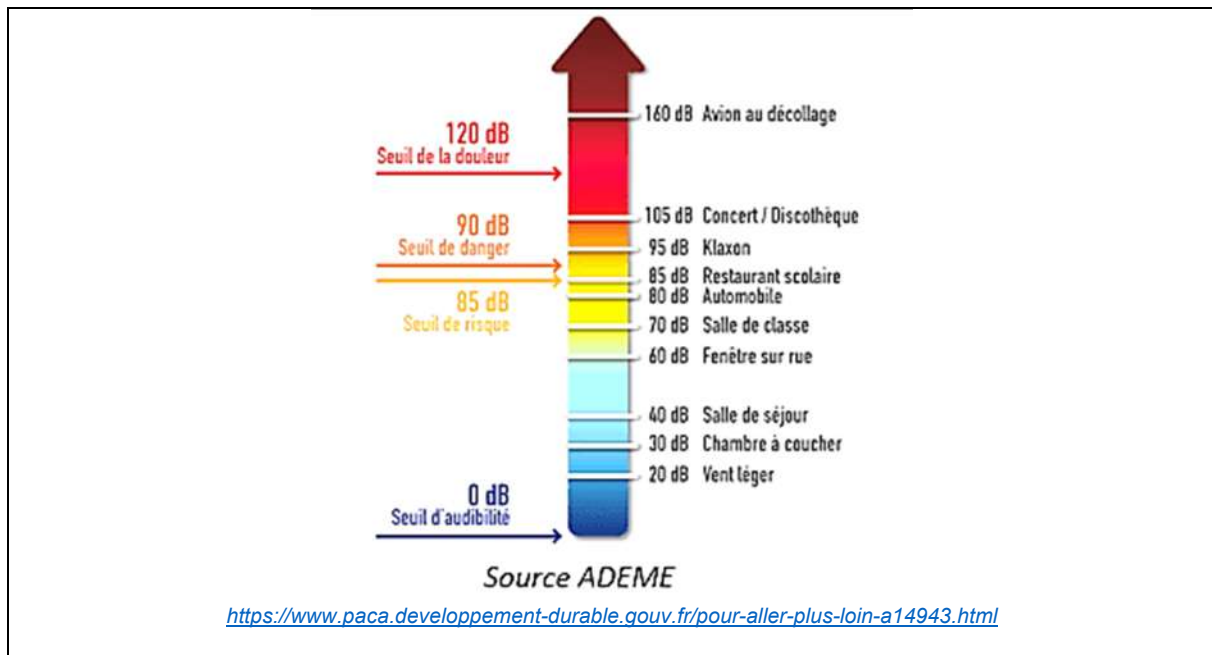
- $L$  s'exprime en décibel (dB) ;
- $I$  s'exprime en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  ;
- $I_0 = 10^{-12} \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

7. Nommer l'appareil permettant de mesurer un niveau sonore, visible sur la photographie du **document n°8**.
8. Montrer que l'intensité acoustique  $I_1$  correspondant au niveau sonore  $L_1$  mesuré est égal à  $1,86 \times 10^{-3} \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Pour une meilleure isolation phonique, une nouvelle cloison va être installée entre la salle du piano et la salle de séjour qui est la pièce voisine.

9. Compléter le **document-réponse**, avec les mots *incidente*, *réfléchie*, *transmise*, *absorbée*. **Ce document est à rendre avec la copie.**

## Document 9 – Échelle de bruit.



Le niveau sonore relevé à proximité de la cloison dans la pièce où l'on joue du piano est de 87 dB.

Le niveau sonore de l'autre côté de la cloison doit être conforme à celui d'une salle de séjour (voir **document n° 9**). L'indice d'affaiblissement acoustique de matériaux de construction est indiqué dans le tableau du **document n° 10**.

## Document 10 – Indices d'affaiblissement acoustique.

Type de cloison	Composition de la cloison	Epaisseur	Indice d'affaiblissement acoustique $R$ (dB)
1	Béton cellulaire	15 cm	40
2	Briques creuses	15 cm	43
3	BA13 – vide – BA13	7 cm	33
4	BA13 – laine minérale – BA13	7 cm	39
5	2BA13 - vide – 2BA13	12 cm	43
6	2BA13 – laine minérale – 2BA13	12 cm	50
7	2BA13 – laine minérale – 2BA13	18 cm	64

10. Calculer l'indice d'affaiblissement acoustique  $R$  nécessaire.

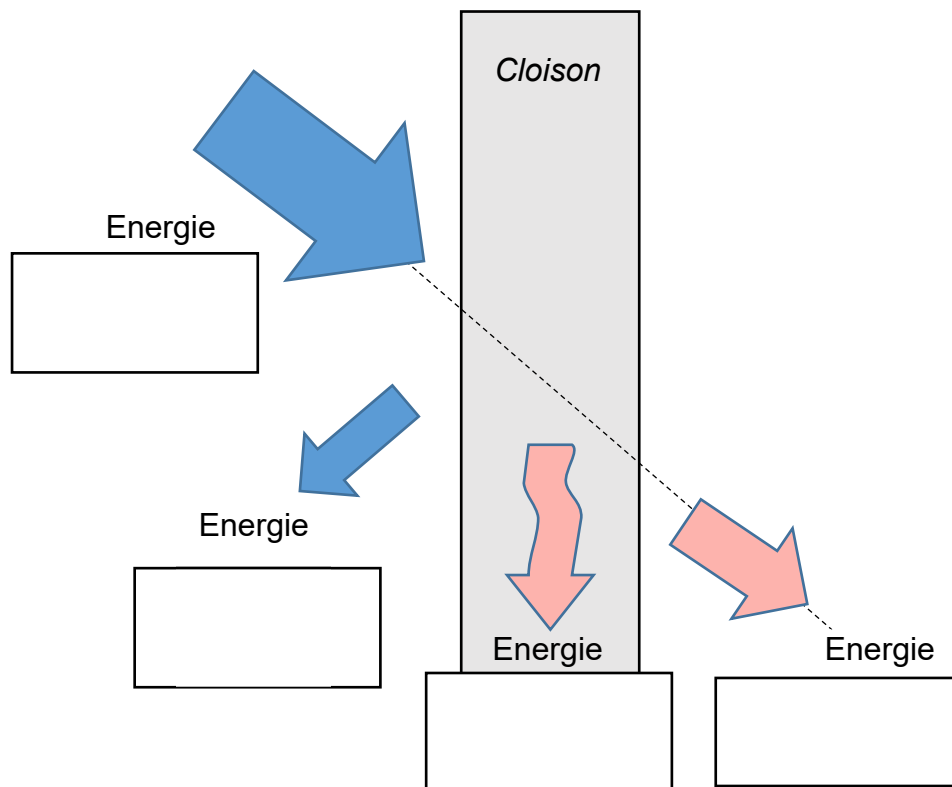
11. Choisir le type de cloison qui vous paraît le mieux adapté. Justifier.

## Document réponse

### Exercice n°4

#### Question n°9

Interaction entre une onde sonore et une paroi





# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2024**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

**MERCREDI 19 JUIN 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 collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

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

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

### Concert musical

Lors d'un concert de musique rock organisé dans la ville de Venise, une scène flottante était placée à 120 m au large de la côte et donc des spectateurs du premier rang. Cette configuration particulière a posé des problèmes d'acoustique liés à l'atténuation différentielle du son émis par les différents instruments, notamment du fait de l'influence de la fréquence du son sur la directivité de l'émission par les haut-parleurs. L'exercice propose de modéliser cette situation à partir de données expérimentales.

#### Données :

- Fréquences correspondant à certaines notes de musique :

Note	Do1	La1	Mi2	Ré3	Do4	Fa4	Si4
Fréquence (Hz)	65,4	110	165	294	523	698	988

- Le niveau sonore  $L$  (en dB) d'une onde sonore est relié à son intensité acoustique  $I$  (en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) par la relation :

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

où  $I_0 = 10^{-12} \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  et  $\log$  désigne le logarithme décimal.

#### Sonorisation du concert

Pour étalonner le système d'amplification des sons, on choisit deux notes de fréquences distinctes émises par la guitare, notées note 1 et note 2, et on étudie les signaux correspondants.

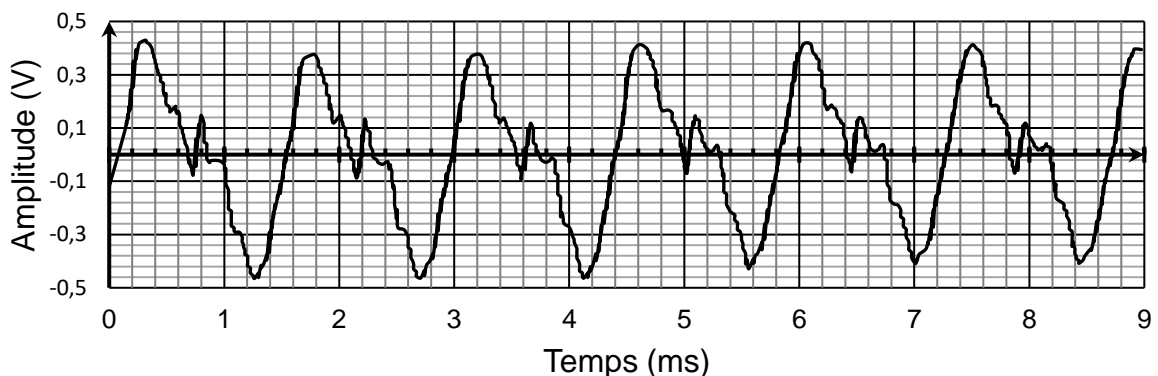


Figure 1 - Signal pour la note 1

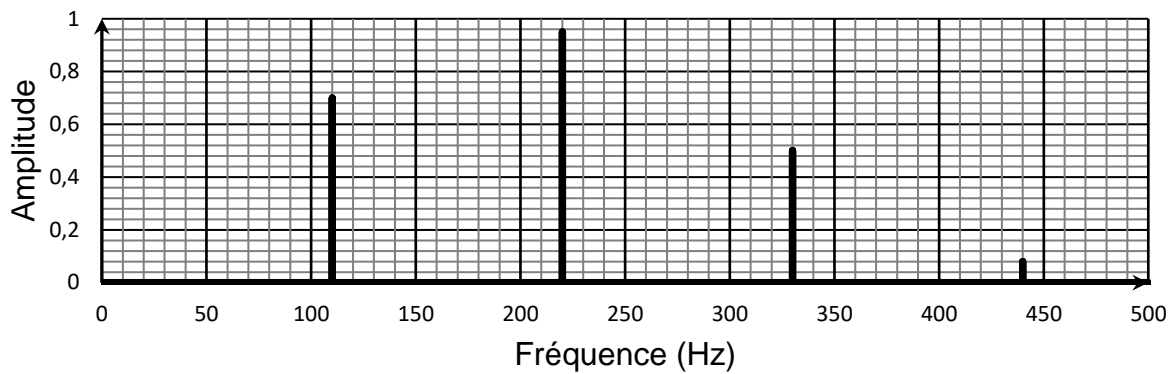


Figure 2 - Spectre en fréquence du signal obtenu pour la note 2

**Q1.** Déterminer la fréquence du signal représenté sur la figure 1 et indiquer la note de musique correspondante.

**Q2.** Indiquer, en justifiant votre réponse, si le son dont le spectre en fréquence est représenté sur la figure 2 est pur.

**Q3.** Identifier la note 2 associée au son dont le spectre en fréquence est représenté sur la figure 2.

Lors du concert, le niveau sonore mesuré au niveau des spectateurs les plus proches de la scène était de 100 dB.

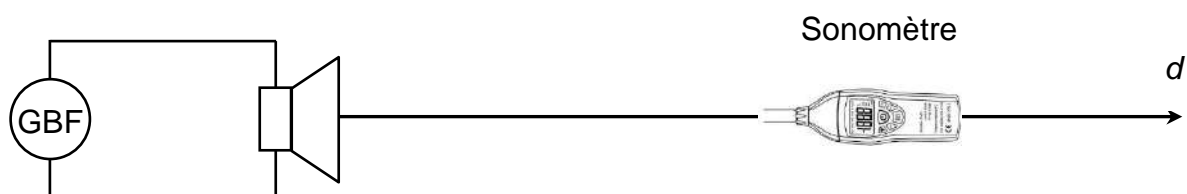
Les normes relatives à la prévention des risques liés au bruit en vigueur lors du concert fixaient une intensité acoustique maximale de valeur  $I_{\max} = 3,1 \times 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

**Q4.** Vérifier si le niveau sonore mesuré lors du concert respectait cette norme.

### Étude expérimentale

Pour étudier la variation du niveau sonore du signal lors de sa propagation, on mesure celui-ci à l'aide d'un sonomètre, placé à différentes distances de la source dans une direction donnée (document 1).

Un générateur connecté aux enceintes permet d'émettre deux notes distinctes : un La1 puis un Fa4. Les mesures obtenues pour chaque note figurent dans le document 2.



Document 1 - Schéma de l'expérience

Distance $d$ (m)	10	20	30	50	70	90	100	110
$L_1$ pour le La1 (dB)	102,0	95,6	94,6	84,0	81,6	80,3	78,7	78,7
$L_2$ pour le Fa4 (dB)	97,0	95,7	88,0	89,6	85,3	82,1	81,2	79,0

Document 2 - Tableau des mesures des niveaux sonores.

On détermine ensuite des modèles numériques (valables pour une distance supérieure à 1 m), donnant les niveaux sonores de chaque note en fonction de la distance.

Sur la base de ces modèles, on obtient les expressions suivantes :

- pour le La1 :  $L_1 = 125 - 10 \ln(d)$  ;
- pour le Fa4 :  $L_2 = 117 - 7,5 \ln(d)$  ,

où  $d$  est exprimé en m,  $L_1$  et  $L_2$  sont exprimés en dB et  $\ln$  désigne le logarithme népérien.

On étudie mathématiquement le modèle obtenu en introduisant les fonctions  $f$  et  $g$  définies sur  $[1 ; +\infty[$  par :

$$f(x) = 125 - 10 \ln(x) \text{ et } g(x) = 117 - 7,5 \ln(x) .$$

Ces fonctions modélisent respectivement les niveaux sonores du La1 et du Fa4 en fonction de la distance.

**Q5.** Déterminer une expression de  $f'(x)$  où  $f'$  est la fonction dérivée de  $f$  sur  $[1 ; +\infty[$ .

On modifie désormais les réglages d'émission pour améliorer la qualité du son. Les expressions des nouvelles fonctions décrivant la dépendance de  $L_1$  et  $L_2$  avec la distance sont alors :

$$f_m(x) = 148 - 10 \ln(x) \text{ et } g_m(x) = 136 - 7,5 \ln(x) ,$$

respectivement, pour les notes La1 et Fa4.

**Q6.** Résoudre l'équation  $f_m(x) = g_m(x)$  correspondant à  $148 - 10 \ln(x) = 136 - 7,5 \ln(x)$  (arrondir le résultat à  $10^{-1}$ ).

En déduire la distance  $d_m$  des enceintes à laquelle doit se trouver le public pour que les deux notes aient le même niveau sonore.

**Q7.** Pour les réglages modifiés, calculer le niveau sonore du son reçu par les spectateurs à la distance  $d_m$  des enceintes pour chacune des notes.

## EXERCICE 2 (4 points) (physique-chimie)

### Utilisation du Cobalt 60 en médecine

Un dispositif de radiochirurgie en dose unique, basé sur l'utilisation des rayons gamma émis par des sources radioactives de cobalt 60, a récemment été mis en œuvre. L'appareil permet de traiter des cibles dans le cerveau du patient en administrant une dose très forte de radiations dans une région ultra localisée. On peut ainsi traiter des tumeurs de petite taille, situées dans des régions profondes du cerveau et donc inopérables.

Source : [www.chu-lyon.fr/](http://www.chu-lyon.fr/)

#### Données :

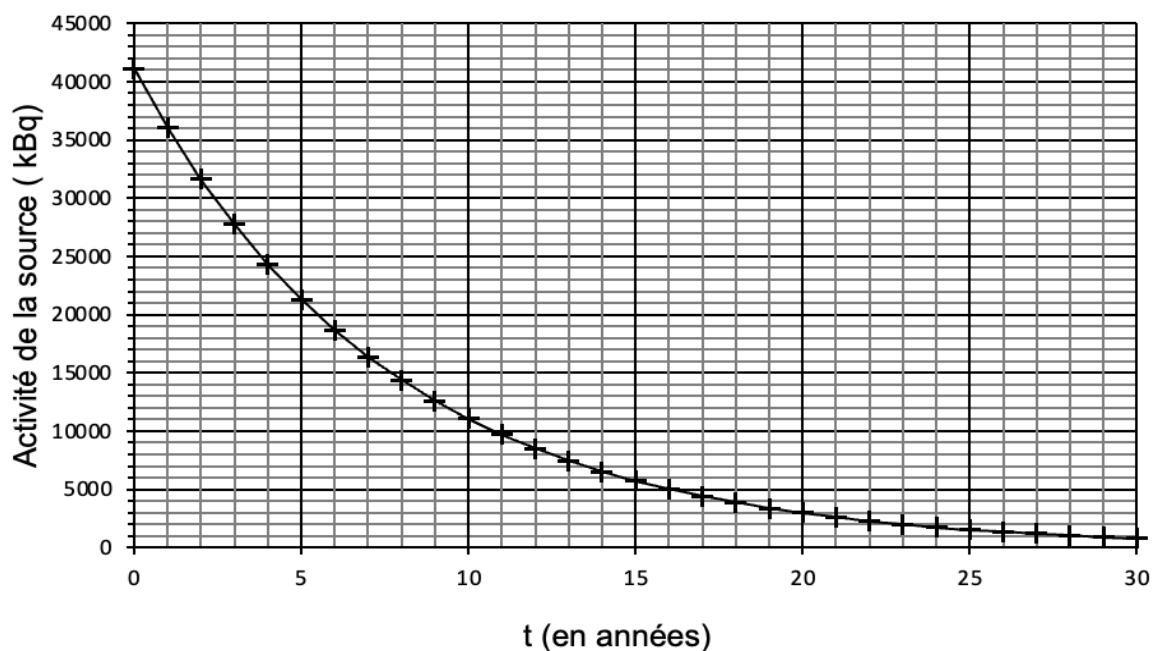
- Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  .
- Célérité de la lumière dans le vide  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  .
- 1 kBq correspond à 1000 désintégrations par seconde.

Le cobalt 60, de symbole  ${}_{27}^{60}\text{Co}$  se désintègre pour donner un noyau fils de nickel de symbole  ${}_{28}^{60}\text{Ni}$  selon une désintégration de type  $\beta^-$ .

**Q1.** Rappeler les différents types de rayonnement radioactif. Préciser la nature de la particule émise lors de la désintégration du  ${}_{27}^{60}\text{Co}$  en  ${}_{28}^{60}\text{Ni}$ .

Le noyau fils  ${}_{28}^{60}\text{Ni}$  issu de cette désintégration est dans un état excité. Il se désexcite en émettant un photon d'énergie  $2,13 \times 10^{-13} \text{ J}$ .

**Q2.** Calculer la fréquence, puis la longueur d'onde du rayonnement émis au cours de la désexcitation du  ${}_{28}^{60}\text{Ni}$ .



Document 1 - Décroissance de l'activité d'un échantillon de cobalt 60

Le traitement des déchets diffère selon la valeur de la demi-vie des éléments radioactifs qu'ils contiennent. Les éléments dont la durée de demi-vie est inférieure à 31 ans peuvent être stockés sur le lieu d'utilisation. On considère qu'au bout d'une durée de 10 demi-vies, l'activité de la source est négligeable.

Le document 1 représente la courbe de décroissance radioactive au cours du temps de l'activité d'un échantillon de cobalt 60 utilisé en milieu hospitalier.

**Q3.** Définir l'activité d'une source radioactive et déterminer l'activité initiale de l'échantillon de cobalt 60 considéré.

**Q4.** À l'aide du document 1, déterminer la durée de demi-vie du cobalt 60 en expliquant la méthode.

**Q5.** Calculer la durée au bout de laquelle on peut considérer que l'activité de l'échantillon est négligeable. Préciser alors si les noyaux de  ${}_{27}^{60}\text{Co}$  sont présents dans la nature.

### EXERCICE 3 (4 points)

(mathématiques)

**Dans cet exercice, les questions 1, 2, 3 et 4 peuvent être traitées de façon indépendante les unes des autres.**

Un parachutiste est en chute libre dans l'air jusqu'à l'instant  $t = 0$  où il ouvre son parachute. Sa vitesse est alors de  $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . On admet par la suite que sa vitesse  $v$ , en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , en fonction du temps  $t$ , en s, est solution de l'équation différentielle sur l'intervalle  $[0; +\infty[$  :

$$(E) : y' = -5y + 10 .$$

#### Question 1

La fonction constante  $g$  définie sur l'intervalle  $[0; +\infty[$  par  $g(t) = 2$  est-elle une solution de l'équation différentielle (E) ? Justifier la réponse.

#### Question 2

Montrer que les solutions de l'équation différentielle (E) sur l'intervalle  $[0; +\infty[$  sont les fonctions  $f$  définies sur cet intervalle par  $f(t) = ke^{-5t} + 2$ , où  $k$  est un nombre réel donné.

#### Question 3

En admettant le résultat de la question précédente, montrer que la fonction  $v$  est donnée sur  $[0; +\infty[$  par  $v(t) = 48e^{-5t} + 2$ .

#### Question 4

La distance parcourue, en mètre, par le parachutiste pendant les 10 premières secondes après ouverture du parachute est donnée par l'intégrale :

$$\int_0^{10} (48e^{-5t} + 2) dt.$$

Calculer cette intégrale (arrondir à  $10^{-1}$ ).

## EXERCICE 4 (8 points) (physique-chimie)

### Limitation de vitesse et climat

En 2020, lors de la convention citoyenne pour le climat, il a été proposé de baisser la vitesse maximale autorisée sur l'autoroute de  $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  à  $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  afin de réduire les émissions de  $\text{CO}_2$  des moteurs thermiques, en partie responsables du réchauffement climatique.



Cet exercice étudie quantitativement les effets que l'on pourrait attendre d'une telle mesure.

### Vitesse et énergies

#### Données :

- Conversion d'énergie :  $1 \text{ Wh} = 3,6 \times 10^3 \text{ J}$
- Conversion de vitesse :  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = 3,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
- La diminution relative d'une grandeur  $X$  dont la valeur passe de  $X_{\text{initial}}$  à  $X_{\text{final}}$  est définie par :  $\frac{X_{\text{initial}} - X_{\text{final}}}{X_{\text{initial}}}$ .

**Q1.** Montrer que l'énergie cinétique que possède une voiture de masse  $m = 1260 \text{ kg}$  lorsqu'elle roule à la vitesse de  $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  est voisine de  $163 \text{ Wh}$ .

**Q2.** L'énergie cinétique de la même voiture roulant à  $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  vaut  $228 \text{ Wh}$ . Conclure sur l'impact de la diminution de limitation de la vitesse du véhicule sur les dégâts possibles lors d'un accident.

Les frottements de l'air sur la voiture sont des forces de résistance aérodynamique qui peuvent être représentées par une force  $\vec{F}$  de même direction que le déplacement du véhicule et de sens opposé à celui-ci.

La valeur  $F$  de cette force est proportionnelle au carré de la vitesse du véhicule  $v$ . On donne la relation :

$$F = k \times v^2,$$

où  $k$  est une constante. Pour la voiture considérée on a :  $k = 0,404 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$ . Dans cette relation, la force est en Newton et la vitesse en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**Q3.** Montrer que le travail  $W$  de la force de frottement de l'air sur la voiture, pour un trajet rectiligne de  $100 \text{ km}$  parcouru à la vitesse constante de  $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , est voisin de  $-38 \text{ MJ}$ .

Le travail de la force de frottement de l'air sur la même voiture roulant à la vitesse constante de  $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  sur une distance de  $100 \text{ km}$  vaut  $-53 \text{ MJ}$ .

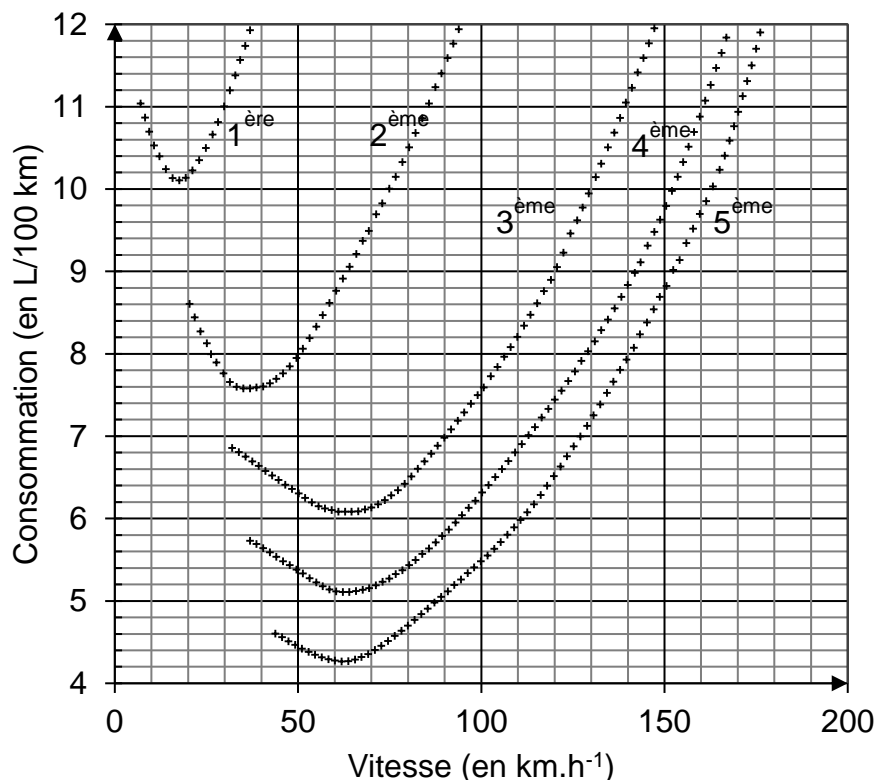
La diminution de la vitesse de  $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  à  $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  correspond donc à une diminution relative de la vitesse de 15 % environ.

**Q4.** Montrer que cette diminution de vitesse entraîne une diminution relative d'environ 28% de l'énergie nécessaire pour compenser le travail de la force de frottement de l'air.

### Vitesse et émission de $\text{CO}_2$

La consommation d'essence d'une voiture, qui se déplace à vitesse constante, dépend de sa vitesse de déplacement et du rapport de la boîte de vitesse utilisé.

Le document 1 présente la consommation théorique d'un « moteur-exemple » pour cinq rapports différents de la boîte de vitesse.



Document 1 - Consommation de carburant du véhicule en fonction de la vitesse, pour les cinq rapports de la boîte de vitesse (1<sup>ère</sup> à 5<sup>ème</sup>)

Source : « Transmissions dans l'automobile - Influence sur la consommation du véhicule »

**Q5.** On utilise le 5<sup>ème</sup> rapport de la boîte de vitesse. Déterminer, à l'aide du document 1, les volumes de carburant consommés pour un trajet de 100 km parcouru, d'une part à la vitesse constante de  $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  et d'autre part, à la vitesse constante de  $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

En déduire que le volume de carburant économisé par une baisse de la vitesse de  $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  à  $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  est de l'ordre de 1,2 L pour un trajet de 100 km.

La diminution relative de consommation d'essence associée à cette diminution de vitesse, est voisine de 17 %.

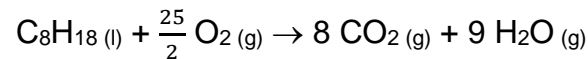
**Q6.** Comparer cette diminution relative à celle calculée à la question Q4. Commenter l'écart constaté.

### Combustion de carburant et émission de CO<sub>2</sub>

La combustion du carburant dans le moteur produit du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, qui est le principal gaz à effet de serre issu de l'activité humaine.

On considère que le carburant utilisé est équivalent à de l'octane, de formule C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>.

L'équation de sa combustion dans le moteur est :



**Q7.** Montrer que la quantité de matière d'octane (de masse molaire  $M = 114 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) présente dans 1,2 L d'essence de masse volumique  $\rho = 750 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , a une valeur de 7,9 mol.

**Q8.** Établir, à l'aide de l'équation donnée, la relation entre les quantités de matière d'octane consommé, notée  $n_{\text{C}_8\text{H}_{18}}$ , et de dioxyde de carbone produit, notée  $n_{\text{CO}_2}$ .

**Q9.** En déduire que la combustion de 1,2 L d'essence produit un peu plus de 63 mol de CO<sub>2</sub>.

**Q10.** Calculer la masse de CO<sub>2</sub> qu'on évite ainsi de produire, pour 100 km parcourus, en diminuant la vitesse des véhicules de 130 km·h<sup>-1</sup> à 110 km·h<sup>-1</sup> (on donne la masse molaire du dioxyde de carbone :  $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ).

D'après le rapport de l'Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes, 83 milliards de kilomètres ont été parcourus sur les autoroutes par des voitures en 2022.

**Q11.** Estimer la diminution de masse de CO<sub>2</sub> rejetée dans l'atmosphère, par an en France, correspondant à une baisse de la vitesse maximale sur autoroute de 130 km·h<sup>-1</sup> à 110 km·h<sup>-1</sup>. Pour ce calcul en ordre de grandeur, on admettra que les véhicules roulent tout le temps à la vitesse limite autorisée et qu'ils sont tous identiques à celui étudié.

**Q12.** À l'aide du document 2 (page suivante), déterminer quel type d'agglomération émet, par an, une masse de CO<sub>2</sub> équivalente à celle déterminée dans la question Q11, sachant qu'en France l'empreinte carbone moyenne annuelle est d'environ 8 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par habitant.

Population	Dénomination de l'agglomération
Moins de 2 000 habitants	Village
2 000 à 5 000 habitants	Bourg
5 000 à 20 000 habitants	Petite ville
20 000 à 50 000 habitants	Ville moyenne
50 000 à 200 000 habitants	Grande ville
Plus de 200 000 habitants	Métropole

Document 2 - Limites statistiques proposées par l'[INSEE](#) Source : *wikipedia.org*

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2025**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

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 collègue » 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)

### Une coulée comme Léon Marchand

On appelle coulée la phase sous-marine qui suit le plongeon ou le virage d'un nageur. Cet exercice présente une évaluation des forces de frottements auxquelles le nageur est soumis lors d'une coulée.

#### Partie 1

On suppose que le déplacement du nageur se produit à une profondeur constante lors de la coulée. Pendant cette phase, le sportif se laisse glisser dans l'eau, sans nager. Le mouvement du nageur est supposé rectiligne. Dans ces conditions, on peut considérer que le nageur est uniquement soumis à la force résultante des forces de frottement de l'eau sur son corps, appelée traînée hydrodynamique et notée  $\vec{T}$ . Cette force est de même direction que la vitesse du nageur, mais de sens opposé. La figure 1 ci-après représente l'évolution de la vitesse du nageur en fonction du temps.

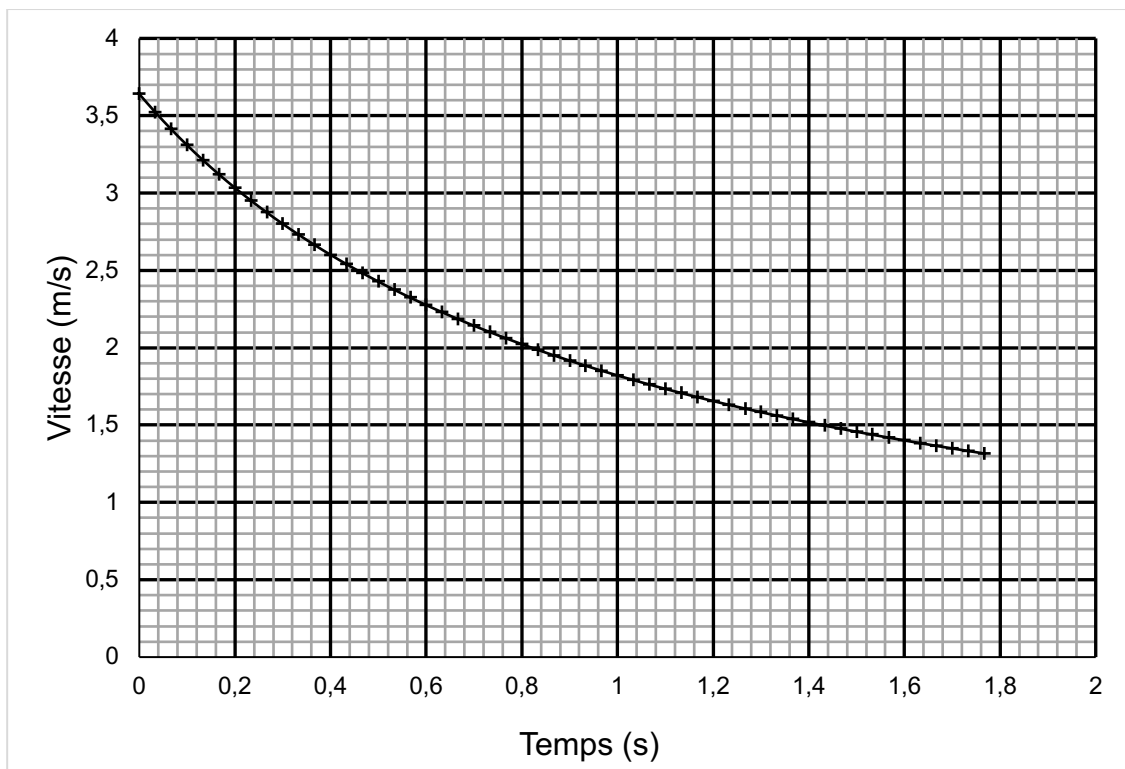


Figure 1 – Vitesse du nageur en fonction du temps

**Q1.** Indiquer en justifiant la réponse si le mouvement lors de la coulée du nageur est accéléré, décéléré, ou uniforme.

**Q2.** Indiquer en justifiant la réponse si au cours de ce mouvement le travail de la force de traînée hydrodynamique  $\vec{T}$  est positif, nul ou négatif.

**Donnée :** masse du nageur  $m = 80$  kg

**Q3.** Calculer la valeur de l'énergie cinétique du nageur aux instants  $t = 0$  et  $t = 1,6$  s.

On rappelle que la variation de l'énergie cinétique d'un système en mouvement entre deux instants est égale à la somme des travaux des forces extérieures qui lui sont appliquées lors de son déplacement.

**Q4.** En admettant que la seule force qui travaille est la force de traînée hydrodynamique  $\vec{T}$ , calculer la valeur de son travail entre les instants  $t = 0$  et  $t = 1,6$  s.

## Partie 2

On détermine un modèle numérique à partir de l'expérience de la partie 1. On suppose que la distance parcourue par le nageur durant la coulée, exprimée en mètre, en fonction du temps  $t$ , exprimée en seconde, est définie sur l'intervalle  $[0; 2]$  par :

$$f(t) = 3,64 \ln(1 + t).$$

**Q5.** Calculer  $f(0)$ .

**Q6.** On admet que la vitesse du nageur, en m/s, est donnée, en fonction du temps en s, par  $v(t) = \frac{3,64}{1+t}$ .

Montrer que l'accélération, correspondant à la dérivée de  $v$  est  $a(t) = \frac{-3,64}{(1+t)^2}$ .

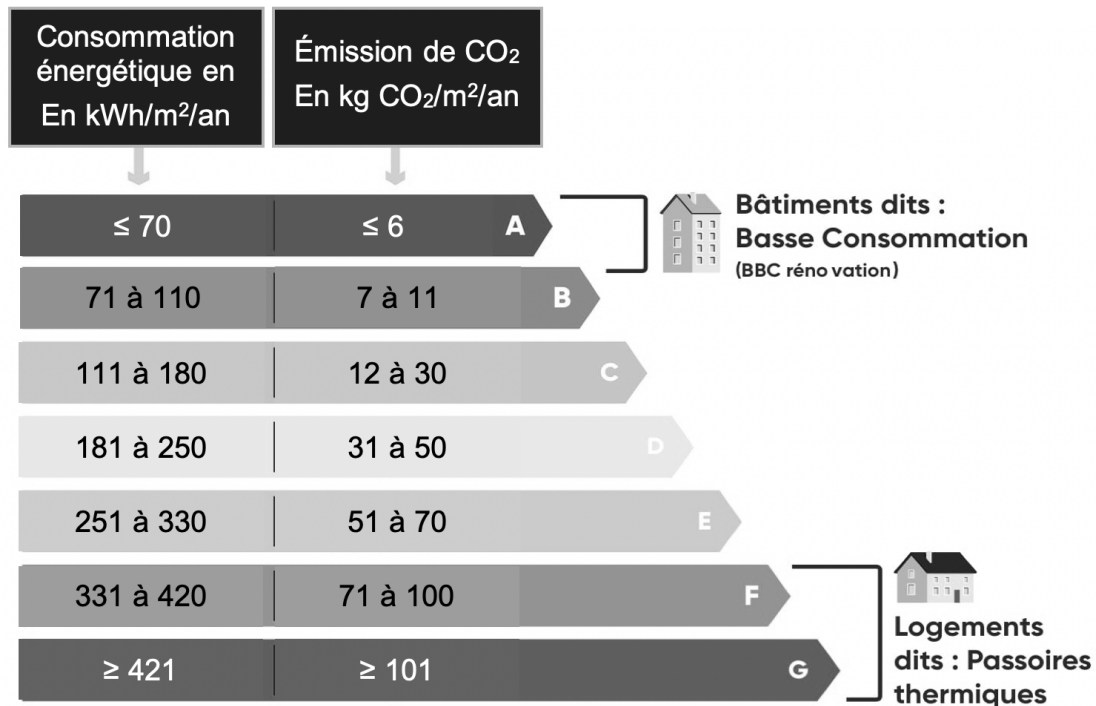
**Q7.** Interpréter le signe de  $a$  dans le contexte de l'exercice et vérifier la cohérence avec l'observation de la courbe représentative de la fonction  $v$ .

**Q8.** Rappeler la relation entre le vecteur accélération  $\vec{a}$  et la force de traînée hydrodynamique  $\vec{T}$ . Montrer que la modélisation effectuée est compatible avec une force de traînée de valeur proportionnelle au carré de la vitesse.

## EXERCICE 2 (5 points) (physique-chimie)

### Classe énergétique d'un logement

On souhaite étudier la possibilité d'améliorer la performance énergétique d'une habitation de classe énergétique B, en installant une pompe à chaleur géothermique. Le document 1 ci-dessous précise certaines caractéristiques des différentes classes énergétiques de logements.



Document 1 – Classement énergétique des logements (source [effy.fr](http://effy.fr))

Pour cette étude, on commence par calculer l'énergie électrique consommée annuellement pour le chauffage de l'habitation et pour la production d'eau chaude sanitaire.

#### Données :

- surface habitable de l'habitation : 80 m<sup>2</sup> ;
- les murs de l'habitation sont composés de fibres de bois ;
- surface totale des murs :  $S_{\text{murs}} = 90 \text{ m}^2$  ;
- conductivité thermique de la fibre de bois :  $\lambda_{\text{fibre}} = 0,038 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$  ;
- température à l'intérieur de la maison :  $T_{\text{int}} = 19^\circ\text{C}$  ;
- température moyenne à l'extérieur de la maison en hiver :  $T_{\text{ext}} = 5^\circ\text{C}$  ;
- durée annuelle d'utilisation du chauffage : 180 jours ;
- épaisseur des murs :  $e = 200 \text{ mm}$ .

- La résistance thermique  $R_{th}$  d'une paroi d'épaisseur  $e$ , de surface  $S$ , constituée d'un matériau de conductivité thermique  $\lambda$  est donnée par la relation :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

- Le flux thermique  $\Phi$  à travers une paroi de résistance thermique  $R_{th}$  est proportionnel à la différence de température  $\Delta T$  entre les deux côtés de la paroi selon la relation :

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

### Énergie consommée pour chauffer l'habitation

**Q1.** Calculer la résistance thermique  $R_{th,murs}$  de la surface totale des murs de l'habitation.

**Q2.** Calculer la valeur du flux thermique correspondant à la perte d'énergie au travers l'ensemble des murs.

Le flux thermique total perdu au travers de l'ensemble des limites de l'habitation, sols et plafonds inclus, a une valeur de 910 W. Ce flux thermique est égal au flux thermique que l'on doit fournir pour maintenir la température du logement à 19°C lorsque la température extérieure vaut 5°C.

**Q3.** Montrer que la résistance globale  $R_{th,glob}$  entre l'intérieur du logement et l'extérieur est voisine de  $1,5 \times 10^{-2} \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$ .

**Q4.** Calculer, en wattheure (Wh), l'énergie thermique totale à fournir pour maintenir la température du logement à 19°C pendant la période de chauffage.

On rappelle que :  $1 \text{ Wh} = 3,6 \times 10^3 \text{ J}$ .

### Énergie consommée pour chauffer l'eau chaude sanitaire

Le volume d'eau chaude consommé chaque jour dans le logement a une valeur de 130 L.

#### Données :

- température de l'eau froide :  $\theta_f = 15^\circ\text{C}$  ;
- température de l'eau chaude :  $\theta_c = 55^\circ\text{C}$  ;
- masse volumique de l'eau :  $\rho = 1,00 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$  ;
- capacité thermique massique de l'eau :  $c_{eau} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ;

**Q5.** Montrer que l'énergie thermique  $Q_{eau}$  nécessaire au chauffage de l'eau consommée sur une année, soit 365 jours, a pour valeur  $2,2 \times 10^6 \text{ Wh}$ .

**Q6.** Montrer que l'énergie thermique totale consommée pour chauffer l'habitation et l'eau sanitaire pendant une année a une valeur voisine de  $6,0 \times 10^6 \text{ Wh}$ .

### **Apport de la pompe à chaleur**

Une pompe à chaleur est un dispositif qui peut fournir à l'air intérieur de l'habitation une énergie thermique supérieure à l'énergie électrique consommée.

Le coefficient de performance énergétique (COP) d'une pompe à chaleur correspond au rapport entre l'énergie thermique restituée et l'énergie électrique consommée par celle-ci :

$$\text{COP} = \frac{\text{Énergie thermique fournie par la pompe à chaleur}}{\text{Énergie électrique consommée par la pompe à chaleur}}$$

**Q7.** Montrer que l'énergie électrique que consommerait une pompe à chaleur géothermique dont le COP vaut 4,0 pour chauffer annuellement l'habitation et l'eau sanitaire vaut environ  $1,5 \times 10^6$  Wh.

**Q8.** En déduire la classe énergétique de l'habitation équipée de cette pompe à chaleur. Indiquer si la classe énergétique du logement est améliorée grâce à l'utilisation de cette pompe à chaleur.

**Q9.** Proposer une autre solution permettant d'améliorer la classe énergétique du logement.

### EXERCICE 3 (4 points) (mathématiques)

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

#### Q1.

Pour cette question, indiquer la lettre de la réponse exacte, en justifiant votre choix.

On considère la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  par  $f(x) = e^{-0,016x} - 2$  et on note  $f'$  sa fonction dérivée.

A	B	C	D
$f(0) = -2$	$f'(x) = e^{-0,016x}$	$f$ est croissante sur $\mathbb{R}$ .	$f$ est décroissante sur $\mathbb{R}$ .

#### Q2.

Soit la fonction  $f$  définie sur  $[0 ; +\infty[$  par  $f(x) = \frac{30}{1+2x}$ .

Est-il vrai que la valeur moyenne de  $f$  sur l'intervalle  $[5 ; 15]$  est supérieure à 3 ?

Justifier la réponse.

*Rappel* : la valeur moyenne de la fonction  $f$  sur l'intervalle  $[a, b]$  est  $\frac{1}{b-a} \int_a^b f(t) dt$ .

#### Q3.

On note  $f(t)$  la température (en °C) d'un café en fonction du temps  $t$  (en minute) écoulé depuis sa sortie d'une machine à expresso. A l'instant  $t = 0$ , la température initiale du café est 83°C.

On admet que la fonction température est solution sur  $[0; +\infty[$  de l'équation différentielle :  $y' = -0,08y + 1,84$ .

Déterminer l'expression de l'unique solution  $f$  qui vérifie les données précédentes.

#### Q4.

On note  $f(t)$  la température (en °C) d'un café en fonction du temps  $t$  (en minute) écoulé depuis sa sortie d'une machine à expresso. On admet, pour tout  $t \in [0; +\infty[$ , l'expression suivante :  $f(t) = 60e^{-0,08t} + 23$ .

Au bout de combien de temps la température du café sera-t-elle inférieure ou égale à 44°C ?

Donner la réponse à la minute près.

## EXERCICE 4 (7 points) (physique-chimie)

### Puissance d'une installation

Les lave-linges constituent des postes de dépense énergétique et d'utilisation d'eau non négligeables. Cet exercice étudie la consommation électrique et la consommation d'eau liées à leur utilisation.

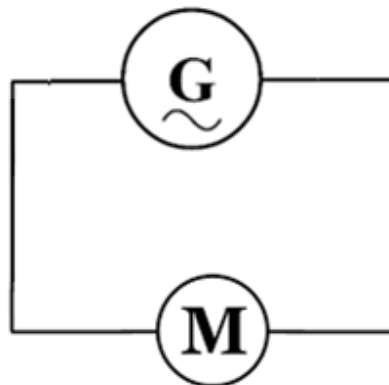
On rappelle que pour un courant alternatif sinusoïdal, les valeurs efficaces de la tension et de l'intensité du courant,  $U_{\text{eff}}$  et  $I_{\text{eff}}$ , sont reliées à leurs valeurs maximales,  $U_{\text{max}}$  et  $I_{\text{max}}$ , par les relations :

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \quad \text{et} \quad I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

### Partie 1 – Moteur d'un lave-linge

On s'intéresse dans cette partie, à l'étude d'un moteur asynchrone qui équipe certains lave-linges. Pour simuler ce moteur, on utilise un moteur asynchrone de démonstration alimenté par un générateur de tension alternative.

Générateur de tension alternative



Moteur asynchrone

Document 1 – Schéma du circuit réalisé

**Q1.** Recopier le schéma du circuit du document 1 et indiquer sur le schéma comment on doit connecter les appareils de mesure de l'intensité du courant électrique et de la tension aux bornes du moteur.

On a réalisé l'enregistrement de l'intensité du courant électrique et de la tension aux bornes du moteur en fonction du temps. Les courbes obtenues sont représentées sur la figure 1 ci-dessous.

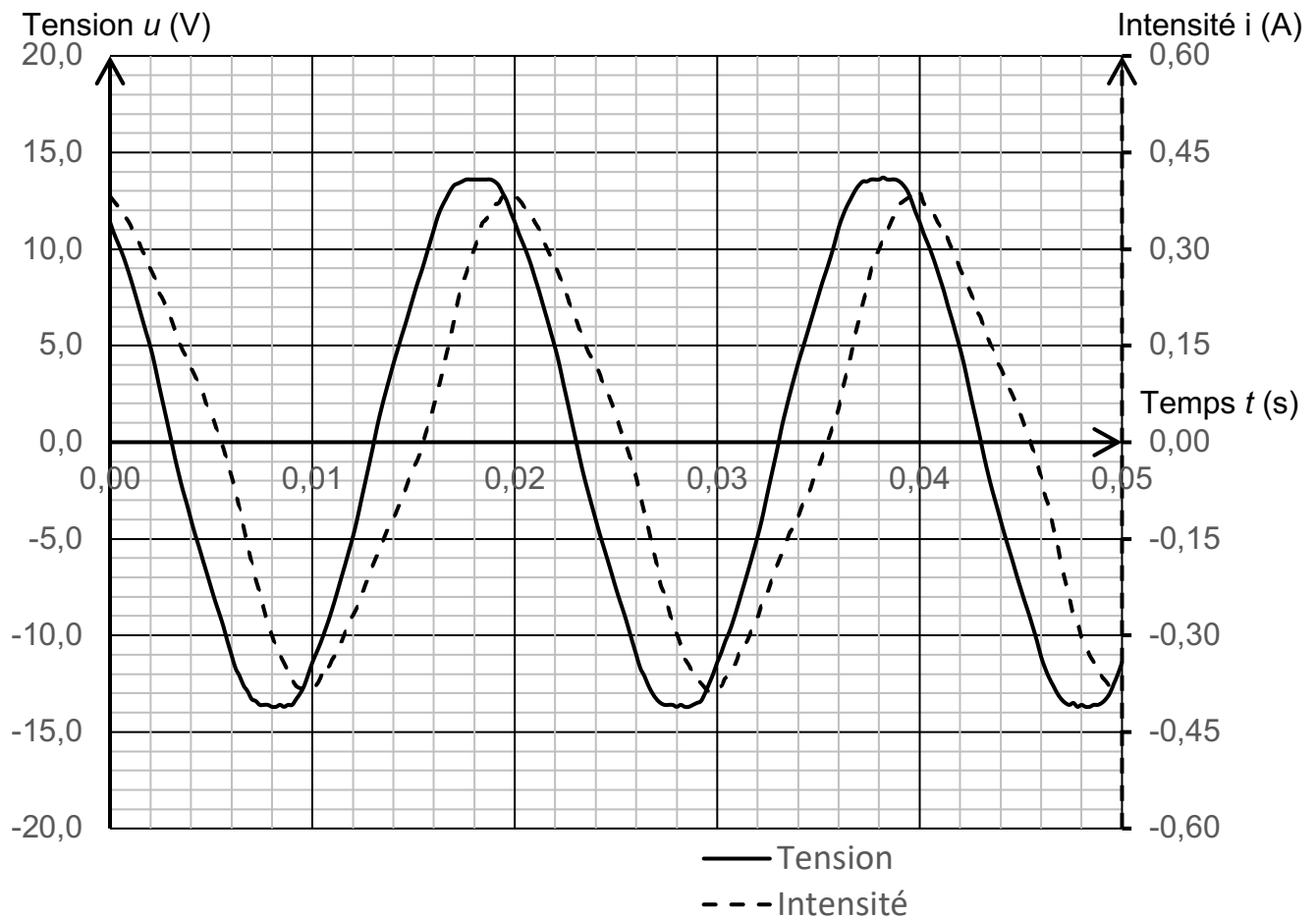


Figure 1 – Tension aux bornes du moteur et intensité en fonction du temps

**Q2.** Déterminer, en expliquant la méthode, la fréquence  $f$  de la tension  $u(t)$ .

**Q3.** Déterminer les amplitudes  $U_{\max}$  et  $I_{\max}$  des signaux  $u(t)$  et  $i(t)$  et en déduire les valeurs efficaces correspondantes  $U_{\text{eff}}$  et  $I_{\text{eff}}$ .

**Q4.** Montrer la puissance apparente du moteur  $S$  a une valeur proche de 2,7 VA.

La puissance active  $P$  reçue par le moteur a pour valeur 1,93 W.

On rappelle que l'expression du facteur de puissance  $k$  en fonction de la puissance active et de la puissance apparente est :  $k = \frac{P}{S}$ .

**Q5.** Calculer la valeur du facteur de puissance  $k$  pour le moteur.

**Q6.** Pour des raisons d'économie d'énergie dans les lignes de transport de l'énergie électrique, EDF impose à ses clients un facteur de puissance minimum de  $k = 0,93$ . Déterminer si le moteur étudié répond à cette obligation.

## Partie 2 – Consommation d'eau d'un lave-linge

On mesure la puissance électrique consommée par un lave-linge, au cours d'un lavage à 30°C, à l'aide d'un wattmètre. La température initiale de l'eau admise dans le lave-linge est  $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$ . Au cours du lavage les 3 phases suivantes sont répétées plusieurs fois : pompage, chauffage et rotation du tambour.

### Données :

- capacité thermique massique de l'eau :  $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ;
- masse volumique de l'eau :  $\rho = 1,0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$  ;
- température initiale de l'eau :  $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$  ;
- température finale de l'eau :  $\theta_2 = 30^\circ\text{C}$ .

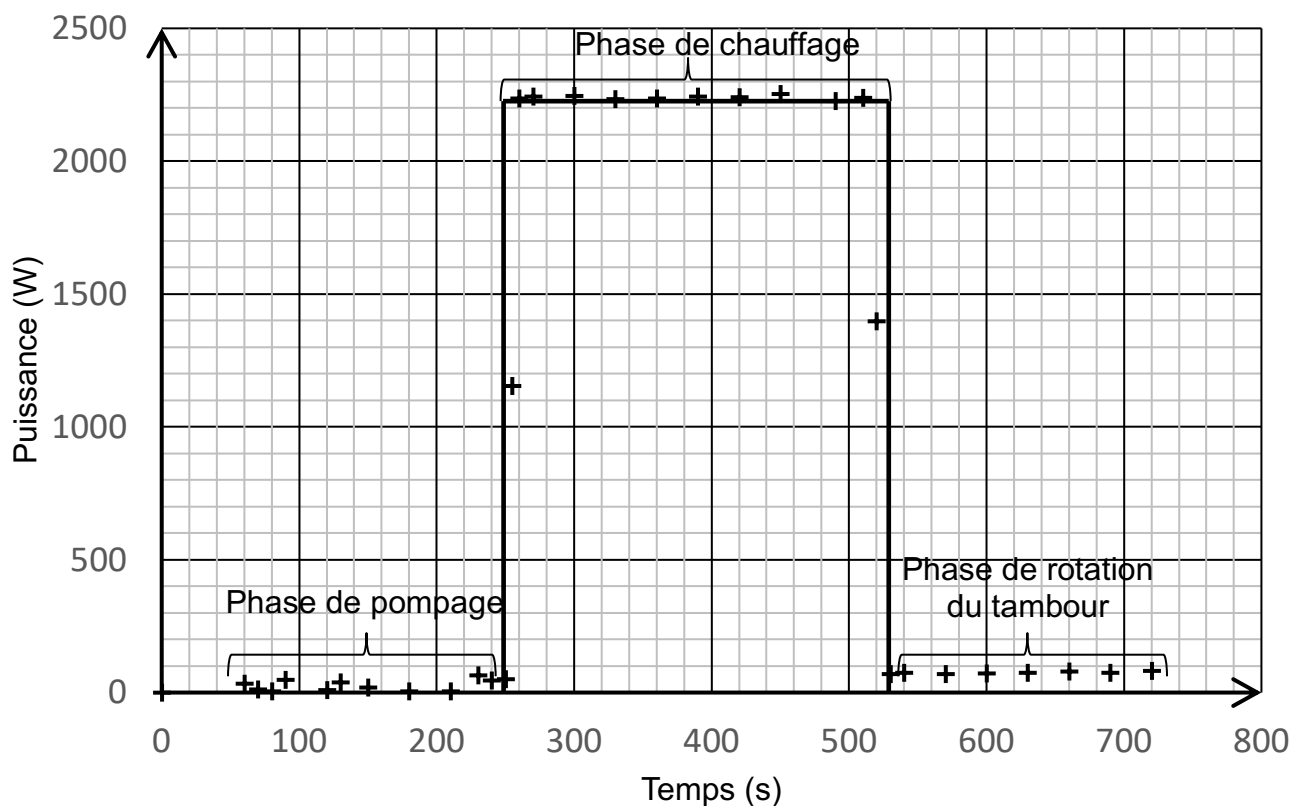
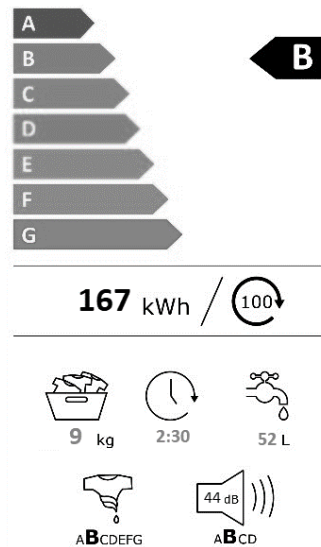


Figure 2 – Puissance électrique consommée par le lave-linge en fonction du temps, au cours d'un lavage à la température de 30°C

**Q7.** En utilisant la figure 2, déterminer l'énergie consommée lors de la phase de chauffage de l'eau. Vérifier que sa valeur est proche de  $E = 6,0 \times 10^5 \text{ J}$ .

**Q8.** En déduire la masse d'eau qui a été chauffée de 20°C à 30°C pendant cette phase, en admettant que toute l'énergie reçue pendant cette phase est utilisée pour chauffer l'eau.

Le document 2, ci-dessous, indique quelques caractéristiques du lave-linge étudié.



Document 2 – Caractéristiques du lave-linge

**Q9.** Deux lavages et deux rinçages, qui consomment chacun la même masse d'eau, s'enchainent lors d'un cycle de lavage. En déduire le volume total d'eau consommé au cours d'un cycle de lavage et comparer cette valeur au volume de 52 L indiqué par le constructeur.

### Partie 3 – Détartrage d'un lave-linge et économie d'énergie

Les dépôts de tartre sur les résistances des lave-linges augmentent leur consommation électrique, car le tartre est un mauvais conducteur thermique. Une résistance recouverte de tartre entraîne une surconsommation électrique estimée, selon les fabricants, entre 10 et 20 %. Le détartrage de la résistance permet donc de réduire la consommation énergétique et de prolonger la durée de vie de la machine.

Le tartre est formé de carbonate de calcium, de formule chimique  $\text{CaCO}_3$ . On utilise une solution d'acide chlorhydrique (HCl) comme détartrant.

#### Données :

- équation chimique de la réaction entre le carbonate de calcium et l'acide chlorhydrique :
$$\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$$
- masse molaire du carbonate de calcium :  $M(\text{CaCO}_3) = 100,1 \text{ g/mol}$  ;
- masse molaire de l'acide chlorhydrique :  $M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g/mol}$  ;
- masse volumique d'une solution d'acide chlorhydrique commerciale :
$$\rho = 1,18 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$$
 ;
- concentration massique en HCl d'une solution d'acide chlorhydrique commerciale  $c_m = 23,0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

**Q10.** La résistance d'un lave-linge est recouverte de 25,0 g de tartre. En supposant que tout le carbonate de calcium réagit avec l'acide chlorhydrique, calculer la masse d'acide chlorhydrique nécessaire pour éliminer tout le tartre. Comparer cette masse à celle contenue dans 100 mL de solution commerciale d'acide chlorhydrique.

En l'absence de tartre, la machine consomme 2,0 kWh par cycle de lavage. La couche de tartre augmente la consommation électrique de 20%.

**Q11.** Calculer l'énergie économisée par le détartrage d'une machine entartrée, pour 100 cycles de lavages.

**Donnée :** coût de l'électricité : 0,25 € / kWh

**Q12.** Discuter des avantages environnementaux et économiques du détartrage régulier des appareils électroménagers.

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2025**

## **SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

Durée de l'épreuve : **3 heures**

Coefficient 16

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

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

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

**MATHÉMATIQUES** ..... 6 / 20 points

Chaque candidat est invité à faire figurer sur la copie toute trace de recherche, même incomplète ou non fructueuse, qu'il aura développée.  
Il sera tenu compte de la clarté des raisonnements et de la qualité de la rédaction dans l'appréciation des copies.

Ce sujet comporte 15 pages numérotées de 1 / 15 à 15 / 15.

**La page 15 comporte le document réponse, à rendre avec la copie.**

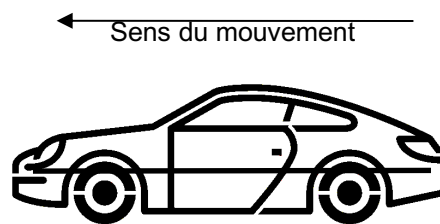
## EXERCICE 1 (4 points)

Physique-Chimie et Mathématiques

### Accélération d'un véhicule

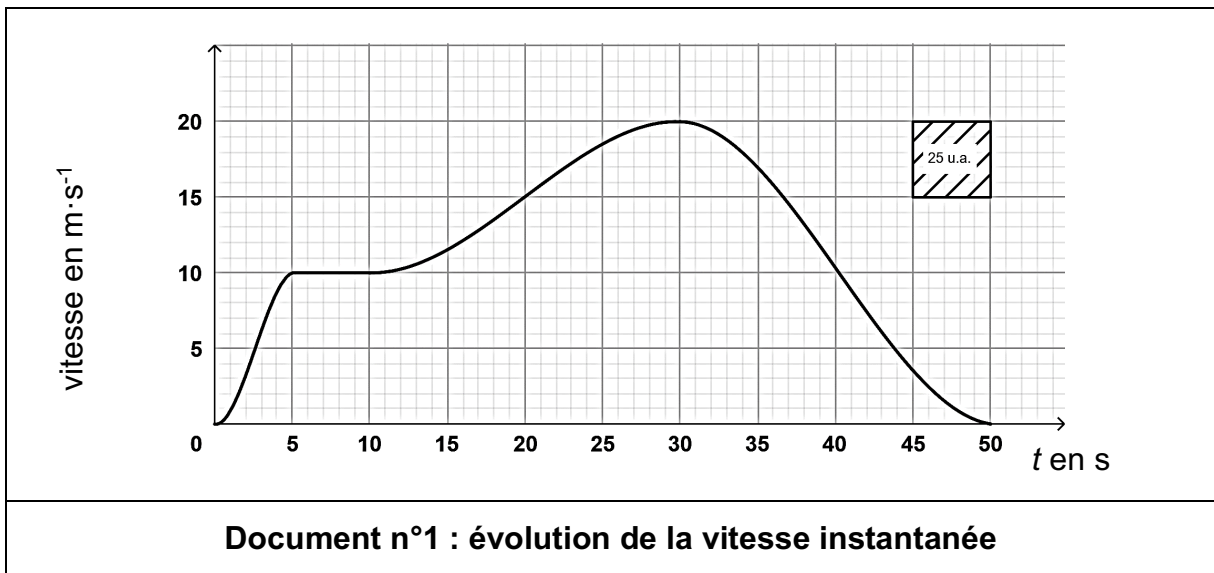
Un véhicule électrique de masse, notée  $M$ , de valeur 1 600 kg, se déplace sur une route horizontale et rectiligne.

Le constructeur souhaite vérifier si l'intensité de la force  $\vec{F}$  de traction vaut environ 800 N pour une accélération de  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



Le graphique du **document n°1** représente l'évolution de la vitesse instantanée  $v(t)$  (exprimée en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) en fonction du temps  $t$  (exprimé en seconde) durant 50 secondes.

1 u.a. = 1 unité d'aire.



L'accélération instantanée est la dérivée de la vitesse par rapport au temps :

$$a(t) = \frac{dv}{dt}(t)$$

avec :

- $v(t)$  la vitesse instantanée en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  à l'instant  $t$  ;
- $a(t)$  l'accélération instantanée en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$  à l'instant  $t$ .

1. Décrire la nature du mouvement de la voiture sur chacun des intervalles de temps  $[0 ; 5]$ ,  $[5 ; 10]$ ,  $[10 ; 30]$  et  $[30 ; 50]$ .

On s'intéresse à l'accélération instantanée du véhicule sur l'intervalle  $[1 ; 4]$ , et on admet que sur cet intervalle, on a :  $v(t) = 2t$ .

2. Déterminer la valeur de l'accélération  $a(t)$  sur l'intervalle  $[1 ; 4]$ .

La distance totale, notée  $D$  et exprimée en mètre, parcourue par le véhicule en 50 secondes est donnée par :

$$D = \int_0^{50} v(t) dt$$

3. Donner, en exploitant le graphique, une estimation de la distance totale parcourue par le véhicule.
4. Dédire la valeur de la vitesse moyenne du véhicule, exprimée en  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , dans l'intervalle de temps  $[0 ; 50]$ .
5. Établir l'inventaire des forces qui agissent sur le véhicule lorsqu'il est en mouvement.

On admet que le principe fondamental de la dynamique se réduit ici à la relation  $\vec{F} = M \cdot \vec{a}$ , où  $\vec{F}$  est la force de traction du véhicule et  $\vec{a}$  le vecteur accélération.

6. Indiquer la force négligée dans cette étude.

Dans l'intervalle de temps  $[15 ; 25]$ , l'accélération du véhicule a pour norme  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

7. Vérifier si l'intensité de la force  $\vec{F}$  de traction pour une accélération de  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  vaut bien environ 800 N dans l'intervalle de temps  $[15 ; 25]$ .

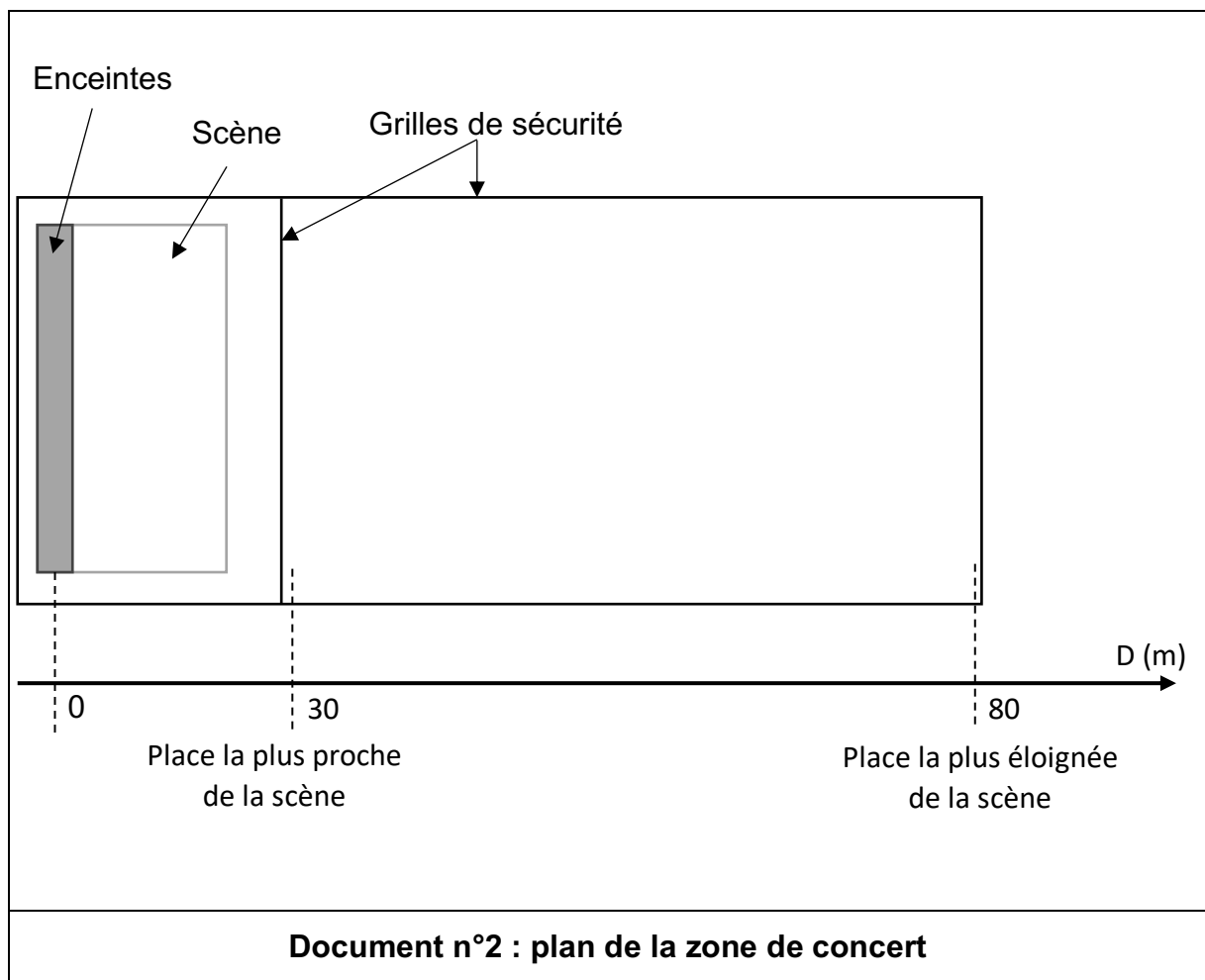
## EXERCICE 2 (6 points)

Physique-Chimie

### Préserver son audition

Un spectateur se rend à un concert en plein air (**document n°2**) et souhaite profiter du spectacle tout en préservant son audition.

Il se demande s'il doit porter des protections auditives ou se placer le plus loin possible de la scène afin de ne pas s'exposer à des niveaux sonores supérieurs à 90 dB.



Dans un premier temps, on souhaite vérifier si le niveau sonore, lorsque l'on s'éloigne au maximum de la scène, respecte la limite de 90 dB.

Pour cela, une expérience est réalisée : on émet un son puis, sans modifier ses caractéristiques, on trace l'évolution de son intensité sonore en fonction de l'inverse du carré de la distance à la source sonore.

Le **document n°3** précise la liste du matériel disponible.

- Générateur basses fréquences (GBF)
- Haut-parleur
- Sonomètre
- Ordinateur muni d'un tableur-grapheur
- Mètre ruban de 10 m
- Oscilloscope
- Microphone

**Document n°3 : liste du matériel disponible**

Remarque : l'ensemble du matériel proposé sur le **document n°3** n'est pas nécessairement utilisé.

1. Proposer, à l'aide du matériel listé dans le **document n°3**, un protocole permettant d'obtenir le graphique présent sur le **DOCUMENT-RÉPONSE**.

L'intensité sonore mesurée à 40 cm de la source est de  $18,6 \times 10^{-6} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

2. Ajouter cette mesure sur le graphique du **DOCUMENT-RÉPONSE** à rendre avec la copie.

Le niveau sonore, noté  $L$ , exprimé en dB, est relié à une intensité sonore  $I$  d'un son, exprimée en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ , par :

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad \text{avec} \quad I_0 = 1,00 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}.$$

L'intensité sonore  $I_0$  correspond au seuil d'audibilité.

L'intensité sonore peut se déduire du niveau sonore à l'aide de la relation :

$$I = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}}$$

**Document n°4 : lien entre niveau sonore et intensité sonore**

3. Décrire l'évolution de l'intensité sonore en fonction de l'inverse du carré de la distance, notée D, à la source en utilisant le **DOCUMENT-RÉPONSE**.

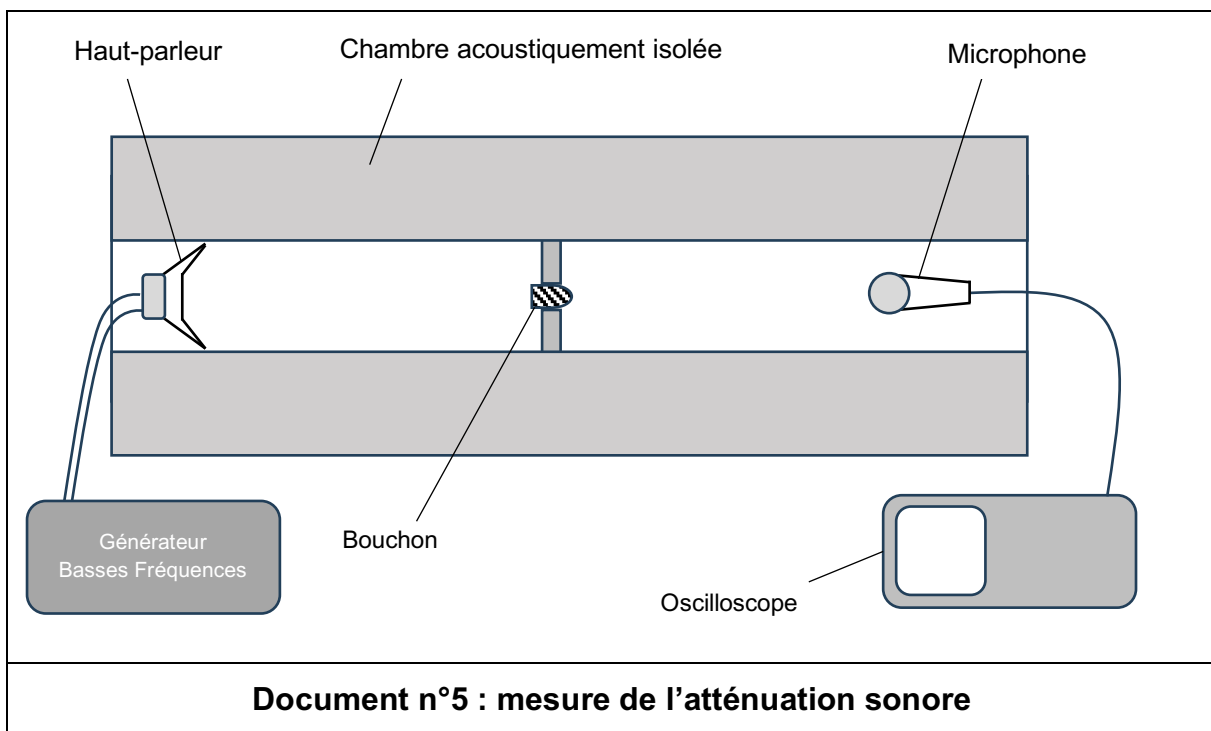
Les mesures présentées dans le **DOCUMENT-RÉPONSE** peuvent être modélisées à l'aide de la relation :

$$I = 14,3 \times \frac{1}{D^2}$$

4. Montrer, à l'aide des éléments décrits dans les **documents n°2 et n°4**, que le niveau sonore au plus loin des enceintes est de 93 dB.
5. Conclure quant à la nécessité de porter des protections auditives.

Dans un deuxième temps, on veut vérifier que les protections auditives peuvent permettre au spectateur de se placer à n'importe quelle distance de la scène. Pour cela, on détermine l'atténuation due à un bouchon de la protection auditive.

On réalise l'expérience décrite sur le **document n°5** afin d'obtenir deux oscillogrammes : un premier sans bouchon et un second avec bouchon.



L'atténuation du niveau d'intensité sonore s'exprime par la relation :

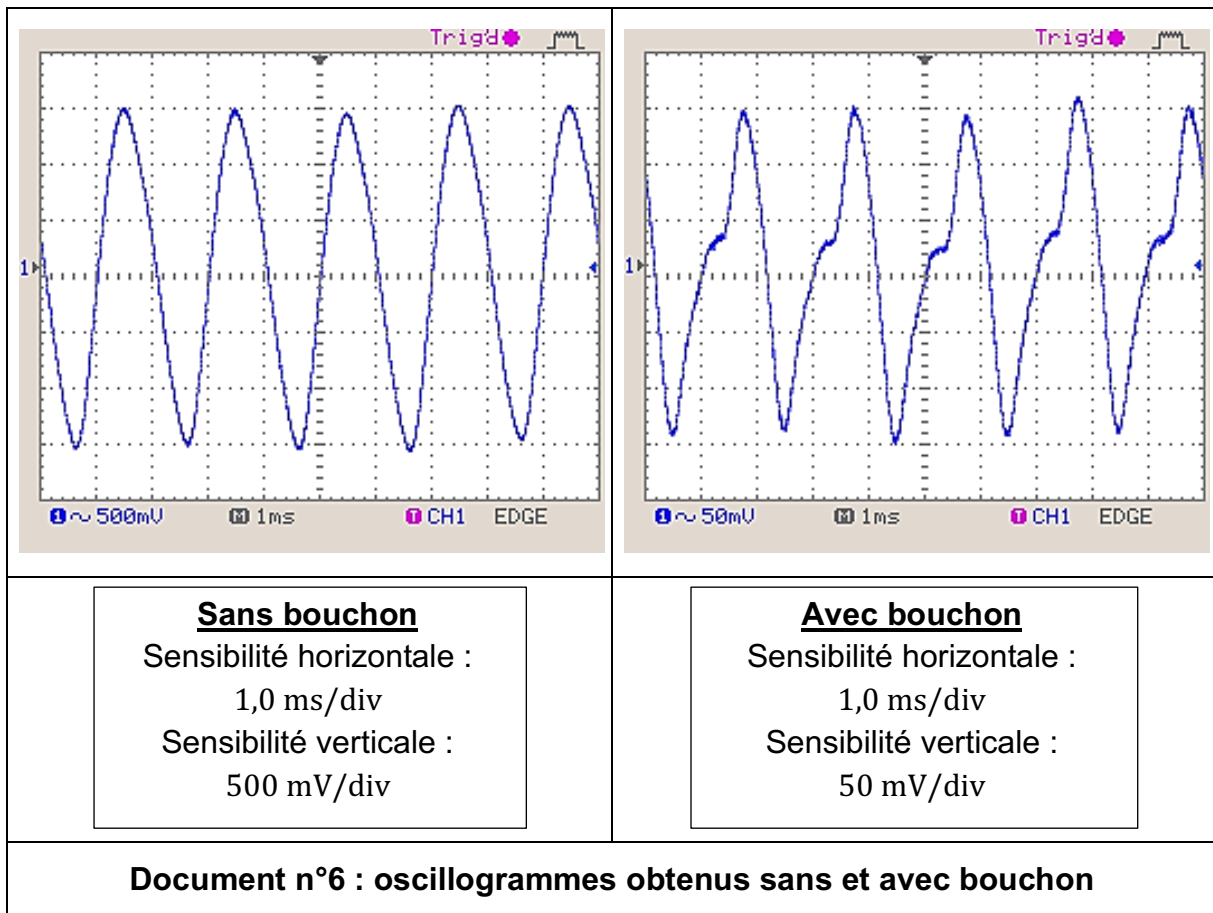
$$A = 20 \log \left( \frac{U_{sans}}{U_{avec}} \right)$$

avec :

- $A$  exprimée en dB ;
- $U_{sans}$  exprimée en V, l'amplitude du signal mesurée sans bouchon ;
- $U_{avec}$  exprimée en V, l'amplitude du signal mesurée avec bouchon.

L'atténuation caractérise la baisse du niveau sonore subie par le son qui a été transmis à travers la protection auditive.

Le **document n°6** propose les signaux en sortie du dispositif de mesure avec ou sans protection auditive.



6. Déterminer, à partir du **document n°6**, l'atténuation due à la protection auditive.

À la place la plus proche de la scène le niveau sonore est de 102 dB.

7. Déterminer le niveau sonore perçu par le spectateur placé juste devant la scène lorsqu'il porte des protections auditives.

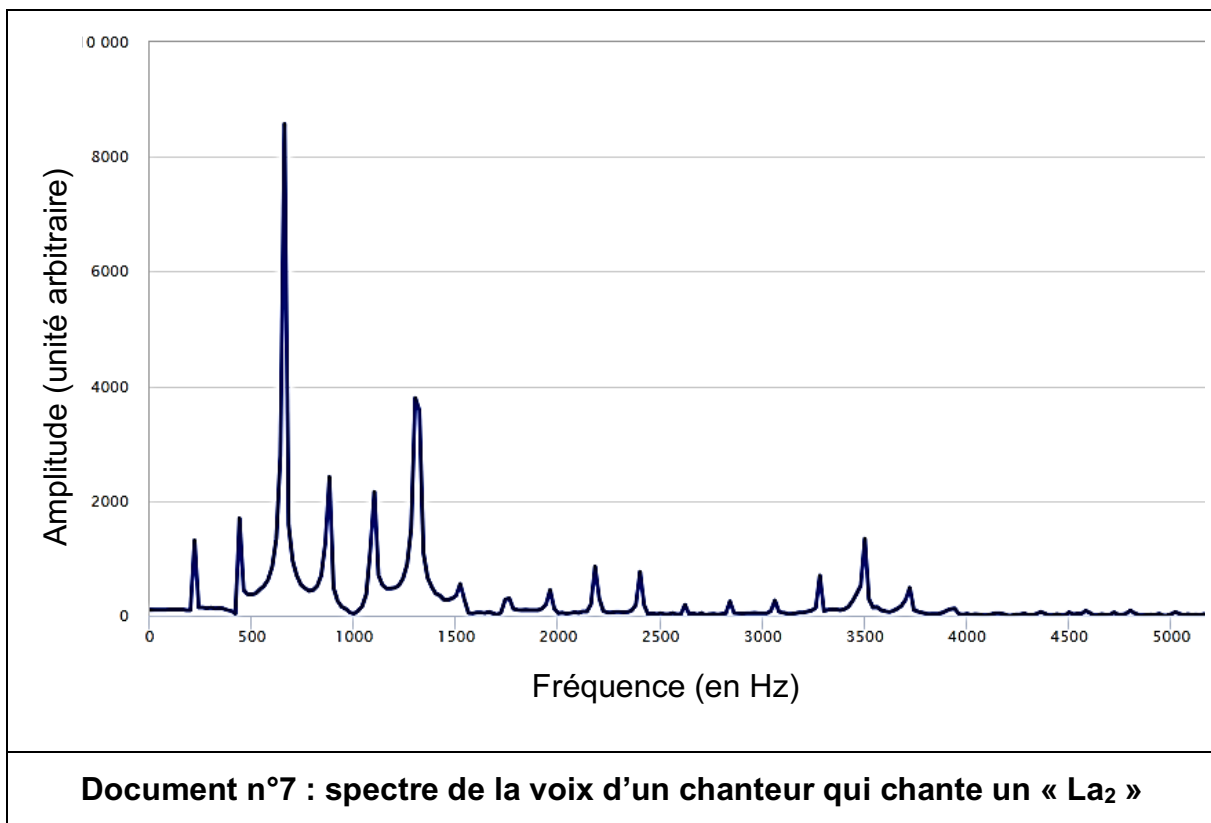
Les protections auditives lui permettent donc de se placer où il le souhaite devant la scène. Il se demande si les protections auditives ne vont pas modifier le son qu'il perçoit.

Dans un troisième temps, on souhaite observer les éventuels effets des protections auditives sur la perception du son.

8. Déterminer, à l'aide du **document n°6**, la fréquence du son, sans et avec protection auditive.

Un enregistrement de la voix d'un chanteur a été réalisé. Il chante un  $La_2$  (220 Hz).

Le spectre en amplitude de ce son est représenté sur le **document n°7**.



9. Indiquer, en justifiant la réponse, si la voix du chanteur est un son pur ou un son complexe.

Le dispositif expérimental décrit par le **document n°5** a permis d'effectuer d'autres mesures d'atténuation pour la même protection auditive, mais à des fréquences différentes. Les résultats expérimentaux sont rassemblés dans le **document n°8**.

Fréquence (en Hz)	220	500	1 000	1 500	2 000	2 500	3 000	3 500
Atténuation (en dB)	19,4	19,4	19,4	19,4	19,2	19,2	18,2	16,9
<b>Document n°8 : mesures d'atténuation pour différentes fréquences</b>								

10. Indiquer, en justifiant la réponse, si la voix du chanteur perçue par le spectateur est modifiée par le port de la protection auditive.

### EXERCICE 3 (4 points)

#### Mathématiques

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

#### Partie I

On considère les nombres complexes  $z_1 = \sqrt{3} - i$  et  $z_2 = 2e^{i\frac{\pi}{4}}$  où  $i$  désigne le nombre complexe de module 1 et d'argument  $\frac{\pi}{2}$ .

1. Écrire le nombre  $z_1$  sous forme exponentielle. Détailler les calculs.
2. Démontrer que le nombre  $Z = z_1^3 \times z_2^2$  est un nombre réel en détaillant les calculs.

#### Partie II

On considère l'équation différentielle  $(E) : y' = -4y + 80$  où  $y$  est une fonction définie et dérivable sur  $\mathbf{R}$  et  $y'$  la fonction dérivée de  $y$ .

3. Déterminer l'ensemble des solutions de l'équation différentielle  $(E)$ .
4. En déduire la solution  $f$  de l'équation différentielle  $(E)$  qui vérifie  $f(0) = 100$ .
5. Donner, sans la justifier, la limite de  $f$  en  $+\infty$ .

## EXERCICE 4 (6 points)

Physique-Chimie

### Un traitement respectueux de la biodiversité

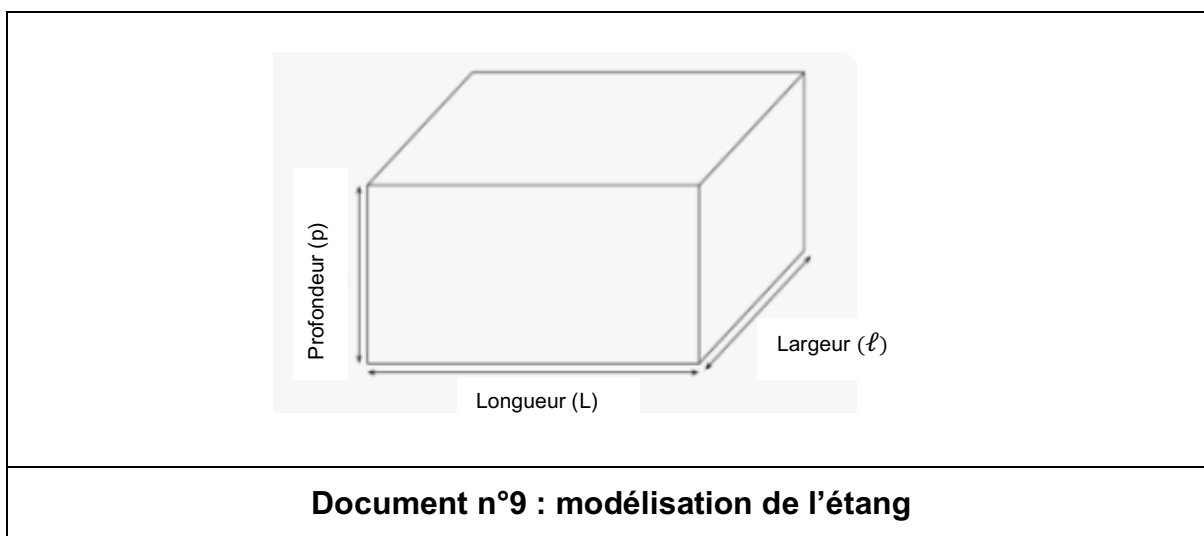
Un agriculteur se trouve confronté à la prolifération de plantes vertes dans l'eau de son étang.

Souhaitant préserver la biodiversité, c'est-à-dire le respect des micro-organismes (bactéries par exemple), des végétaux et des animaux dans l'étang, il décide de procéder à une mesure du pH de l'eau.

Il mesure un pH de 5,8. Cette mesure n'est pas conforme aux préconisations environnementales : il cherche des solutions pour diminuer l'acidité de l'eau de son étang.

L'agriculteur se demande s'il est préférable d'ajouter de l'eau ou de procéder à un ajout de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ .

Le **document n°9** décrit le modèle retenu pour l'étang. Celui-ci sera assimilé à un parallélépipède rectangle de volume  $V = L \times \ell \times p$  (longueur 50,0 m ; largeur 10,0 m ; profondeur 4,0 m).



1. Nommer l'appareil qui permet la mesure du pH d'une solution.
2. Indiquer pour quelles valeurs du pH une solution est dite acide, neutre ou basique.

L'acidité d'une solution est liée à la concentration en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq). En milieu naturel, la concentration en ions oxonium doit être telle que :

$$1,1 \times 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \leq [\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})] \leq 3,2 \times 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

3. Calculer les pH correspondant à ces deux concentrations limites.

Le **document n°10** indique, suivant le pH de l'eau de l'étang, le niveau de risques pour la préservation de la biodiversité.

pH	Poissons	Plantes	Bactéries
< 5,5	Risque fort	Risque fort	Risque fort
5,5 – 6	Risque fort	Pas de risque	Risque fort
6 – 6,5	Risque faible	Pas de risque	Risque faible
6,5 – 7	Risque faible	Risque faible	Risque faible
7 – 7,5	Pas de risque	Risque fort	Pas de risque
7,5 – 8	Pas de risque	Risque fort	Pas de risque
> 8	Risque fort	Risque fort	Risque fort

**Document n°10 : pH et risque pour la biodiversité**  
D'après <https://wiki.myfood.eu/docs/gerer-acidite> consulté 12/12/2024

- Indiquer, à l'aide du **document n°10**, la (ou les) plage(s) de valeurs de pH préconisée(s) pour la préservation de la biodiversité de l'étang.
- Citer les espèces aquatiques en danger si l'eau de l'étang est maintenue à un pH de 5,8.
- Montrer que la concentration initiale en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) présents dans l'étang, notée  $C_i$ , vaut  $1,6 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .
- Calculer, en  $\text{m}^3$  puis en litre, le volume initial de l'étang.

On donne la relation :

$$C = \frac{n}{V}$$

où :

- la concentration  $C$  est exprimée en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  ;
- la quantité de matière  $n$  est exprimée en mol ;
- le volume  $V$  est exprimé en L.

8. En déduire que la quantité de matière initiale, notée  $n_i$ , d'ions oxonium présents dans l'eau de l'étang vaut 3,2 mol.

L'agriculteur souhaite augmenter la valeur du pH de l'eau de 5,8 à 6,8. Il veut vérifier préalablement la faisabilité des deux techniques imaginées, c'est-à-dire l'ajout d'eau dans l'étang ou l'ajout de carbonate de calcium solide  $\text{CaCO}_3$  (s).

### Variation du pH par ajout d'eau dans l'étang.

9. Indiquer le sens d'évolution du pH de l'eau de l'étang lors de l'ajout d'eau, supposée pure.

Au cours d'une dilution, la quantité de matière du soluté ne varie pas :

$$n_i = n(\text{avant dilution}) = n(\text{après dilution}).$$

10. Déterminer le volume d'eau final  $V_f$  qui permettrait d'atteindre le pH souhaité pour l'eau de l'étang.
11. Commenter le résultat obtenu à la question précédente.

### Variation du pH par ajout de carbonate de calcium solide $\text{CaCO}_3$ (s) dans l'eau.

Dans ce domaine de pH (entre 5,8 et 6,8), la réaction entre les ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) et les ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  (aq) ne conduit pas à une espèce chimique majoritaire.

Donc dans ces conditions, les couples acide / base considérés, sont :



12. Écrire l'équation-bilan de la réaction acido-basique entre les ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) et les ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  (aq).

Pour s'approcher du pH souhaité, l'agriculteur doit ajouter une quantité de matière d'ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  (aq) de 3,4 mol, notée  $n$ .

On donne la relation :

$$n = \frac{m}{M}$$

où

- la quantité de matière  $n$  est exprimée en mol ;
- la masse  $m$  est exprimée en g ;
- la masse molaire  $M$  est exprimée en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

On donne également les valeurs des masses molaires :

- calcium,  $M_{\text{Ca}} = 40,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;
- carbone,  $M_{\text{C}} = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;
- oxygène,  $M_{\text{O}} = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

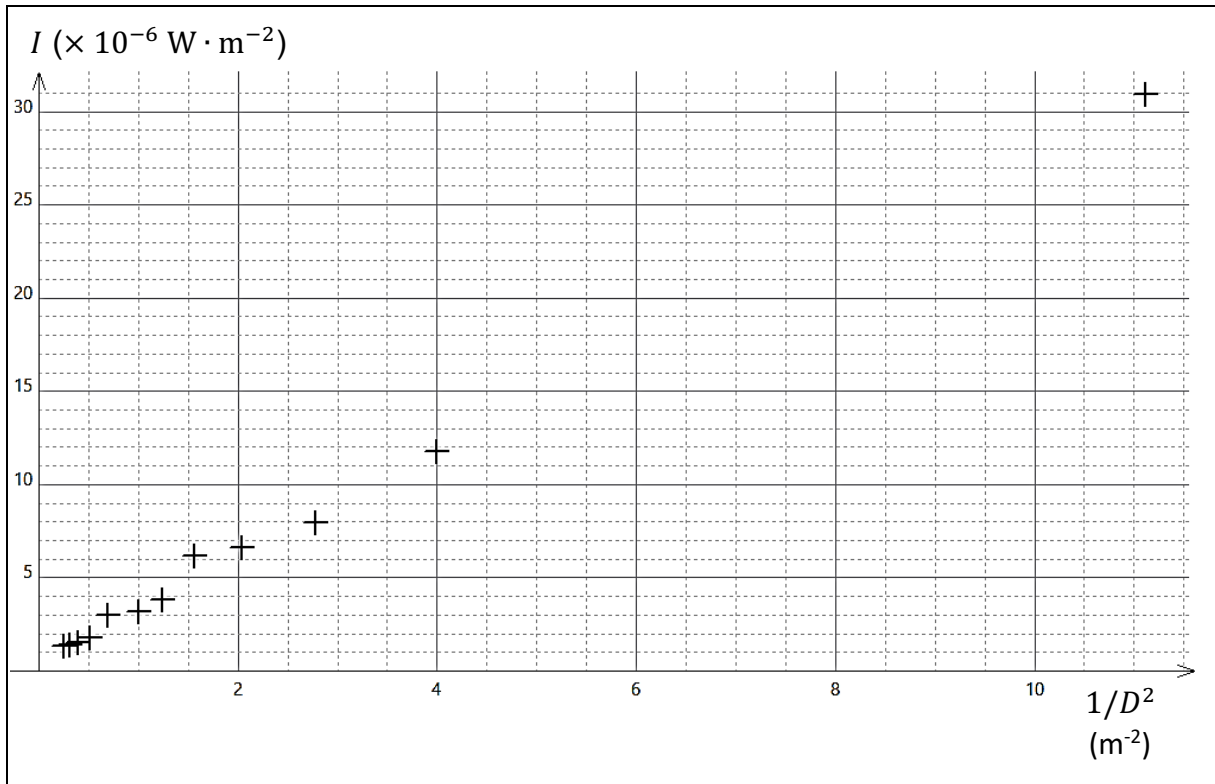
13. Calculer la masse de carbonate de calcium ajoutée à l'eau de l'étang.

**Choix de la méthode pour faire varier le pH.**

14. Choisir, en justifiant la réponse, la méthode la plus réaliste pour rectifier l'acidité de l'eau de l'étang.

**DOCUMENT-RÉPONSE, à rendre avec la copie**

Réponse à la question 2. de l'exercice n°2.



# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2025**

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

### **Physique-Chimie et Mathématiques**

**Mardi 17 juin 2025**

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 collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15.

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

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

### Pertes d'énergie dans le réseau électrique

Lors de l'alimentation d'un équipement électrique en régime sinusoïdal, les pertes d'énergie par effet Joule dans les lignes d'alimentation peuvent être importantes. Afin d'évaluer leur valeur, on doit calculer le facteur de puissance de l'équipement électrique.

#### Données :

Pour un courant alternatif sinusoïdal, les valeurs efficaces de la tension et de l'intensité du courant,  $U_{\text{eff}}$  et  $I_{\text{eff}}$ , sont reliées à leurs valeurs maximales,  $U_{\text{max}}$  et  $I_{\text{max}}$ , par les relations :

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \quad \text{et} \quad I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

#### Partie 1

L'équipement électrique dont on désire déterminer le facteur de puissance est constitué de l'association d'une bobine, composant électrique présent dans de nombreux circuits électriques, et d'un résistor. On réalise le circuit représenté sur la figure 1 ci-dessous.

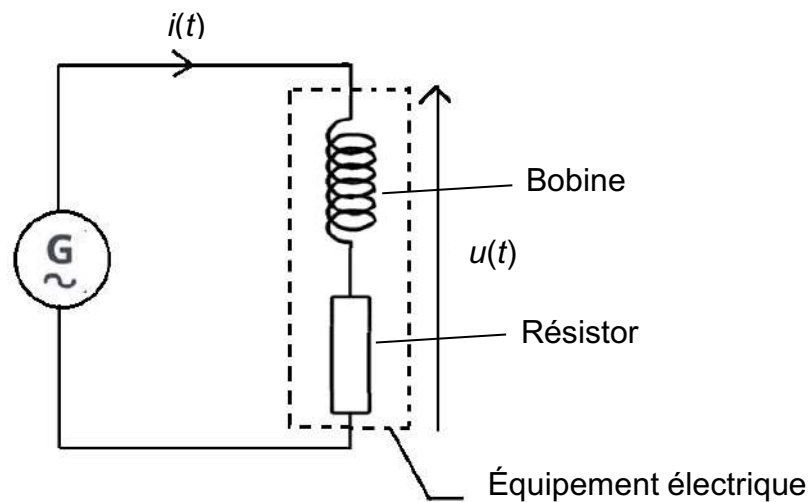


Figure 1 – Circuit électrique réalisé

La figure 2 ci-après représente l'évolution temporelle de la tension  $u(t)$  aux bornes de l'équipement électrique.

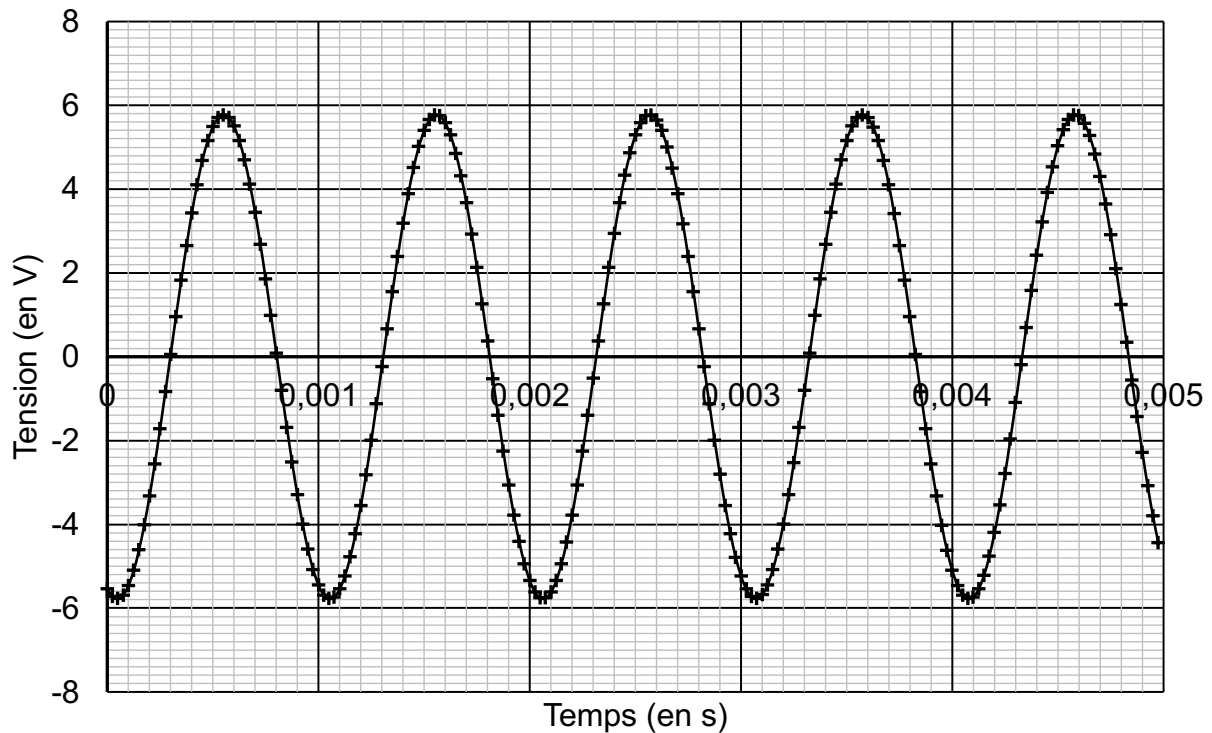


Figure 2 – Évolution temporelle de la tension aux bornes de l'équipement électrique.

**Q1.** Déterminer par lecture graphique la valeur maximale, notée  $U_{\max}$ , de la tension observée puis calculer la valeur efficace associée, notée  $U_{\text{eff}}$ .

**Q2.** Sachant que la valeur efficace de l'intensité du courant est égale à  $I_{\text{eff}} = 3,5 \times 10^{-3}$  A, montrer que la puissance apparente  $S$  de l'équipement électrique a pour valeur approximative  $S = 1,4 \times 10^{-2}$  VA.

On rappelle que l'expression du facteur de puissance  $k$  en fonction de la puissance active et de la puissance apparente est :  $k = \frac{P}{S}$ .

**Q3.** Sachant que la puissance active  $P$  reçue par l'équipement électrique a pour valeur  $P = 1,2 \times 10^{-2}$  W, calculer son facteur de puissance  $k$ .

**Q4.** Montrer que l'énergie  $E$  reçue par l'équipement électrique pendant une durée d'une minute a pour valeur  $E = 0,72$  J.

**Q5.** On souhaite diminuer les pertes d'énergie induites dans les lignes d'alimentation par l'utilisation de l'appareil en modifiant son facteur de puissance  $k$  sans changer la puissance électrique qu'il reçoit. Préciser s'il est nécessaire d'augmenter ou de diminuer la valeur de  $k$ .

## Partie 2

On établit un modèle numérique à partir de l'expérience décrite en partie 1. On suppose que la fonction modélisant la puissance instantanée, exprimée en mW, reçue par l'équipement électrique en fonction du temps  $t$ , exprimé en seconde, est définie sur l'intervalle  $[0; +\infty[$  par :

$$f(t) = 12,25 - 13,91 \sin(12466 t).$$

**Q6.** On considère la fonction  $F$  définie sur  $[0; +\infty[$  par :

$$F(t) = 12,25 t + \frac{13,91}{12466} \cos(12466 t).$$

Montrer que  $F$  est une primitive de  $f$  sur l'intervalle  $[0; +\infty[$ .

**Q7.** L'intégrale  $E_{\text{mod}} = \int_0^{60} f(t) dt$  modélise l'énergie reçue par l'équipement électrique pendant une minute, exprimée en mJ. Calculer l'énergie  $E_{\text{mod}}$ , en arrondissant à l'unité.

L'incertitude type sur l'énergie de valeur  $E = 0,72$  J, mesurée à la question Q4, vaut  $u(E) = 10$  mJ. Le nombre  $z$  d'incertitudes types qui séparent  $E$  et  $E_{\text{mod}}$  est donné par la relation :

$$z = \frac{|E - E_{\text{mod}}|}{u(E)}$$

**Q8.** Calculer la valeur de  $z$  et discuter l'accord entre le modèle adopté et la valeur mesurée de  $E$ .

## EXERCICE 2 (6 points) (physique-chimie)

### La flamme des jeux olympiques

Le voyage de la flamme olympique depuis son allumage à Olympie en Grèce jusqu'à la vasque de Paris a été une grande aventure.

On s'intéresse dans cet exercice au fonctionnement de la torche olympique portée par les relayeurs, puis au lancement de la grande vasque olympique dans le ciel parisien.

#### Partie 1 – La flamme olympique

Il y a en réalité deux flammes olympiques :

- la torche olympique, que portent les relayeurs, soumise aux aléas météorologiques et susceptible de s'éteindre. Cette torche est alimentée par une cartouche de gaz propane sous pression qu'il faut renouveler toutes les 8 minutes ;
- la lanterne olympique, qui est protégée par une vitre et manipulée par des officiels. La lanterne est composée d'une mèche trempant dans un réservoir de paraffine qui sert de combustible.

Dans cette partie, on se propose de comparer les propriétés de ces deux dispositifs.

**Donnée** : la formule chimique brute du propane est  $C_3H_8$ .

**Q1.** Écrire l'équation de la réaction de combustion complète du propane par le dioxygène de l'air.

On cherche à évaluer le pouvoir calorifique de la combustion de la paraffine. Pour cela, on introduit un volume d'eau  $V_{\text{eau}}$  à la température initiale  $\theta_i = 21,3^\circ\text{C}$  dans une canette de soda dans laquelle on place un thermomètre.

Une bougie allumée, composée de paraffine, de masse  $m_i$  est placée sous la canette. Au bout de quelques minutes, on éteint la bougie et on relève la température finale de l'eau  $\theta_f$  contenue dans la canette ainsi que la masse finale de la bougie  $m_f$ .

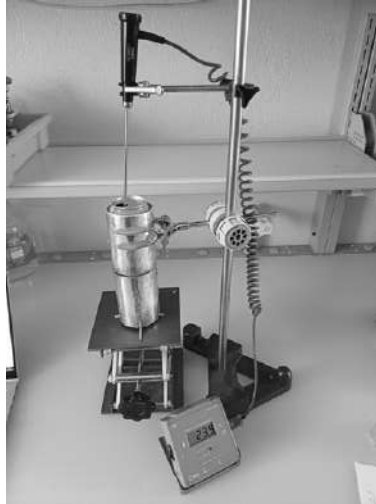


Figure 1 – Photographie du dispositif expérimental utilisé. La canette est placée dans une enceinte qui limite les échanges thermiques avec l'air environnant.

**Données :**

- pouvoir calorifique du propane :  $12,8 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1}$  ;
- masse volumique de l'eau liquide :  $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  ;
- volume de l'eau contenue dans la canette de soda :  $V_{\text{eau}} = 100 \text{ mL}$  ;
- capacité thermique massique de l'eau liquide :  $c_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ;
- température initiale de l'eau :  $\theta_i = 21,3^\circ\text{C}$  ;
- température finale de l'eau :  $\theta_f = 44,5^\circ\text{C}$  ;
- masse initiale de la bougie :  $m_i = 11,74 \text{ g}$  ;
- masse finale de la bougie :  $m_f = 11,43 \text{ g}$  ;
- on rappelle :  $1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^3 \text{ kJ}$ .

**Q2.** Montrer que l'énergie thermique reçue par l'eau contenue dans la canette pendant cette expérience vaut  $E_{\text{th}} = 9,70 \text{ kJ}$ .

**Q3.** En supposant que l'énergie libérée par la combustion de la paraffine est intégralement transmise à l'eau contenue dans la canette, montrer que le pouvoir calorifique de la paraffine mesuré par cette expérience vaut approximativement  $PC = 3,13 \times 10^4 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

**Q4.** Le pouvoir calorifique de la paraffine publié dans la littérature scientifique est de l'ordre de  $4,0 \times 10^4 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Proposer une explication de l'écart observé entre la valeur expérimentale calculée à la question Q4 et la valeur publiée dans la littérature scientifique.

**Q5.** Comparer la valeur du pouvoir calorifique de la paraffine à celle du pouvoir calorifique du propane et conclure quant à la pertinence du choix du propane pour faire fonctionner la torche soumise aux aléas météorologiques.

## Partie 2 – La vasque olympique

La vasque olympique de Paris était constituée d'un grand ballon captif, gonflé à l'hélium, transportant une nacelle.

L'ensemble {ballon + nacelle} était attaché à un câble vertical, relié au sol, qui accompagnait le mouvement de la vasque pendant son ascension. Afin d'étudier le mouvement d'ascension, supposé vertical, de la vasque dans le ciel parisien, on a réalisé un pointage de ses positions successives au cours du temps.

Le graphique indiquant l'altitude de la vasque en fonction du temps est donné en figure 2, ci-après.

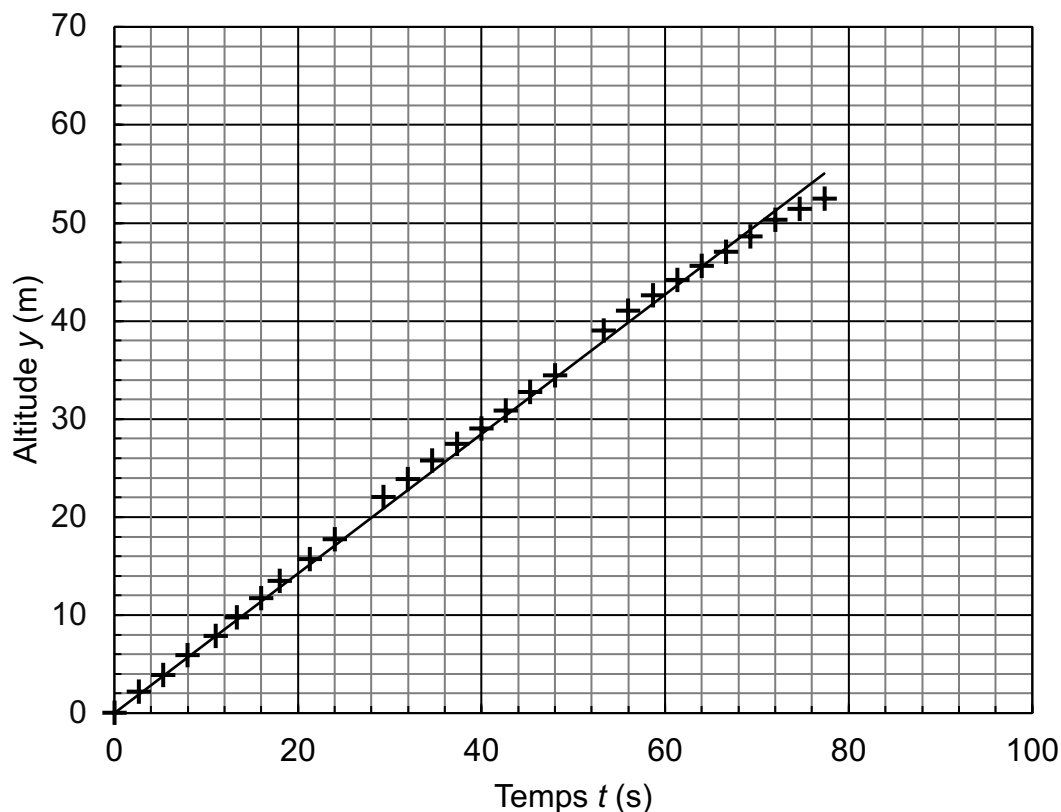


Figure 2 – Altitude  $y$  de la vasque en fonction du temps  $t$

Le système {ballon + nacelle}, assimilable à un point matériel, est soumis aux forces suivantes :

- le poids  $\vec{P}$  ;
- la poussée d'Archimède exercée par l'air, notée  $\vec{\pi}$ , de même direction que le poids  $\vec{P}$  et de sens opposé ;
- la force de tension du câble qui retient le système, notée  $\vec{T}$ , de même direction que la vitesse du ballon et de sens opposé.

**Q6.** En utilisant le graphique de la figure 2, montrer que l'on peut considérer que la vitesse du système {ballon + nacelle} est constante lors de son ascension.

**Q7.** Déterminer la valeur de la vitesse du système {ballon + nacelle} au cours de l'ascension.

**Q8.** Sachant que la durée totale de l'ascension de la vasque olympique était  $\Delta t = 1 \text{ min } 30 \text{ s}$ , déterminer l'altitude de la vasque à la fin de son ascension.

**Q9.** Montrer que l'accélération du système {ballon + nacelle} est nulle lors de l'ascension.

**Données :**

- masse du système {ballon + nacelle} :  $m = 2300 \text{ kg}$  ;
- intensité de la pesanteur :  $g = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

**Q10.** Déterminer la valeur du poids de l'ensemble {ballon + nacelle}.

**Q11.** À partir du résultat de la question **Q9** et du principe fondamental de la dynamique, indiquer celui des trois schémas de la figure 3 qui représente de manière correcte les différentes forces appliquées à l'ensemble {ballon + nacelle} au cours de l'ascension verticale de la vasque.

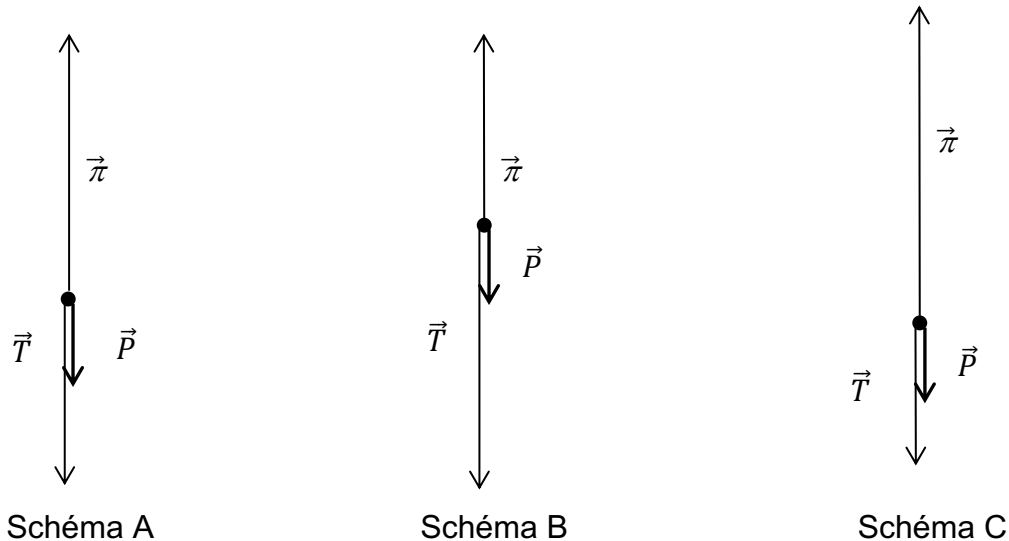


Figure 3 – Représentations schématiques des forces appliquées à l'ensemble {ballon + nacelle}, symbolisé par un point. Les forces sont à l'échelle.

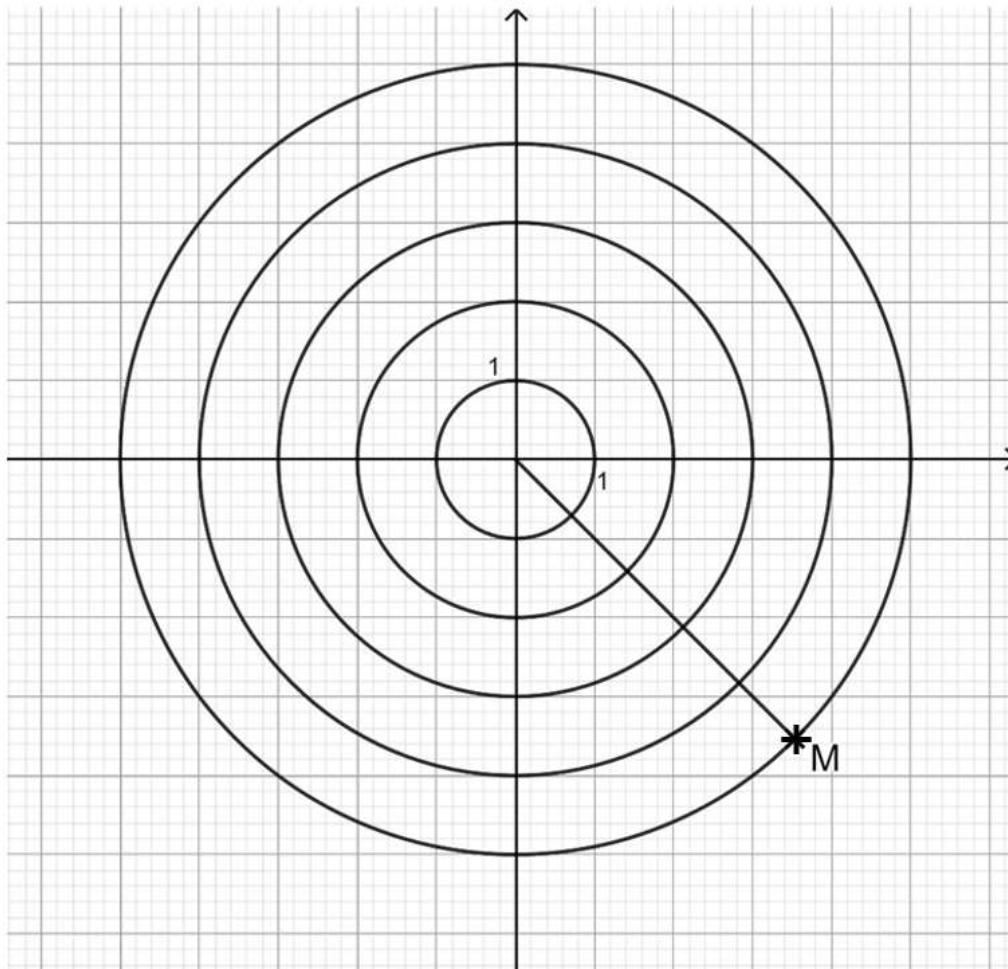
### EXERCICE 3 (4 points)

(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, en expliquant votre choix.



On considère le point M représenté dans le plan complexe ci-dessus.  
L'affixe du point M est :

A	B	C	D
$4e^{-i\frac{\pi}{4}}$	$5e^{i\frac{\pi}{4}}$	$5e^{-i\frac{\pi}{4}}$	$-5e^{-i\frac{\pi}{4}}$

## Question 2

Soit l'équation différentielle  $y' = 2y - 0,5$ .

1. Déterminer l'ensemble des fonctions définies sur  $\mathbb{R}$  qui sont solutions de cette équation.
2. Déterminer la fonction  $f$ , solution de cette équation, avec pour nombre dérivé  $f'(0) = -3$ .

## Question 3

On considère la fonction  $f$  définie sur  $\mathbb{R}$  par  $f(x) = e^{-0,016x} - 2$ .

Résoudre dans  $\mathbb{R}$  l'équation  $f(x) = 0$ . Donner la valeur exacte de la solution puis une valeur approchée à  $10^{-2}$  près.

## Question 4

Montrer que, pour tout  $x > 0$ , l'égalité suivante est vraie :

$$\ln\left(\frac{x^4}{9}\right) - 3 \ln(x) + \ln\left(\frac{9}{x}\right) = 0.$$

## EXERCICE 4 (6 points) (physique-chimie)

### Au cœur d'un réacteur nucléaire

Actuellement, près de 65% de l'électricité produite en France est issue de centrales nucléaires. À l'intérieur de ces centrales, des réacteurs nucléaires produisent chacun une puissance électrique comprise entre 900 MW et 1450 MW.

Ces réacteurs, dont la structure schématique est représentée sur la figure 1, utilisent la même technologie : de l'eau sous pression sert à transporter vers le générateur de vapeur l'énergie produite par les réactions nucléaires. Cet exercice propose d'étudier certains aspects du fonctionnement d'un réacteur nucléaire.

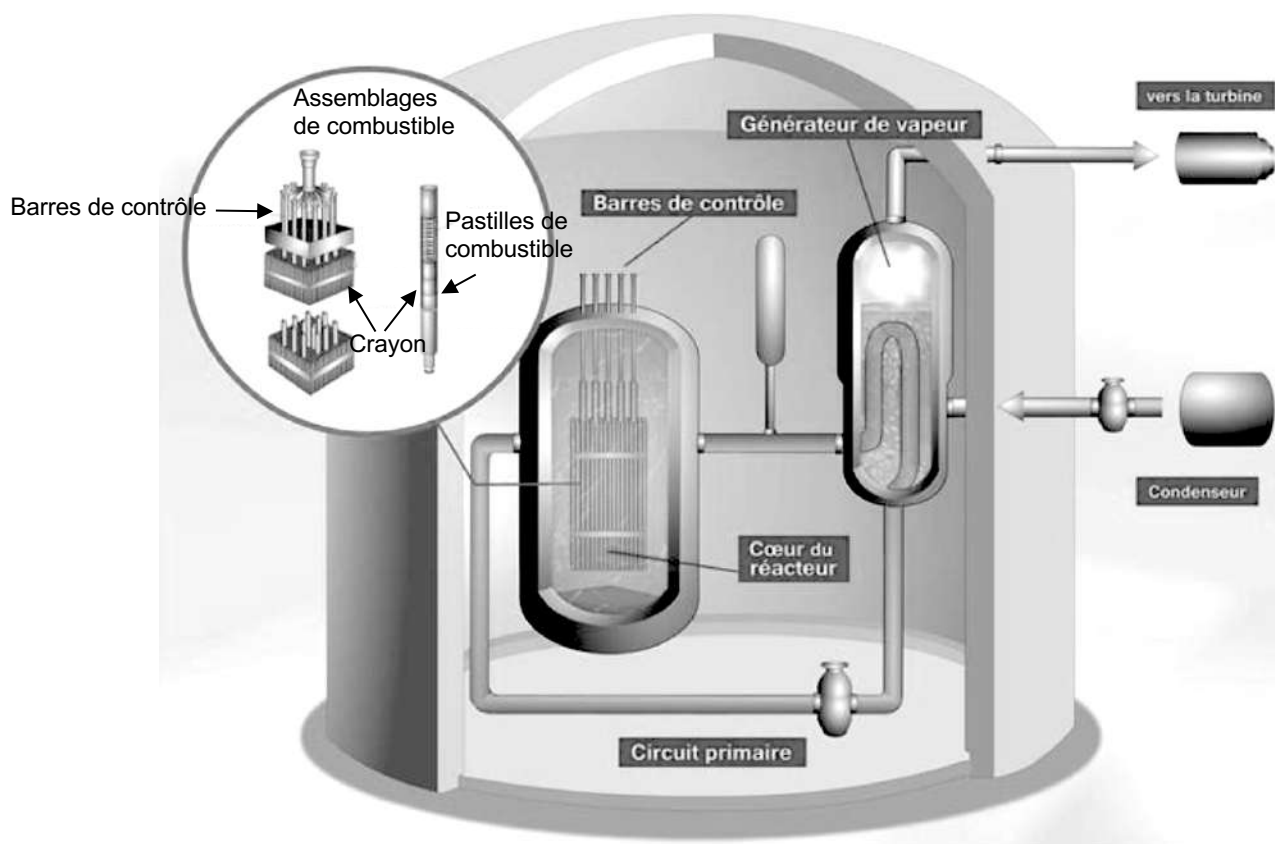


Figure 1 – Structure schématique d'un réacteur nucléaire

### Partie 1 – Étude du combustible

Le combustible nucléaire présent dans le cœur du réacteur est constitué de dioxyde d'uranium, de formule  $\text{UO}_2$ .

L'élément chimique uranium de symbole U, a pour numéro atomique 92.

L'uranium naturel existe sous la forme de trois isotopes : l'uranium 238, le plus abondant, l'uranium 235 et l'uranium 234. Dans le combustible nucléaire la proportion en masse d'uranium 235 doit être comprise entre 3% et 5%.

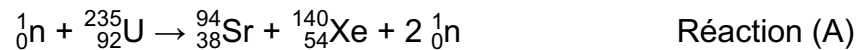
**Données :**

Une tonne d'uranium naturel contient :

- une masse  $m_{234} = 0,056$  kg d'uranium 234 ( ${}^{234}_{92}\text{U}$ ) ;
- une masse  $m_{235} = 7,1$  kg d'uranium 235 ( ${}^{235}_{92}\text{U}$ ) ;
- une masse  $m_{238} = 992,8$  kg d'uranium 238 ( ${}^{238}_{92}\text{U}$ ).

**Q1.** Montrer que la proportion d'uranium 235 dans l'uranium naturel est insuffisante pour le combustible nucléaire. Celui-ci doit donc être enrichi.

Par bombardement de neutrons, l'uranium 235 est le siège d'une transformation nucléaire libérant une grande quantité d'énergie. L'équation de réaction modélisant la transformation est la suivante :



**Q2.** À partir de l'équation de réaction (A), indiquer s'il s'agit d'une réaction de fission ou de fusion. Justifier la réponse.

**Données :**

- défaut de masse associé à la réaction (A) :  $\Delta m = 2,39 \times 10^{-28}$  kg ;
- célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8$  m·s<sup>-1</sup>.

**Q3.** Montrer que l'énergie  $\Delta E$  libérée lors de cette réaction nucléaire par le noyau d'uranium 235, vaut approximativement  $\Delta E = 2,2 \times 10^{-11}$  J.

**Données :**

- 1 kg de combustible  $\text{UO}_2$  contient 70 g d'Uranium 235 ;
- masse d'un noyau d'uranium 235 :  $m({}_{92}^{235}\text{U}) = 3,90 \times 10^{-25}$  kg .

**Q4.** Calculer le nombre de noyaux d'uranium 235 contenus dans 1 kg de combustible  $\text{UO}_2$ .

**Q5.** En déduire l'énergie libérée par la réaction (A) par kg de combustible  $\text{UO}_2$ . Comparer la valeur obtenue au pouvoir calorifique du propane qui vaut  $4,6 \times 10^7$  J·kg<sup>-1</sup>. Commenter.

## Partie 2 – Assemblage de combustible

Dans le cœur du réacteur se trouvent des assemblages de combustible. Chaque assemblage comporte 264 « crayons » combustibles composés chacun d'une gaine qui entoure un empilement de pastilles de dioxyde d'uranium  $\text{UO}_2$ .

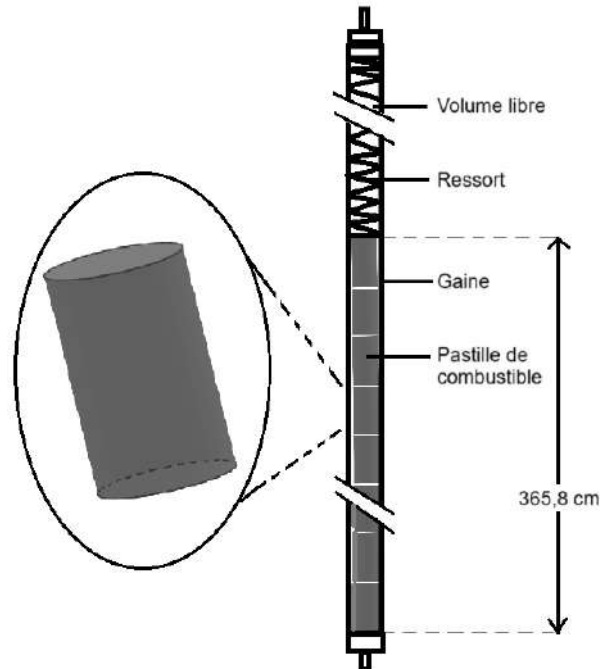


Figure 2 – Schéma d'un crayon combustible

### Données :

- le réacteur nucléaire étudié est composé de 157 assemblages de combustible ;
- le volume de combustible dans chaque assemblage est égal à  $V = 5,1 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ .

**Q6.** Calculer la puissance  $P$  dégagée par l'ensemble du combustible dans ce réacteur, sachant que la puissance dégagée par unité de volume de combustible est de l'ordre de  $4,0 \times 10^8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Ce réacteur permet de produire une puissance électrique  $P_e = 1100 \text{ MW}$ .

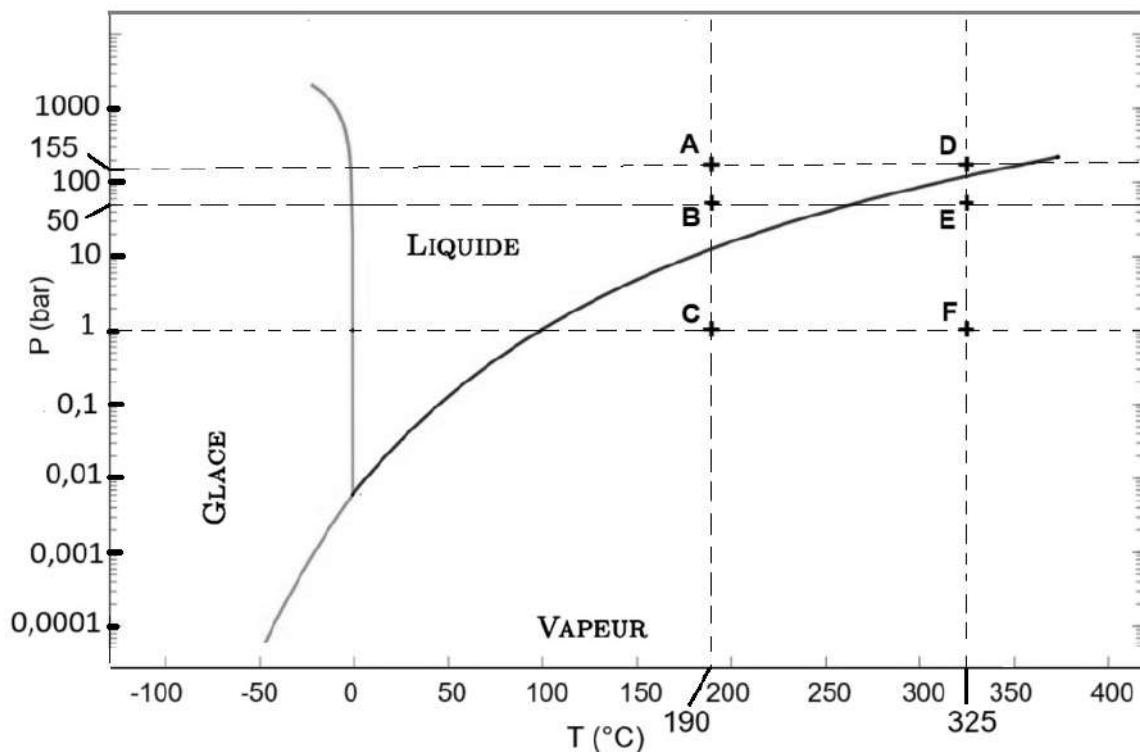
**Q7.** Exprimer puis calculer le rendement de ce réacteur nucléaire.

### Partie 3 – Pression de l'eau contenue dans la cuve du réacteur

Dans le cœur du réacteur, l'assemblage de combustible est plongé dans une cuve contenant de l'eau liquide. Cette eau permet de réguler la transformation nucléaire et d'assurer les échanges d'énergie dans le réacteur.

L'eau liquide entre dans la cuve à une température de l'ordre de 190°C et en ressort à environ 325°C après avoir reçu l'énergie thermique produite par la transformation nucléaire. Pour qu'elle reste liquide dans la cuve, l'eau se trouve sous une pression constante  $P = 155$  bar.

La figure 3 ci-dessous représente le diagramme d'état ( $P, T$ ) de l'eau.



**Q8.** Justifier que le chauffage de l'eau dans la cuve est représenté par une transition du point A au point D sur le diagramme d'état ( $P, T$ ) de l'eau.

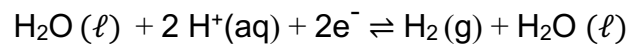
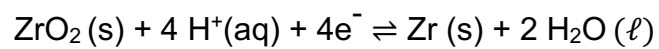
**Q9.** Expliquer pourquoi le réchauffement de l'eau liquide de 190 °C à 325 °C ne peut pas être réalisé à une pression de 50 bar.

#### Partie 4 – Protection du combustible

Pour des raisons de sécurité, le combustible nucléaire ne doit pas être en contact avec le reste du réacteur. La gaine qui entoure le crayon combustible est constituée d'un alliage appelé zircaloy, choisi pour sa résistance à la corrosion.

Dans la cuve, le zirconium Zr présent dans le zircaloy réagit avec l'eau qui l'entoure. Une réaction d'oxydoréduction se produit et conduit à la formation d'un oxyde de zirconium sur la surface de la gaine. Cette couche d'oxyde est imperméable à l'eau.

Les demi-équations des couples d'oxydoréduction mis en jeu au cours de cette transformation chimique sont :



**Q10.** Indiquer si le zirconium Zr(s) présent dans la gaine est un oxydant ou un réducteur. Justifier.

**Q11.** Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction se produisant entre le zirconium Zr(s) et l'eau.

**Q12.** Expliquer pourquoi la couche d'oxyde de zirconium formée à la surface de la gaine permet de la protéger de la corrosion.