BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

PHYSIQUE-CHIMIE

Mercredi 10 septembre 2025

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

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

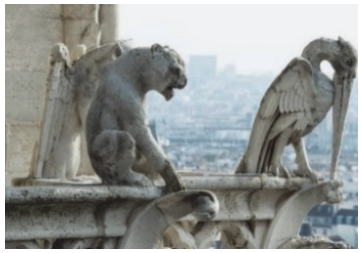
Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

L'annexe page 13 est à rendre avec la copie.

Exercice 1 - Les pluies acides (9 points)

Formées à partir du dioxyde de soufre et des oxydes d'azote liés aux activités humaines et rejetés dans l'atmosphère, les pluies acides engendrent des problèmes de santé. Elles ont aussi des conséquences visibles sur le sol, la flore et la faune, les métaux, etc. Les pierres calcaires de nombreux bâtiments et statues sont également détériorées par ces pluies acides.

D'après *https://www.futura-sciences.com*



Shutterstock.com/LiliGraphie

Le but de cet exercice est d'étudier l'origine des pluies acides ainsi que leurs conséquences sur les bâtiments et les statues, et enfin d'analyser un protocole de contrôle de qualité de l'air.

Données :

- masse molaire du carbonate de calcium : $M(CaCO_3) = 100{,}1\ g{\cdot}mol^{-1}$;
- masse molaire du dioxyde de soufre : $M(SO_2) = 64{,}1\ g{\cdot}mol^{-1}$;
- constante des gaz parfaits : $R = 8{,}31\ J{\cdot}K^{-1}{\cdot}mol^{-1}$;
- masse volumique de l'eau : $\rho(eau) = 1{,}00{\times}10^{3}\ g{\cdot}L^{-1}$;
- concentration standard : $c° = 1\ mol{\cdot}L^{-1}$;
- espèces chimiques carbonées en solution : $CO_2(aq)$, $HCO_3^-(aq)$ et $CO_3^{2-}(aq)$.

1. Origine des pluies acides

L'eau de pluie non polluée est naturellement acide et son pH est d'environ 5,6 à 25 °C. Cette acidité est due à la dissolution dans l'eau du dioxyde de carbone CO_2. La concentration à l'équilibre en dioxyde de carbone dissous dans une eau de pluie non polluée à 25 °C est $[CO_2] = 1{,}3{\times}10^{-5}\ mol{\cdot}L^{-1}$.

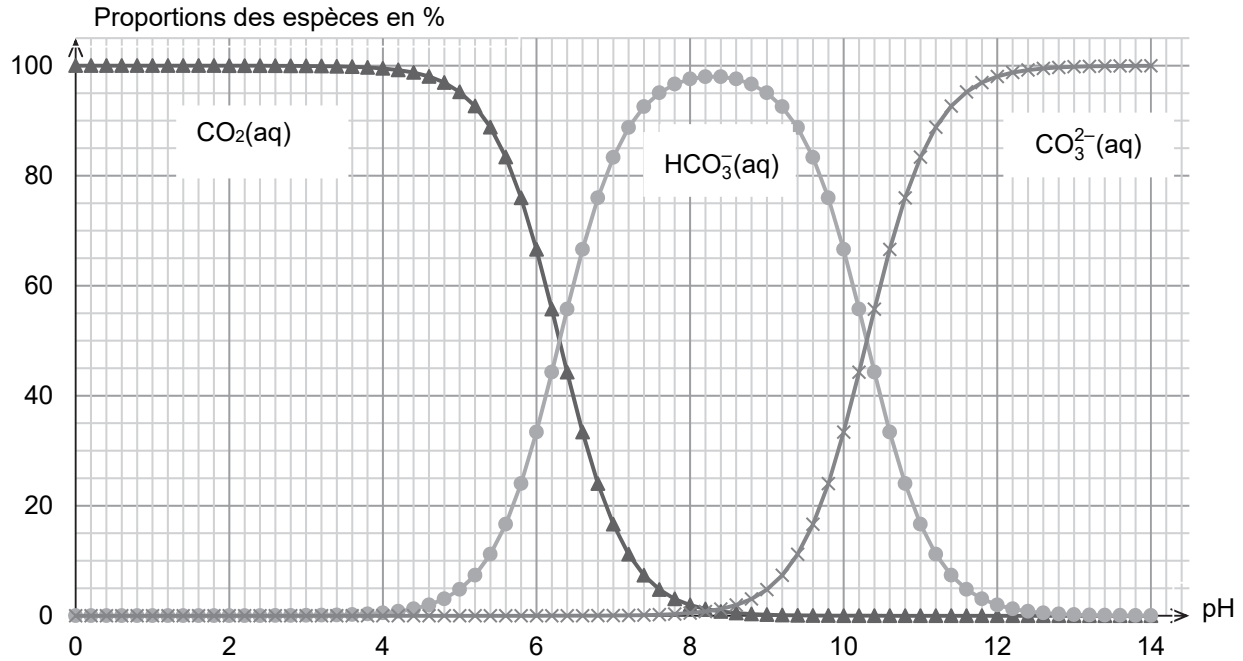


Figure 1. Diagramme de distribution des espèces $CO_2(aq)$, $HCO_3^-(aq)$ et $CO_3^{2-}(aq)$ en solution aqueuse à 25 °C

Q1. Écrire l'équation de la réaction acide-base modélisant la transformation chimique entre le dioxyde de carbone dissous et l'eau. Justifier le fait que le dioxyde de carbone puisse rendre acides les pluies.

Q2. En utilisant la figure 1, vérifier que la valeur du pK_A du couple $CO_2(aq)$ / $HCO_3^-(aq)$ est voisine de 6,4 à 25 °C.

On suppose que seule la réaction entre le dioxyde de carbone dissous $CO_2(aq)$ et l'eau a lieu et que la concentration en $CO_2(aq)$ à l'équilibre, imposée par le dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère, est toujours égale à $1{,}3\times10^{-5}$ mol·L^{-1}.

Q3. Donner la relation entre les concentrations des espèces HCO_3^- et H_3O^+ à l'équilibre, notées $[HCO_3^-]$ et $[H_3O^+]$, puis montrer que la constante d'acidité K_A a pour expression :

$$K_A = \frac{[H_3O^+]^2}{[CO_2]\cdot c^\circ}$$

Q4. Retrouver que la valeur du pH de l'eau de pluie non polluée à 25 °C est de 5,6.

Une eau de pluie est dite acide lorsque son pH est inférieur à 5,6 à 25 °C. L'acidification de l'eau de pluie est due, entre autres, au rejet dans l'atmosphère d'oxydes d'azote NO et NO_2 qui conduisent à la formation d'acide nitrique HNO_3.

Afin d'étudier les propriétés acido-basiques de l'acide nitrique, on prépare un volume de 2,00 L d'une solution aqueuse S d'acide nitrique diluée 400 fois à partir d'une solution commerciale S_0 de concentration c_0 = 15,2 mol·L^{-1}.

Q5. Indiquer, en précisant les volumes, la verrerie à utiliser pour préparer 2,00 L de solution aqueuse S d'acide nitrique à partir de la solution commerciale S_0.

On plonge une sonde pH-métrique dans la solution S : le pH-mètre affiche une valeur de 1,42 à 25 °C.

Q6. Déterminer, en justifiant, si la mesure du pH est cohérente avec le fait que l'acide nitrique est un acide fort dans l'eau.

2. Conséquences des pluies acides

Dans cette partie on se propose d'expliquer la dégradation, par les pluies acides, des bâtiments et des statues construits avec des roches calcaires composées principalement de carbonate de calcium $CaCO_3(s)$.

Afin de simuler l'effet des pluies acides sur les roches calcaires, on fait réagir du carbonate de calcium avec une solution d'acide chlorhydrique. Le protocole décrit ci-dessous est réalisé à une température de 295 K :

- dans une fiole à vide de volume total 330 mL, on verse 50 mL d'une solution d'acide chlorhydrique. On considère que le volume restant disponible pour du gaz dans la fiole est ainsi de 280 mL ;
- on relie, par un tuyau, la fiole à vide à un manomètre ;
- à la date t = 0, on introduit rapidement dans la fiole à vide 2,0 g de carbonate de calcium solide, on bouche la fiole à vide puis on relève les valeurs de pression indiquées par le manomètre au cours du temps. On considère que l'introduction du carbonate de calcium ne modifie pas le volume disponible pour le gaz.

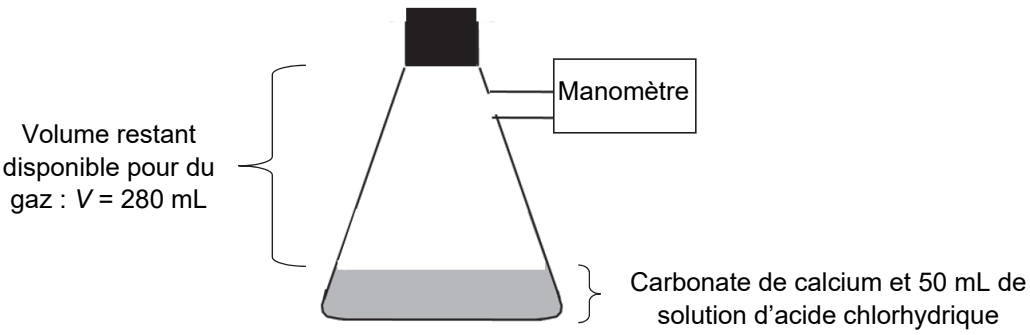


Figure 2. Schéma du montage expérimental

Les résultats ci-dessous sont donnés pour trois conditions expérimentales différentes :

	Concentration de la solution d'acide chlorhydrique utilisée	État de division du carbonate de calcium	Temps de demi – réaction $t_{1/2}$
Expérience n°1	$1{,}0\times10^{-1}$ mol·L^{-1}	en poudre	à déterminer
Expérience n°2	$2{,}0\times10^{-1}$ mol·L^{-1}	en poudre	80 s
Expérience n°3	$2{,}0\times10^{-1}$ mol·L^{-1}	en morceaux	$1{,}6\times10^{3}$ s

La transformation chimique ayant lieu lors de chacune des expériences peut être modélisée par la réaction, supposée totale, d'équation :

$$CaCO_3(s) + 2\ H_3O^+(aq) \rightarrow CO_2(g) + Ca^{2+}(aq) + 3\ H_2O(\ell)$$

Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe d'évolution de la pression P_{CO_2} de dioxyde de carbone gazeux formé en fonction du temps t pour l'expérience n°1. Les résultats sont présentés sur la figure 3. Cette pression tient compte de l'estimation des pertes liées à la manipulation.

Dans les différentes conditions expérimentales, le dioxyde de carbone gazeux est assimilé à un gaz parfait dont l'expression de la pression s'écrit :

$$P_{CO_2} = \frac{n_{CO_2} \cdot R \cdot T}{V}$$

où P_{CO_2} s'exprime en Pa, n_{CO_2} s'exprime en mol, T s'exprime en K et V s'exprime en m^3.

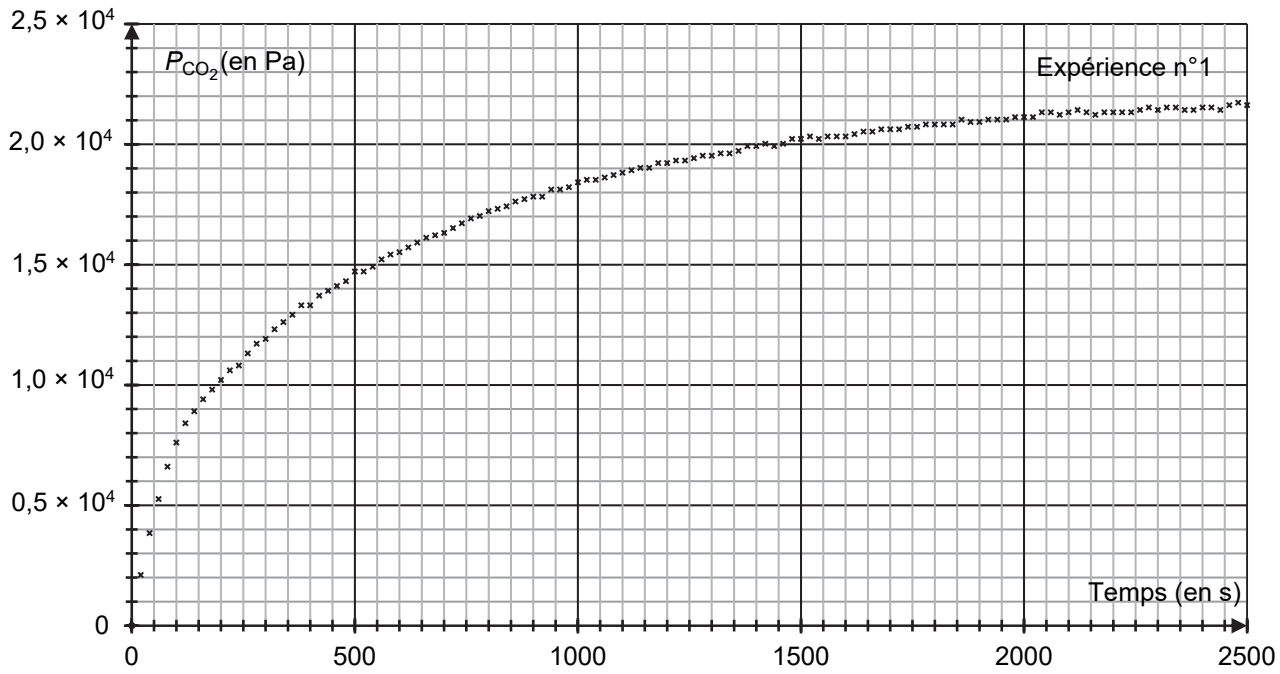


Figure 3. Évolution de la pression P_{CO_2} de dioxyde de carbone gazeux en fonction du temps t pour l'expérience n°1

Q7. Montrer que la quantité de matière théorique maximale de dioxyde de carbone gazeux pouvant être obtenue dans les conditions de l'expérience n°1 est $n_{CO_2,max} = 2{,}5\times10^{-3}$ mol.

Q8. Estimer la quantité de matière de dioxyde de carbone gazeux réellement présente dans la fiole à vide dans l'état final lors de l'expérience n°1. Commenter le résultat obtenu.

Q9. Estimer, en expliquant la démarche, le temps de demi-réaction de la transformation chimique mise en œuvre dans l'expérience n°1.

Q10. En exploitant les résultats des trois expériences réalisées, indiquer un facteur qui influence la cinétique de la détérioration des bâtiments et des statues.

3. Prévention des pluies acides : contrôle de la qualité de l'air

Afin de réduire les émissions d'oxydes d'azote et de dioxyde de soufre SO_2, espèces également responsables de l'acidité des pluies, plusieurs dispositions règlementaires ont été prises dans de nombreux pays. Des normes de qualité de l'air ont été fixées pour le dioxyde de soufre SO_2, et un contrôle régulier de sa concentration dans l'air est réalisé.

On donne ci-après les normes de qualité de l'air liées à la concentration en masse de dioxyde de soufre SO_2 dans l'air en France.

Objectif de qualité	50 µg·m^{-3}	en moyenne annuelle
Valeur limite	125 µg·m^{-3}	en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an
Seuil d'information et de recommandation	300 µg·m^{-3}	en moyenne horaire

D'après https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/pollution-lair-origines-situation-et-impacts

Afin de déterminer la concentration du dioxyde de soufre SO_2 dans l'air, on réalise l'expérience suivante :

- étape 1 : avec une pompe, on fait barboter de l'air, en continu pendant 7 jours, dans une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène $H_2O_2(aq)$. Le volume total d'air ainsi utilisé est de 18,5 m^3. On obtient une solution aqueuse notée S_a ; on suppose que toute la quantité de dioxyde de soufre apporté par l'air au cours de son barbotage se dissout dans la solution de peroxyde d'hydrogène et que c'est la seule espèce acide ;
- étape 2 : on titre les ions oxonium H_3O^+ de la solution S_a par une solution aqueuse S_b d'hydroxyde de sodium de concentration égale à $c_b = 1{,}0\times10^{-2}$ mol·L^{-1}. Le volume de solution S_b versé à l'équivalence du titrage est $V_E = 4{,}0$ mL.

Q11. La transformation chimique ayant lieu lors de l'étape 1 est totale et peut être modélisée par la réaction d'équation :

$$H_2O_2(aq) + SO_2(aq) + 2\ H_2O(\ell) \rightarrow 2\ H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

Sachant que le peroxyde d'hydrogène a été introduit en excès, déterminer la relation entre la quantité de matière $n(SO_2)$ de dioxyde de soufre présent dans l'air analysé et la quantité de matière $n(H_3O^+)$ d'ions oxonium contenus dans la solution S_a.

Q12. En considérant que la concentration en masse du dioxyde du soufre dans l'air n'a pas varié pendant toute la durée de l'étape 1, déterminer si les 18,5 m^3 d'air analysé respectent les normes de qualité concernant le dioxyde de soufre. Commenter le protocole et les hypothèses du raisonnement.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Exercice 2 - La couleur des scarabées (5 points)

Les scarabées ont des carapaces constituées de nanostructures. Ces dernières, lorsqu'elles sont éclairées, créent des interférences lumineuses qui donnent à ces insectes des couleurs variées. Dans cet exercice, on se propose d'étudier ce phénomène.

La partie supérieure du squelette externe d'un scarabée est représentée sur la figure 1. Elle est constituée d'un empilement de couches transparentes de quelques dizaines de nanomètres d'épaisseur chacune, ayant alternativement un fort indice optique et un faible indice optique comme le montre la figure 2.

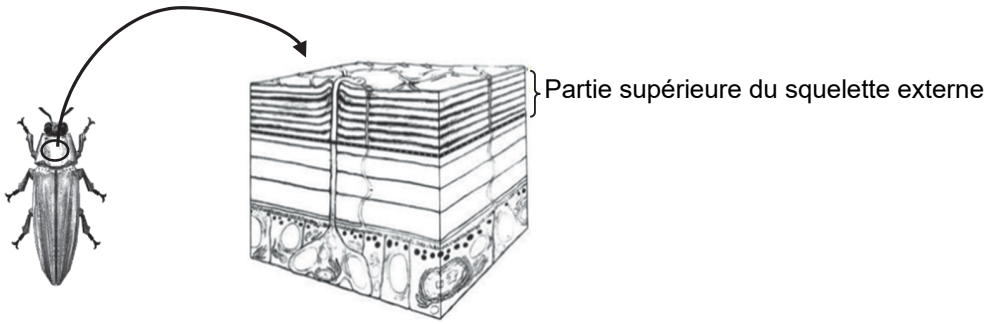


Figure 1. Schéma du squelette externe du scarabée
D'après passion-entomologie.fr

Quand le scarabée est éclairé en lumière blanche, chacune des radiations monochromatiques composant la lumière blanche se réfléchit à chaque interface entre deux couches de la partie supérieure du squelette. Les radiations réfléchies se superposent alors au niveau de l'œil de l'observateur, interfèrent entre elles et sont ainsi à l'origine de la couleur perçue du scarabée.

On simplifie l'étude de la façon suivante (voir figure 2) :
- on ne prend en compte que l'interférence entre les deux premiers rayons réfléchis 1 et 2 ;
- toutes les couches sont supposées de même épaisseur, notée e.

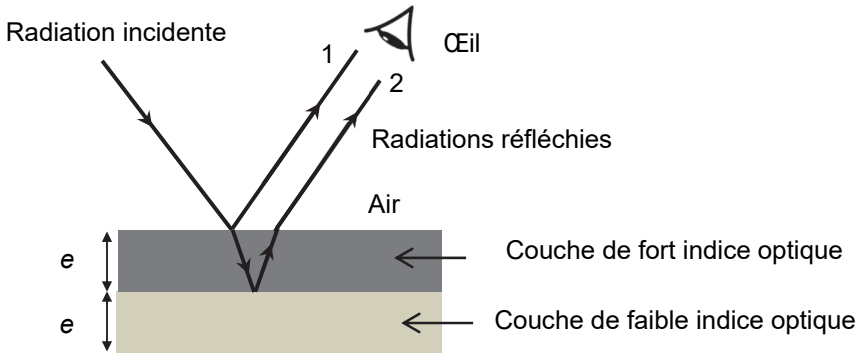


Figure 2. Schéma simplifié de la situation

Données :
- indice optique de la couche d'indice le plus fort : $n_{fort} = 1{,}7$;
- pour discuter de l'accord du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient $\frac{|x - x_{ref}|}{u(x)}$ avec x la valeur mesurée, x_{ref} la valeur de référence et $u(x)$ l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x ;
- couleur observée associée à une radiation de longueur d'onde λ :

Longueur d'onde λ (en nm)	470	530	590	750
Couleur	bleu	vert	jaune	rouge

Q1. Rappeler la condition d'obtention d'interférences constructives entre deux ondes, issues d'une source monochromatique unique, ayant parcouru des chemins optiques différents. On note δ la différence de chemin optique et λ la longueur d'onde.

Dans cet exercice on admet que la lumière incidente se propage dans une direction perpendiculaire à la surface du squelette externe. Pour une onde monochromatique de longueur d'onde λ, la différence de chemin optique δ au niveau de l'œil de l'observateur entre les radiations réfléchies 1 et 2 est donnée par la relation suivante :

$$\delta = 2 \cdot n_{\text{fort}} \cdot e - \frac{\lambda}{2}$$

Q2. Montrer que les épaisseurs correspondant à des interférences constructives sont données par la relation suivante dans laquelle k est un nombre entier positif ou nul, appelé ordre d'interférence :

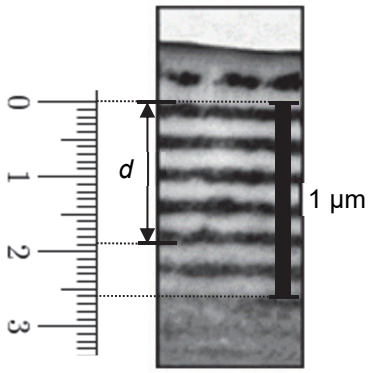
$$e = (k + \frac{1}{2}) \times \frac{\lambda}{2 \cdot n_{\text{fort}}}$$

Le scarabée est éclairé en lumière blanche. Dans la lumière réfléchie, les ondes lumineuses donnant lieu à des interférences constructives voient leur intensité renforcée. La lumière réfléchie apparait donc colorée.

On ne considère, dans la suite de l'exercice, que l'ordre d'interférence nul : $k = 0$.

Q3. Déterminer l'épaisseur des couches de la carapace d'un scarabée pour lequel la longueur λ = 530 nm correspond à des interférences constructives. Préciser la couleur apparente de ce scarabée.

On souhaite comparer l'épaisseur trouvée précédemment avec une mesure directe sur une photo, prise au microscope électronique, de la partie supérieure du squelette du scarabée.



La photographie ci-contre, prise au microscope électronique, montre l'alternance des couches de fort indice optique (en noir) et de faible indice optique (en gris clair) dans la partie supérieure du squelette d'un scarabée vert.

L'échelle de la photographie est indiquée grâce à la barre verticale noire située à droite : cette barre indique une longueur de 1 µm.

Une règle, graduée en cm, est représentée à gauche de la photographie pour effectuer toute mesure utile.

Figure 3. Photographie prise au microscope électronique de la partie supérieure d'un scarabée vert
D'après Bioinspiration Biomimetics (2013)

Q4. À partir de la figure 3, déterminer la valeur de l'épaisseur moyenne e d'une couche. Expliciter la méthode suivie pour obtenir la meilleure précision possible sur la mesure de e. La distance d indiquée sur la figure 3 peut servir d'aide à la mesure.

Q5. Indiquer une source d'incertitude possible dans la détermination de la mesure de l'épaisseur e effectuée à la question **Q4**.

On souhaite maintenant évaluer quantitativement la précision de cette mesure à l'aide d'une simulation numérique.

La valeur de la distance d estimée sur la photographie se situe dans un intervalle de valeurs exprimées en cm. Un programme écrit en langage Python permet de calculer l'épaisseur d'une couche pour 5 000 longueurs prises aléatoirement dans cet intervalle de valeurs.

Un extrait du programme est représenté ci-dessous, dans lequel la fonction `rd.uniform(a,b,Nsim)` permet de renvoyer `Nsim` valeurs aléatoires comprises entre les valeurs `a` et `b`.

```
1  import numpy as np
2  import numpy.random as rd
3  import matplotlib.pyplot as plt
4
5  # Simulation de 5000 longueurs choisies aléatoirement dans les intervalles de mesure
6  Nsim = 5000
7  echelle = rd.uniform(2.6, 2.7, Nsim)   # intervalle de mesure de la barre de l'échelle en cm
8  d_mes = rd.uniform(  ,  , Nsim)        # intervalle de mesure de la distance d en cm
9
10 # Calcul de l'épaisseur e en nm
11 e = d_mes*1000/(9*echelle)
12
13 # Calcul de la moyenne (en nm) et de l'incertitude type (en nm) sur l'épaisseur e
14 e_moy = np.average(e)
15 u_e = np.std(e, ddof=1)
16
17 # Tracé graphique de l'histogramme et affichage des résultats
18 plt.hist(e,bins="rice",  color="grey")
19 print("INCERTITUDE-TYPE : u(e) =", u_e," en nm")
20 print("VALEUR MOYENNE : e_moyen =", e_moy," en nm")
```

Figure 4. Extrait du programme Python

Le programme permet de calculer la valeur moyenne et l'incertitude-type u(e) sur une mesure de e puis d'afficher :

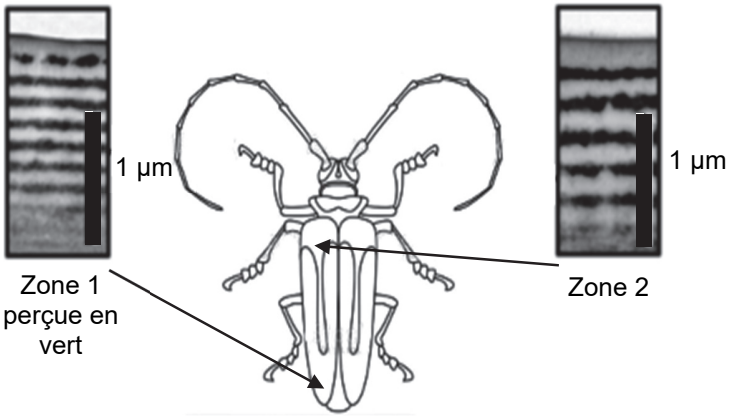
```
INCERTITUDE-TYPE : u(e) = 2.5574799015216696 en nm
VALEUR MOYENNE : e_moyen = 75.48793757378112 en nm
```

Q6. Recopier la ligne 8 du programme puis la compléter avec des valeurs appropriées exprimées en cm.

Q7. Justifier la présence du nombre 1 000 dans l'expression de la ligne 11 du programme de la figure 4.

Q8. En utilisant les résultats de la simulation numérique et en conservant un seul chiffre significatif pour l'incertitude-type, écrire le résultat de la mesure de l'épaisseur e_{moyen}. Discuter la compatibilité de la réponse à la question **Q3**, arbitrairement prise comme valeur de référence, avec le résultat de la simulation numérique.

Certains scarabées possèdent des carapaces bicolores. La figure 5 représente les photos prises au microscope électronique de la partie supérieure du squelette externe du scarabée pour deux zones d'épaisseurs et de couleurs différentes. La zone 1 est de couleur verte. Les deux photos sont à la même échelle.



L'échelle de la photographie est indiquée grâce à la barre verticale noire située à droite : cette barre indique une longueur de 1 µm.

Figure 5. Photos prises au microscope électronique de la partie supérieure d'un scarabée dans deux zones perçues de couleurs différentes
D'après Bioinspiration Biomimetics (2013)

Q9. Estimer la longueur d'onde qui correspond à des interférences constructives dans la zone 2. Proposer une hypothèse pour la couleur perçue pour la zone 2 de ce scarabée.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

Exercice 3 - Le réfrigérateur (6 points)



Élément indispensable des cuisines et des magasins, le réfrigérateur n'a cessé d'être perfectionné depuis le premier brevet déposé en 1835 par Jacob Perkins. Il nous permet d'avoir à portée de main un endroit frais.

Les objectifs de cet exercice sont :

- d'étudier dans une première partie le refroidissement d'une bouteille d'eau placée dans un réfrigérateur « A » destiné à maintenir au frais des boissons à la température d'environ 7 °C ;
- d'étudier dans une seconde partie la difficulté d'ouverture d'une porte d'un réfrigérateur « B » dans deux situations différentes.

1. La température « idéale » d'une bouteille d'eau pour optimiser l'hydratation

Données :

- le système étudié dans cette partie est une bouteille d'eau notée S ;
- volume du système S : V_S = 1,5 L ;
- masse volumique du système S : ρ_S = 1,00 kg·L^{-1} ;
- capacité thermique massique du système S : $c_S = 4{,}18\times10^3$ J·K^{-1}·kg^{-1} ;
- la température idéale de consommation de l'eau, afin d'optimiser la réhydratation du corps humain, est : $\theta_{déale}$ = 16 °C ;
- la loi de Newton donne l'expression du flux thermique Φ (en W) reçu par le système S, à une température θ(t), de la part de l'air intérieur du réfrigérateur dont la température $\theta_{réfri}$ est considérée constante :

$$\Phi = \alpha\cdot(\theta_{réfri} - \theta(t))$$

où α = 0,50 W·K^{-1} est une estimation du coefficient d'échange thermique entre le système S et l'air intérieur du réfrigérateur.

À l'instant t = 0, on place le système S dans le réfrigérateur « A », on ferme la porte de ce réfrigérateur puis on mesure la température θ(t) du système S à intervalle de temps régulier pendant une demi-journée.

Q1. Caractériser qualitativement le phénomène de convection, un des modes de transfert thermique ayant lieu entre S et son environnement.

Q2. Indiquer, en justifiant, le sens du transfert thermique Q dans le cas étudié.

L'utilisation d'un tableur-grapheur permet d'obtenir :

- le tracé de la courbe de température expérimentale à partir des mesures effectuées ;
- le tracé d'une courbe de modélisation de l'évolution temporelle de la température θ(t) du système S à l'aide d'une fonction de la forme générale :

$$\theta(t) = A\cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B \qquad \text{où } A, B \text{ et } \tau \text{ sont des constantes.}$$

Ces deux courbes sont représentées sur la figure 1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Q3. Exprimer θ(t = 0) puis la limite de θ(t) quand $t \to +\infty$ en fonction des constantes A et B. En déduire, en utilisant la figure 1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, des valeurs des constantes A et B en précisant leur unité respective.

Q4. Montrer graphiquement, en faisant apparaître la construction sur la figure 1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, que la valeur de la constante τ est de l'ordre de 12×10^3 s.

On cherche à déterminer par un modèle l'équation différentielle vérifiée par la fonction θ(t). Pour cela, on effectue un bilan d'énergie pour le système S, entre les instants t et $t + \Delta t$.

Q5. Appliquer le premier principe de la thermodynamique au système S entre t et $t + \Delta t$ pour exprimer la variation de température $\theta(t + \Delta t) - \theta(t)$ en fonction de Δt, ρ_S, V_S, c_S, α et $(\theta_{réfri} - \theta(t))$.

On en déduit que l'équation différentielle régissant l'évolution de la température $\theta(t)$ s'écrit :

$$\frac{d\theta(t)}{dt} + \frac{\theta(t)}{\tau} = \frac{\theta_{réfri}}{\tau} \qquad \text{avec } \tau = \frac{\rho_S \cdot V_S \cdot c_S}{\alpha}.$$

La solution de cette équation différentielle a pour expression :

$$\theta(t) = (\theta_0 - \theta_{réfri}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_{réfri}$$

On donne pour l'expérience réalisée : $\theta_0 = 20{,}4$ °C et $\theta_{réfri} = 6{,}8$ °C.

Q6. Établir, selon cette modélisation, en fonction de τ, θ_0, $\theta_{réfri}$ et $\theta_{idéale}$, l'expression de la durée $t_{idéale}$ nécessaire pour que le système S atteigne la température idéale de consommation d'une boisson.

Q7. Calculer cette durée $t_{idéale}$, sachant que $\theta_{idéale} = 16$ °C. Indiquer si cette durée est cohérente avec le graphique de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**. Une construction graphique est attendue.

2. Ouverture de la porte du réfrigérateur « B »

Dans des conditions d'usage régulier, l'ouverture de la porte d'un autre réfrigérateur nommé « B » est parfois difficile. Un élément d'explication de cette difficulté peut être envisagé en considérant la différence de pression entre l'air intérieur du réfrigérateur et l'air extérieur à celui-ci.

Mise en service du réfrigérateur

On étudie l'influence du changement de température lors de la mise en service du réfrigérateur sur la différence de pression.

Données :

- l'air est considéré comme un gaz parfait ;
- constante des gaz parfaits : $R = 8{,}314$ J·K^{-1}·mol^{-1} ;
- équation d'état du gaz parfait :

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

avec P la pression du gaz en Pa, V le volume occupé par le gaz en m^3, n la quantité de matière de gaz en mol et T la température du gaz en K ;

- volume d'air dans le réfrigérateur : $V_{réfri} = 0{,}15$ m^3 ;
- température de l'air ambiant extérieur au réfrigérateur : $T_{amb} = 293$ K ;
- pression de l'air ambiant extérieur au réfrigérateur : $P_{amb} = 1009{,}1 \times 10^2$ Pa ;
- intensité de la pesanteur : $g = 9{,}8$ N·kg^{-1}.

À la date $t = 0$, la porte du réfrigérateur, contenant de l'air à la température $T_0 = T_{amb}$ et à la pression $P_0 = P_{amb}$, est fermée puis le réfrigérateur est mis en fonctionnement. On note T et P, respectivement la température et la pression de l'air intérieur du réfrigérateur à une date quelconque.

On fait l'hypothèse que le réfrigérateur constitue un système fermé, lorsque la porte est fermée : il n'échange pas de matière avec l'extérieur.

Q8. Expliquer pourquoi, dans le cadre de cette hypothèse, le quotient $\frac{P}{T}$ peut être considéré constant lors du refroidissement de l'air du réfrigérateur après la fermeture de la porte.

Q9. Calculer, dans ce modèle, la valeur, notée P_{finale}, de la pression de l'air à l'intérieur du réfrigérateur lorsque la température intérieure a atteint sa valeur stabilisée égale à 277 K.

En réalité, on mesure à cette température une pression intérieure finale voisine de $1009{,}1\times10^2$ Pa.

Q10. Indiquer une raison possible de l'écart entre le résultat du calcul effectué à la question **Q8** et la pression réellement mesurée.

Difficulté d'ouverture d'une porte de réfrigérateur juste après sa fermeture

Dans certains cas, la réouverture d'une porte de réfrigérateur juste après fermeture, peut s'avérer difficile. Afin d'expliquer ce phénomène, on enregistre la pression de l'air à l'intérieur du réfrigérateur lors d'une expérience pour laquelle, le réfrigérateur étant ouvert, on en ferme la porte à un instant t_1. L'évolution de la pression mesurée est représentée sur la figure 2. On s'intéresse à la réouverture la porte après une durée Δt suivant la fermeture.

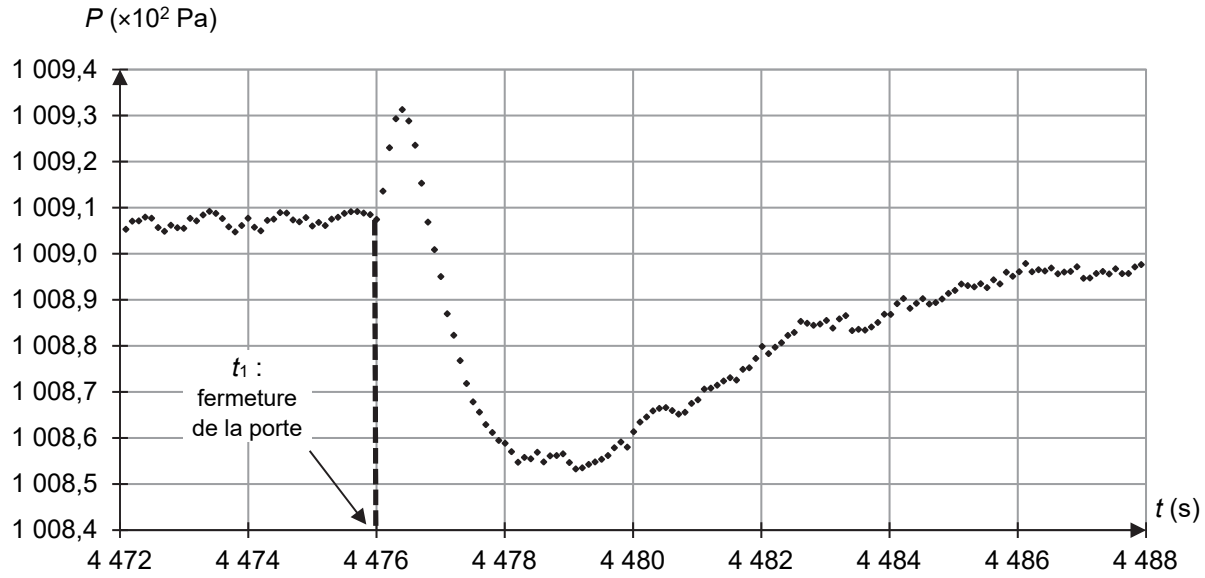
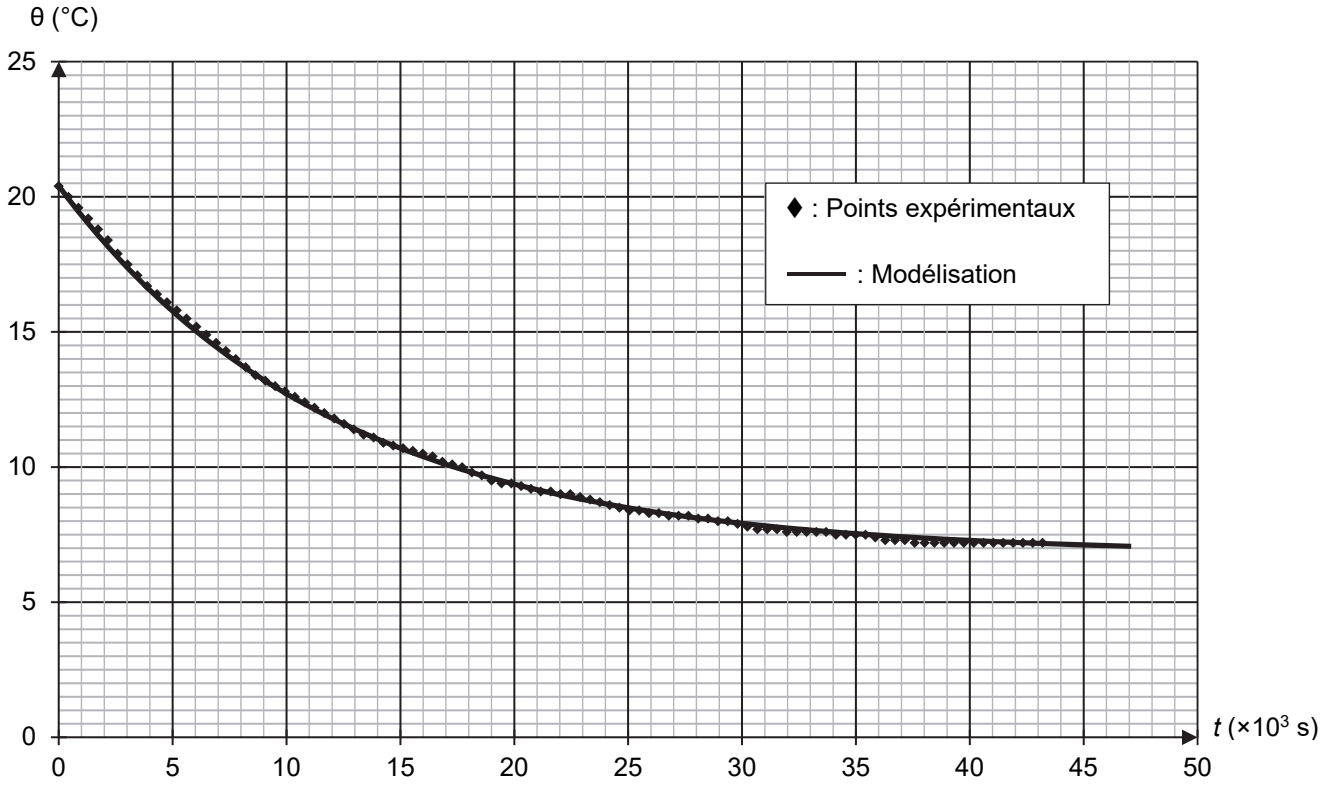


Figure 2. Évolution temporelle de la pression P de l'air intérieur du réfrigérateur S, avant et après fermeture de sa porte

Q11. À l'aide de la figure 2, justifier qu'il peut être difficile de rouvrir la porte du réfrigérateur après une durée $\Delta t = 3$ s.

Q12. En assimilant la porte du réfrigérateur à une plaque rectangulaire solide très fine de surface $S_{plaque} = 1{,}2$ m^2, déterminer la valeur et la direction de la résultante $\vec{F}$ des forces pressantes qui s'appliquent sur cette plaque lorsque l'on souhaite rouvrir la porte après une durée $\Delta t = 3$ s. Commenter le résultat obtenu.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE



Évolution de la température θ de S au cours du temps *t*

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté · Égalité · Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2