BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 2

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

Matériel autorisé

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

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

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

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

Le candidat traite l'intégralité du sujet, qui se compose de 3 exercices.

ATTENTION : l'annexe (page 10/10) est à rendre avec la copie.

Exercice 1

Exercice 1 : « J'ai froid aux pieds sur le carrelage, je préfère le parquet ! » (11 points)



Alors que les températures des deux sols sont identiques, on ressent que l'un des deux est plus froid que l'autre !

Cette sensation est liée à l'effusivité des matériaux.

Selon Jean-Claude Krapez, ingénieur de recherche, auteur d'une thèse sur le sujet :

« L'effusivité d'un matériau caractérise la vitesse avec laquelle il peut échanger de l'énergie thermique avec son environnement. Lorsque son effusivité thermique est forte, un matériau absorbe rapidement de l'énergie thermique sans se réchauffer notablement en surface (cas de la pierre, de l'acier, du carrelage), et inversement lorsque son effusivité thermique est faible le matériau se réchauffe très rapidement sur la surface de contact avec une source chaude. Ce qui signifie que ce genre de matériaux n'absorbe pas beaucoup d'énergie thermique et que cette dernière reste en surface, comme c'est le cas pour le bois ».

La température de contact qui sera ressentie par le pied se détermine en utilisant l'effusivité des matériaux en contact.

Pour reproduire cette expérience au laboratoire afin de bien comprendre ce phénomène, on utilise un morceau de carrelage, un morceau de bois de parquet et une poche en silicone. La poche en silicone permet ainsi de simuler un pied nu car elle possède des propriétés mécaniques et thermiques similaires au dessous du pied.

1. Détermination de l'effusivité d'un matériau

Données :

- Effusivité E d'un matériau : $E = \sqrt{\lambda \times c_v}$ avec :
  - λ : conductivité thermique du matériau (en $J \cdot K^{-1} \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$) ;
  - c_v : capacité thermique volumique du matériau (en $J \cdot K^{-1} \cdot m^{-3}$).
- $c_v = \frac{C}{V}$ avec :
  - C : capacité thermique du morceau de matériau utilisé en $J \cdot K^{-1}$;
  - V : volume du morceau de matériau en m^3.
- Conductivités thermiques des matériaux : $\lambda_{bois} = 0{,}14\ J \cdot K^{-1} \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$;
  $\lambda_{carrelage} = 1{,}3\ J \cdot K^{-1} \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$;
  $\lambda_{silicone} = 0{,}80\ J \cdot K^{-1} \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$.
- Capacité thermique de l'eau en $J \cdot K^{-1}$: $C_{eau} = m_{eau} \times c_{eau}$, avec :
  - c_{eau} : capacité thermique massique de l'eau, $c_{eau} = 4{,}18 \times 10^3\ J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$;
  - m_{eau} : masse de l'eau en kg.
- T : température en kelvin ;
- θ : température en degré Celsius ;

Exercice 1

- Variation de l'énergie interne d'un système incompressible : $\Delta U = C \times \Delta T$ avec :

  C : capacité thermique du système ;

  ΔT : variation de température du système.
- Rappel : $\sqrt{a} = a^{1/2}$.

Q.1. Montrer que l'effusivité s'exprime en $J \cdot K^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^{-1/2}$.

Les conductivités thermiques λ des matériaux étant données, on cherche à obtenir les capacités thermiques volumiques des matériaux à partir d'une mesure de C et de V du morceau choisi.

On choisit de déterminer $C_{carrelage}$, la capacité thermique du morceau de carrelage, par calorimétrie.

On considère que dans un calorimètre, on néglige tout travail et tout transfert thermique avec l'extérieur.

On place 720 g d'eau à 25,4 °C dans le calorimètre. On y insère le morceau de carrelage à 39,7 °C. On relève la température finale d'équilibre thermique au bout de quelques dizaines de secondes, le temps que les transferts thermiques se fassent. On relève une température finale de 25,9 °C.

On considère le système {eau + carrelage} dans le calorimètre.

Q.2. Indiquer le sens dans lequel s'opère le transfert thermique entre le corps chaud et le corps froid.

Q.3. Rappeler le premier principe de la thermodynamique et en définir tous les termes ainsi que leurs unités. Appliquer le premier principe de la thermodynamique au système dans le calorimètre.

Q.4. Montrer que la variation d'énergie interne de l'eau dans le calorimètre vaut $1{,}50 \times 10^3$ J.

Q.5. En déduire que la capacité thermique du morceau de carrelage vaut $C_{carrelage} = 109\ J \cdot K^{-1}$.

Pour l'étude de la capacité thermique du carrelage, on utilise un morceau de carrelage de volume $5{,}50.10^{-5}\ m^3$.

Q.6. Calculer la valeur de la capacité thermique volumique du carrelage $c_{V\ carrelage}$.

Q.7. Montrer que l'effusivité du carrelage vaut $E_{carrelage} = 1{,}60.10^3\ J \cdot K^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^{-1/2}$.

On mesure dans les mêmes conditions d'expérience $E_{bois} = 0{,}476.10^3\ J \cdot K^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^{-1/2}$

Q.8. Justifier la cohérence des valeurs d'effusivité des matériaux par rapport au texte d'introduction.

Exercice 1

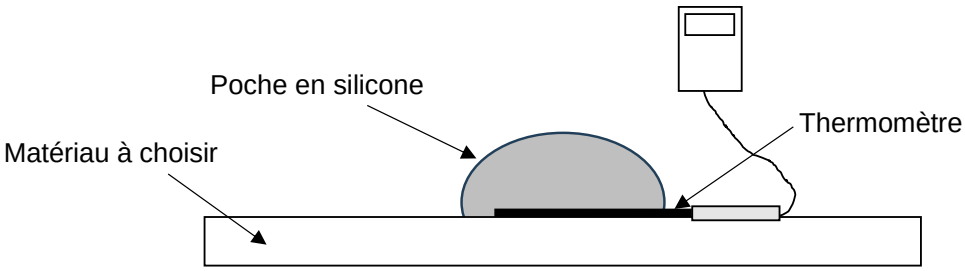
2. Mesure et calcul de la température de contact

Données :

- $T(\text{K}) = \theta(°\text{C}) + 273$;
- Effusivités des matériaux : $E_{\text{silicone}} = 0{,}756\times10^{3}\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1/2}$;
  $E_{\text{bois}} = 0{,}476\times10^{3}\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1/2}$;
  $E_{\text{carrelage}} = 1{,}60\times10^{3}\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1/2}$.

Pour mesurer la température moyenne de contact entre la poche en silicone chauffée à environ 34 °C (comme pour un pied réel) et un morceau de carrelage (ou un morceau de bois), dont on relève au préalable la température, on intercale un thermomètre entre le carrelage (ou le bois) et la poche en silicone.

On atteint au bout de quelques secondes l'équilibre thermique et on mesure la température de contact. L'incertitude type associée à chaque mesure de température vaut 0,2 °C.



Pour calculer $T_{\text{calcul.AB}}$ la température de contact thermique entre deux matériaux A et B, on utilise la relation :

$$T_{\text{calcul.AB}} = \frac{E_{\text{A}}\times T_{\text{A}} + E_{\text{B}}\times T_{\text{B}}}{E_{\text{A}} + E_{\text{B}}}$$

avec E_{A} et E_{B} les effusivités des matériaux A et B en contact thermique et T_{A} et T_{B} leurs températures respectives initiales en kelvin.

Dans le cas du contact silicone-bois, les températures initiales sont : $\theta_{i\ \text{silicone}} = 34{,}1$ °C et $\theta_{i\ \text{bois}} = 19{,}6$ °C, la température de contact mesurée entre le silicone et le bois notée $\theta_{\text{mesure.SB}}$ s'établit au bout de quelques secondes à $\theta_{\text{mesure.SB}} = 28{,}3$ °C.

Q.9. Exprimer la valeur de $T_{\text{mesure.SB}}$ en kelvin.

Q.10. Calculer la valeur de la température de contact théorique notée $T_{\text{calcul.SB}}$ entre la poche de silicone et le bois.

Dans le cas du contact silicone-carrelage, on trouve expérimentalement $T_{\text{mesure.SC}} = 297{,}2$ K et on calcule $T_{\text{calcul.SC}} = 297{,}4$ K.

Q.11. Comparer les valeurs des températures de contact mesurées $T_{\text{mesure.SB}}$ et $T_{\text{mesure.SC}}$ avec celles des températures de contact calculées $T_{\text{calcul.SB}}$ et $T_{\text{calcul.SC}}$ et conclure.

Q.12. Expliquer les raisons de la sensation décrite dans le titre de l'exercice.

Exercice 1

3. Transfert conducto-convectif

On étudie le refroidissement à l'intérieur du pied.
Pour cela, on immerge la poche de silicone, transpercée jusqu'à son centre par un thermomètre relié à une interface d'acquisition, dans un mélange eau liquide/glace constituant ainsi un thermostat à 0 °C.
Le suivi de la température dure trois heures, les mesures sont faites toutes les 7,2 secondes.

Q.13. Préciser quel transfert thermique supplémentaire, lié à la présence d'eau liquide, apparaît dans le thermostat eau liquide/glace par rapport aux matériaux solides utilisés précédemment.

Le flux thermique entre la poche de silicone et le thermostat, dans le cas d'un transfert conducto-convectif, est donné par la loi de Newton, il s'écrit :

$$\phi = h_{\text{eau-silicone}} \times S \times (\theta_T - \theta), \text{ avec}$$

- $h_{\text{eau-silicone}}$: coefficient de transfert conducto-convectif entre l'eau et le silicone ; plus le coefficient de transfert conducto-convectif est grand plus le flux sera important ;
- S : surface de contact entre poche en silicone et le thermostat ;
- θ : température du silicone dans la poche et θ_T la température du thermostat.

Q.14. Donner l'expression du transfert thermique Q en fonction du flux thermique ϕ pendant une durée très petite Δt.

Q.15. Montrer, par application du premier principe de la thermodynamique appliqué au silicone, que les variations de la température du silicone à l'intérieur de la poche peuvent être décrites par l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{1}{\tau} \times \theta = \frac{1}{\tau} \times \theta_T$$

avec τ le temps caractéristique de transfert tel que : $\tau = \dfrac{C_{\text{silicone}}}{h_{\text{eau-silicone}} \times S}$

La solution donnant l'évolution de la température en fonction du temps a pour forme :

$$\theta(t) = (\theta(0) - \theta_T)e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_T$$

Q.16. Comparer les deux courbes obtenues **en annexe à rendre avec la copie** et commenter.

Q.17. Déterminer la valeur du temps caractéristique τ par construction graphique à réaliser sur **l'annexe à rendre avec la copie**.

Q.18. Calculer la valeur de $h_{\text{eau-silicone}}$ sachant que la poche utilisée a une capacité thermique $C_{\text{silicone}} = 179\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}$ et une surface totale immergée $S = 0{,}0172\ \text{m}^2$.

Le coefficient conducto-convectif entre l'air et le silicone vaut $h_{\text{air-silicone}} = 3{,}51\ \text{J}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$.

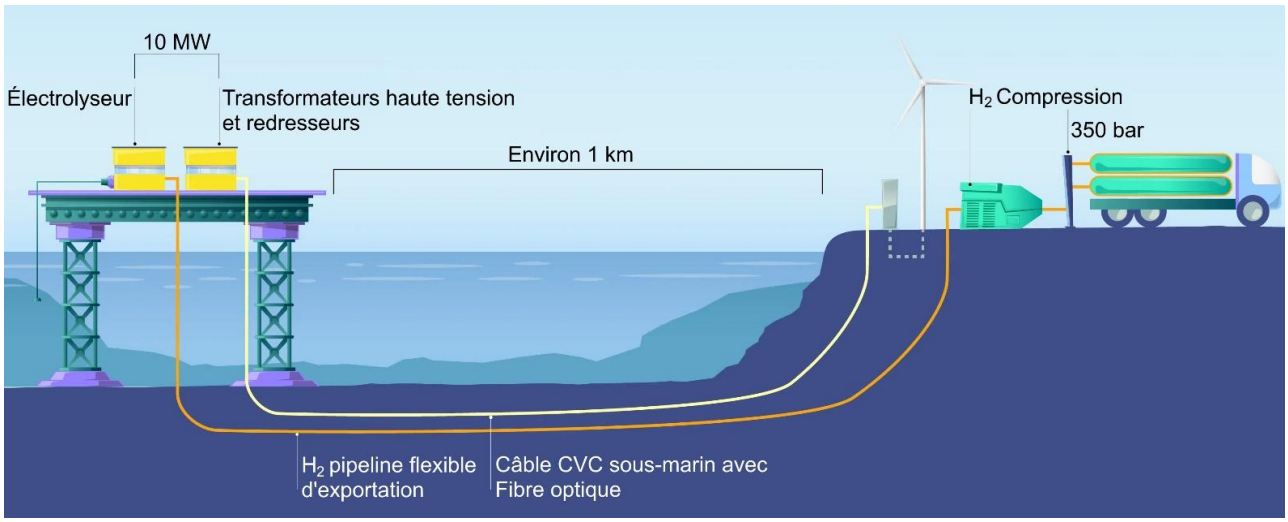
Q.19. Comparer les valeurs des deux coefficients conducto-convectifs et indiquer le fluide dans lequel le pied se refroidit le plus vite.

Exercice 2

Exercice 2 : HOPE, l'espoir du dihydrogène vert (5 points)

Le dihydrogène représente l'une des alternatives à l'usage des combustibles fossiles pour le transport de l'énergie. Cependant, 96 % de sa production se fait à partir de méthane : c'est le dihydrogène gris. Aujourd'hui, c'est le procédé le plus économique mais c'est aussi le plus polluant.

Un espoir apparait avec HOPE (Hydrogen Offshore Production for Europe), projet de production de dihydrogène non polluant (dihydrogène vert) en pleine mer piloté par la start up française Lhyfe. On utilise un électrolyseur pour produire du dihydrogène vert par électrolyse de l'eau de mer.



D'après *smart-appart.fr*

Données :

- Masses molaires atomiques : $M(\text{H}) = 1{,}0\ \text{g·mol}^{-1}$;
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}0 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$;
- Charge élémentaire : $e = 1{,}6\text{x}10^{-19}\ \text{C}$;
- Charge d'une mole d'électrons : $F = N_A \times e = 96\ 500\ \text{C.mol}^{-1}$;
- Couples d'oxydo-réduction mis en jeu dans la réaction : $H^+(aq)$ / $H_2(g)$ et $O_2(g)$ / $H_2O(\ell)$;
- 1 W·h = 3600 J ;
- La relation entre la capacité (ou quantité d'électricité transférée) Q (en A·h) et la durée de transfert Δt (en h), pour une intensité électrique I (en A), est donnée par la relation : $Q = I \times \Delta t$.

Une éolienne flottante permet l'alimentation en énergie de la plateforme. Celle-ci possède une turbine qui a produit, au cours du mois de décembre 2023 une énergie électrique de 922 MW·h.

Q.1. Déterminer, en MW·h, l'énergie moyenne produite par l'éolienne chaque jour au mois de décembre 2023.

Exercice 2

On réalise au laboratoire l'électrolyse de l'eau de mer. La tension U appliquée aux bornes de l'électrolyseur est de 4,74 V et le courant électrique I qui circule est de 7,25 mA pendant une durée Δt = 6 min 47 s.

Q.2. Compléter le document 2 de l'**annexe à rendre avec la copie (page 10)** en y faisant figurer le sens de circulation du courant électrique I et celui des électrons dans le circuit électrique.

Q.3. Écrire les demi-équations électroniques des deux couples d'oxydoréduction mis en jeu dans la réaction. Dans les encadrés de l'**annexe à rendre avec la copie (page 10)**, associer à chaque électrode de l'électrolyseur la demi-équation se produisant lors de l'électrolyse.

Q.4. En déduire l'équation de réaction modélisant la transformation qui a lieu au sein de l'électrolyseur.

Q.5. Exprimer en fonction de I, Δt et F la quantité de matière d'électrons échangés dans cet électrolyseur. Calculer sa valeur.

Q.6. Montrer que la masse de dihydrogène produite vaut $3{,}06\times10^{-5}$ g dans l'électrolyseur du laboratoire.

Q.7. Calculer l'énergie nécessaire dans ces conditions pour récupérer 400 kg de dihydrogène, masse que l'industriel espère récupérer par jour.

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 doit être correctement présentée.

Q.8. Vérifier si ce résultat est cohérent avec le résultat trouvé dans la question Q.1. Commenter.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Exercice 3 : La lessive de cendre (4 points)

La lessive de cendre est une lessive maison très simple à fabriquer. Il suffit de tamiser les cendres de bois produites par un feu de cheminée puis d'en mettre l'équivalent d'un verre par litre d'eau, de laisser reposer et de filtrer le tout. On obtient ainsi une lessive écologique.

L'objectif de cet exercice est d'étudier les caractéristiques chimiques de cette lessive pour déterminer la quantité à utiliser en machine à laver.

1. Étude de l'ion carbonate

Les cendres de bois contiennent de nombreuses espèces chimiques. Parmi elles, les ions carbonate CO_3^{2-} sont en quantité significative et possèdent des propriétés acido-basiques.

Données :

- couples acide-base :
  - dihydrogénocarbonate / ion hydrogénocarbonate : $H_2CO_3(aq)$ / $HCO_3^-(aq)$;
  - ion hydrogénocarbonate / ion carbonate : $HCO_3^-(aq)$ / $CO_3^{2-}(aq)$;
  - couples de l'eau : $H_3O^+(aq)$ / $H_2O(\ell)$; $H_2O(\ell)$ / $HO^-(aq)$.
- masse molaire du carbonate de potassium : $M(K_2CO_3) = 138{,}0\ g\cdot mol^{-1}$;
- produit ionique de l'eau à 25 °C : $Ke = 1{,}0\times10^{-14}$ et $pKe = 14{,}0$.

Q.1. Définir une espèce chimique basique selon Brönsted.

Pour étudier le comportement des ions carbonate de la lessive de cendre, on pèse au laboratoire une masse $m = 3{,}0$ g de carbonate de potassium $K_2CO_3(s)$ que l'on dissout dans une fiole jaugée de 100,0 mL. On obtient ainsi la solution aqueuse S.

Q.2. Calculer la concentration en quantité de matière des ions carbonate dans la solution S.

Q.3. Écrire et ajuster l'équation de la réaction acido-basique se produisant entre CO_3^{2-} et H_2O.

Le pH de la solution S est de 11,8.

Q.4. En déduire la concentration en ions hydroxyde HO^- dans la solution S.

Q.5. Comparer la concentration en ions hydroxyde à la concentration apportée en ions carbonate. En déduire que l'ion carbonate est une base faible, permettant d'assimiler la lessive de cendre à une solution d'ions carbonate.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Exercice 3

2. Titrage des espèces basiques contenues dans la lessive de cendre

L'objectif de cette partie est de déterminer un encadrement du volume de lessive de cendre à introduire dans la machine à laver pour remplacer une lessive classique. Pour cela, on réalise un titrage des ions carbonate $CO_3^{2-}(aq)$ présents dans la lessive de cendre.

Données :

Pour une machine contenant 5 kg de linge, l'étiquette d'une lessive commerciale préconise, selon la dureté de l'eau du robinet, les quantités en espèces chimiques basiques suivantes :

Dureté de l'eau du robinet	Très douce	Douce	Dure	Très dure
Quantité d'espèces chimiques basiques à introduire	Entre $4{,}0\times10^{-3}$ mol et $5{,}0\times10^{-3}$ mol	Entre $5{,}0\times10^{-3}$ mol et $6{,}0\times10^{-3}$ mol	Entre $6{,}0\times10^{-3}$ mol et $1{,}0\times10^{-2}$ mol	Entre $1{,}0\times10^{-2}$ mol et $1{,}5\times10^{-2}$ mol

D'après une étiquette d'une lessive commerciale.

Pour une lessive commerciale, cela correspond à un volume de lessive compris entre 50 et 150 mL.

Protocole :

On dispose d'une solution de lessive de cendre notée S_0.

On réalise une solution S_1 à partir d'une dilution par 10 de la solution S_0.

Le titrage d'un volume $V_1 = 10{,}0$ mL de solution S_1 est réalisé par pH-métrie. L'acide chlorhydrique ($H_3O^+(aq)$, $C\ell^-(aq)$) de concentration $c_A = 5{,}00\times10^{-3}$ mol·L^{-1} est la solution titrante.

Q.6. Écrire les demi-équations des deux couples acide-base mettant en jeu les ions carbonate et du couple $H_2O(aq)$ / $HO^-(aq)$, et justifier que l'équation support de la réaction de titrage s'écrit :

$$CO_3^{2-}(aq) + 2H_3O^+(aq) \rightarrow H_2CO_3(aq) + 2H_2O(\ell)$$

Dans la pratique, la courbe de titrage fait apparaître deux sauts de pH. On admet que le volume équivalent correspondant à la réaction précédente vaut $V_{eq} = 17{,}0$ mL.

Q.7. Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière en ions carbonate de la lessive de cendre S_0.

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 doit être correctement présentée.

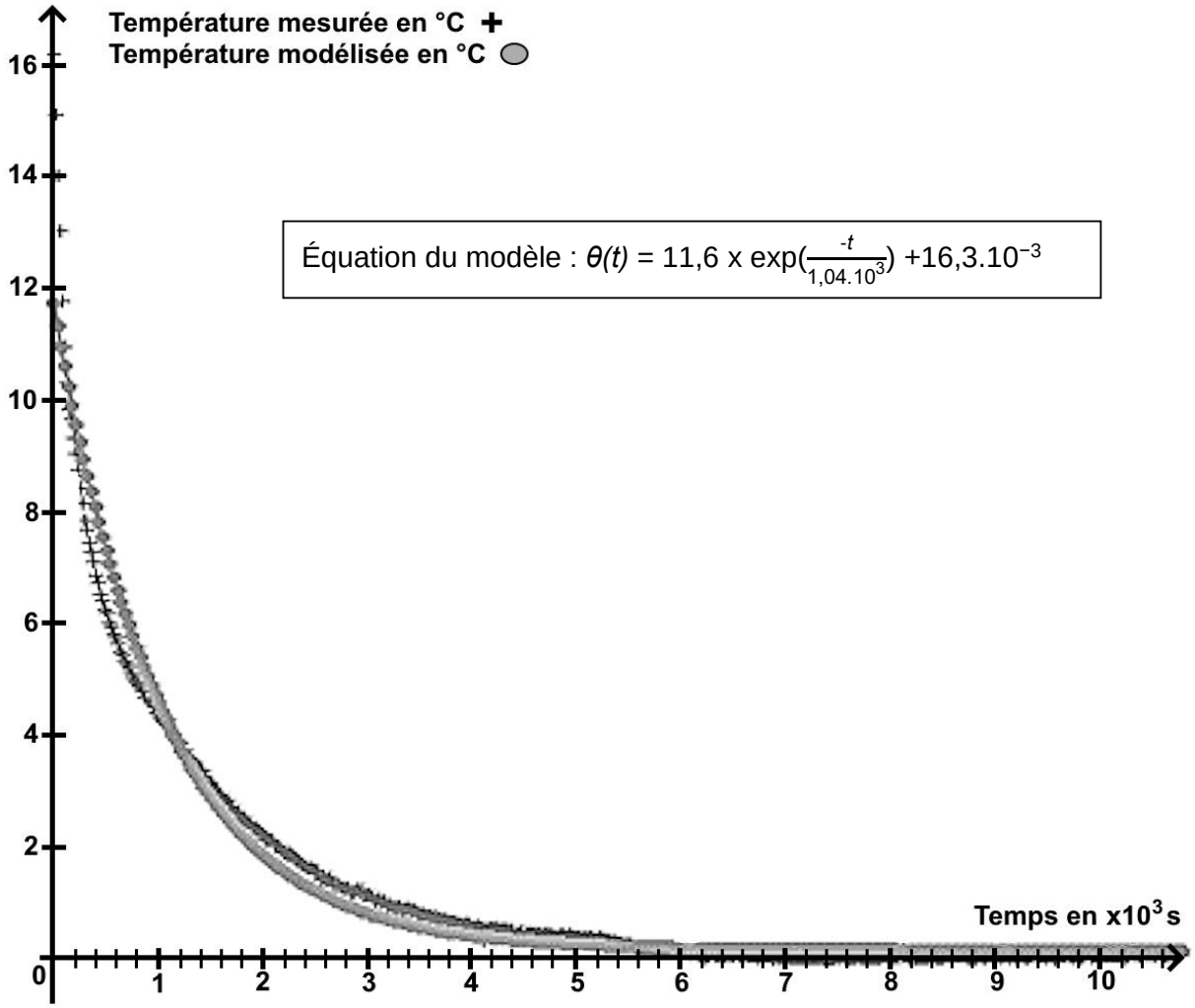
Des mesures effectuées conduisent à qualifier l'eau de dure.

Q.8. Déterminer un encadrement du volume de lessive de cendre à introduire dans la machine à laver pour répondre aux préconisations de l'étiquette. Commenter le résultat obtenu.

Annexe

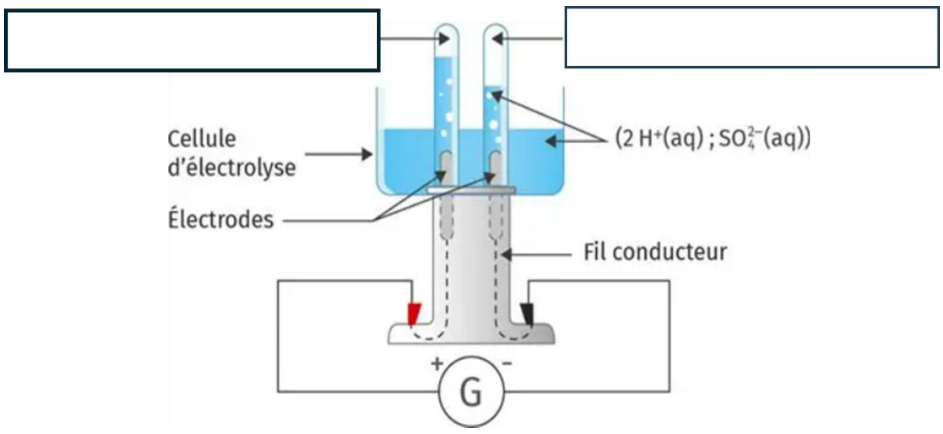
Annexe à rendre avec la copie

Exercice 1 : Document 1



Équation du modèle : $\theta(t) = 11{,}6 \times \exp\left(\frac{-t}{1{,}04.10^3}\right) + 16{,}3.10^{-3}$

Exercice 2 : Document 2



26-PYCJ2AN1 **10/10**

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