

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

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 λ 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

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.

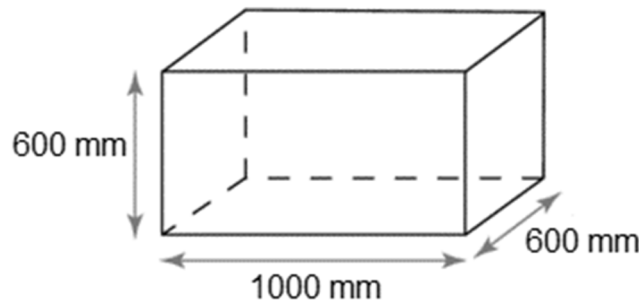
On suppose, pour simplifier, que seule la paroi intervient dans le calcul des pertes thermiques.

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 φ (en 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 Φ 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

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

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.

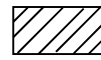
DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

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

Légende :



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

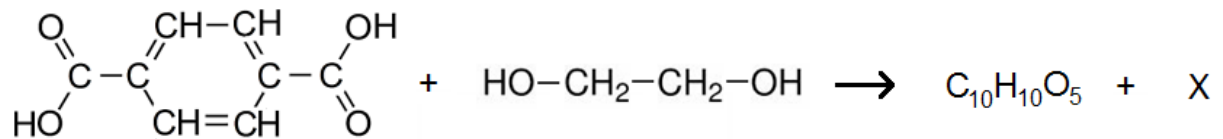


: aire correspondant à $\int_{15}^{t_f} P(t)dt$



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

