Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

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

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 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 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

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

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 W.

Données :

- masse volumique de la glace :

ρ_{glace} = 917 kg.m^{-3}

- capacité thermique massique de la glace :

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

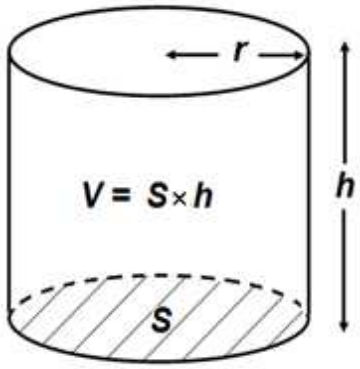
- capacité thermique massique de l'eau liquide :

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

- énergie massique de fusion de la glace :

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

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



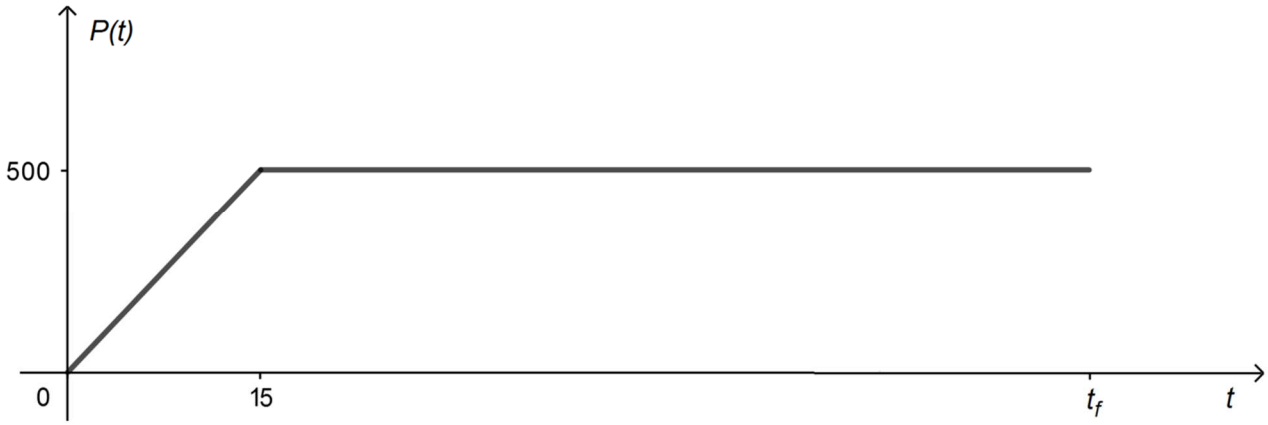
1. Déterminer la valeur de la masse de la tranche de glace.

2. Montrer qu'une énergie totale d'environ 37 kJ est nécessaire pour :
   - chauffer cette glace, initialement à – 40 °C ;
   - la faire fondre ;
   - et porter l'eau liquide obtenue à 25 °C.

L'appareil de chauffage atteint la puissance P_0 = 500 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 °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 $\int_0^{15} P(t)\,\mathrm{d}t$ et le domaine dont l'aire vaut $\int_{15}^{t_f} P(t)\,\mathrm{d}t$. Préciser les valeurs de ces aires.

3.2. Donner l'expression de $\int_0^{t_f} P(t)\,\mathrm{d}t$ 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 $\int_0^{15} P(t)\,\mathrm{d}t$.

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 °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*

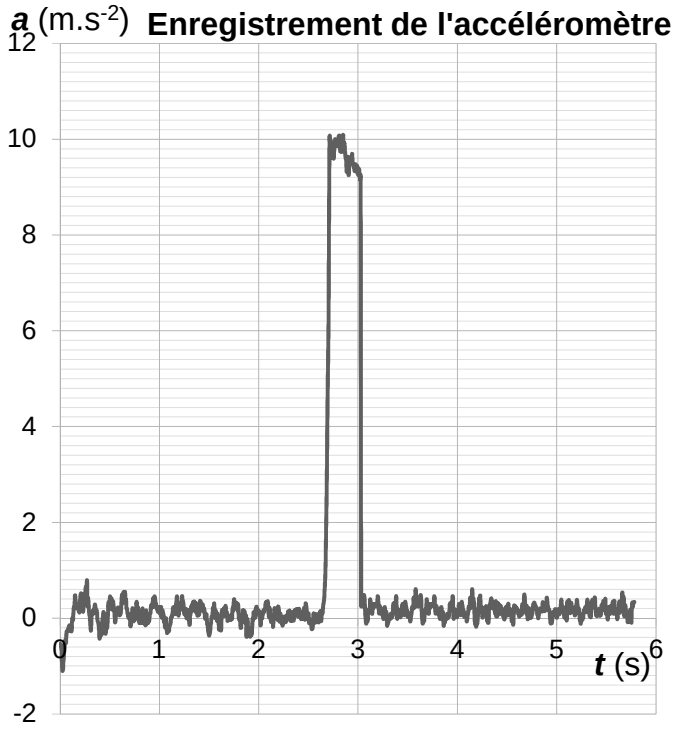
Les élèves décident d'exploiter l'accéléromètre de leur smartphone afin de déterminer la valeur de l'intensité de pesanteur g dans le laboratoire.

Protocole :

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

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

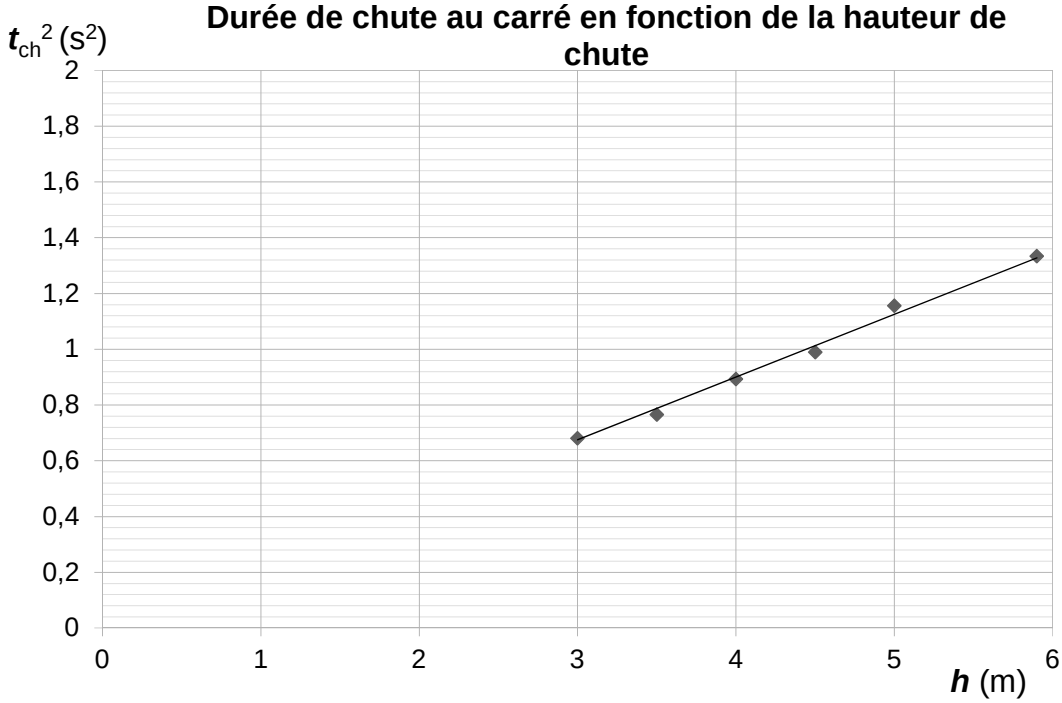
- arrêter l'enregistrement et afficher la courbe.



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 $k = 0{,}206 \pm 0{,}003$ $s^2.m^{-1}$

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

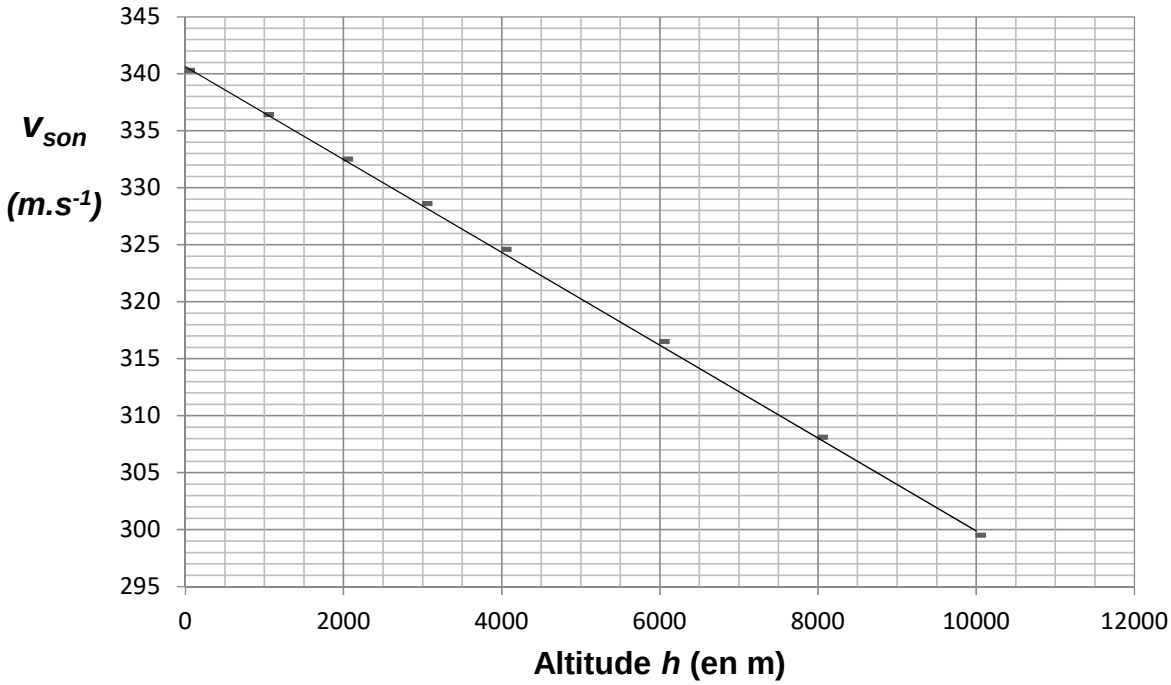
Le forage étudié se situe sur le glacier du col du Dôme, à 4300 m, au pied du Mont Blanc.

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 m.s^{-2} sur le glacier.

6. 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.

7. Lorsque le caillou atteint le fond du trou, le choc produit un signal sonore, perçu au bout d'une certaine durée t_{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

8. Si l'expérience était réalisée, la durée au bout de laquelle on percevrait le signal serait finalement supérieure à la valeur t_{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 **R** par $f(x) = x^2 \, e^x$.

Affirmation 1 :
« La fonction f est croissante sur **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 **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 **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 $z = \dfrac{2-\mathrm{i}}{1-3\mathrm{i}}$.

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 :

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

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 boites 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 boite 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 présentaient la meilleure performance thermique du marché, avec une conductivité thermique λ de 0,0052 $W.m^{-1}.K^{-1}$, **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 mm, est en moyenne de :

- R = 6,2 $m^2.K.W^{-1}$ pour les petits panneaux (600 × 300 mm) ;
- R = 6,7 $m^2.K.W^{-1}$ pour les grands panneaux (600 × 1000 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 boite est transportée dans un conteneur frigorifique dont la température est maintenue constante à $\theta_{conteneur}$ = – 18 °C.

Caractéristiques techniques de la boite isotherme

Constitution des parois :

- plaques en aluminium : épaisseur 1,0 mm, conductivité thermique de l'aluminium λ_{alu} = 220 W.m^{-1}.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 boite isotherme.

Flux thermique à travers la boite

4. Donner le sens du transfert thermique entre l'intérieur de la boite isotherme, où est stockée la carotte à $\theta_{carotte}$ = – 40 °C, et le conteneur frigorifique.

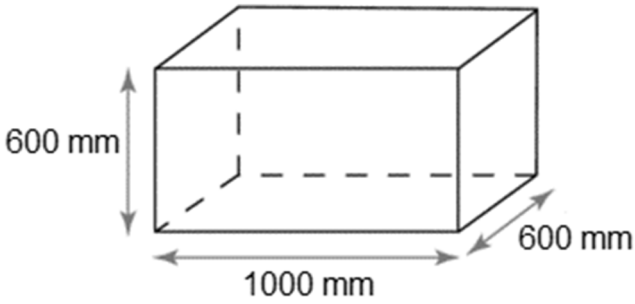
5. En déduire si l'expression « pertes thermiques » est appropriée pour la boite.

   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 :

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

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

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



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 boite 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 millionièmes 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 :

$HNO_3(aq)$ / $NO_3^-(aq)$; $H_3O^+(aq)$ / H_2O (l); H_2O (l) / HO^- (aq); $H_2CO_3(aq)$ / $HCO_3^-(aq)$

Acide nitrique

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

2. Établir l'équation de la réaction entre l'acide nitrique HNO_3 et l'eau H_2O.

3. On mesure la valeur de pH de l'échantillon à l'aide d'un pH-mètre : pH = 6,2. Calculer la valeur de la concentration en ions H_3O^+ 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.

4. 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

5. Citer le produit d'une combustion qui a un impact important sur l'environnement.

6. 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.

7. Compléter la chaine énergétique de ce groupe électrogène sur le **document réponse DR3, à rendre avec la copie**.

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

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

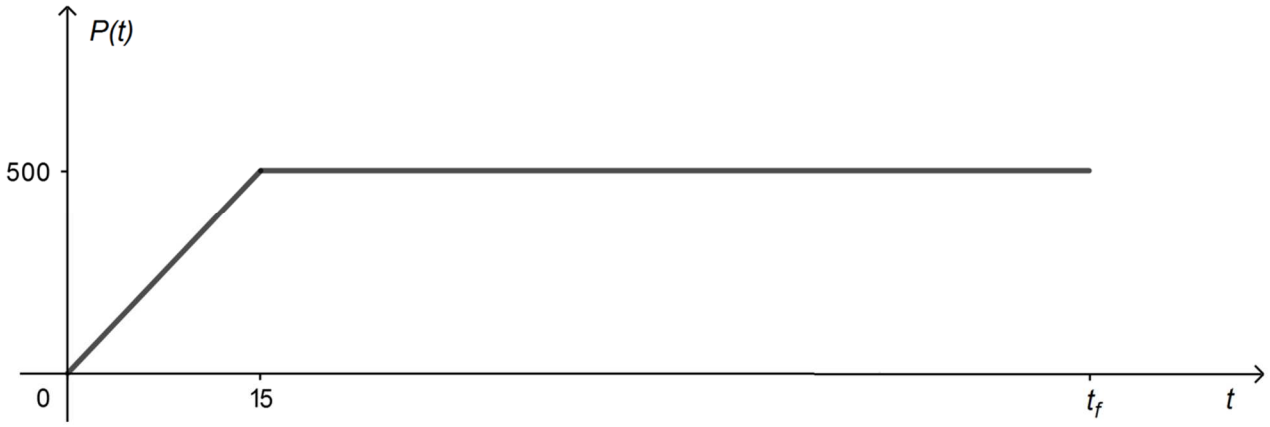
D'après www.honda-engines-eu.com

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

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

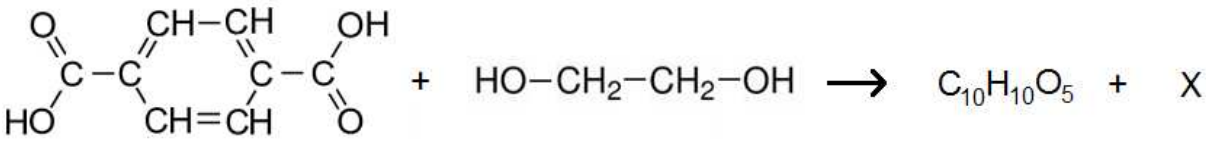
Légende :

: aire correspondant à $\int_0^{15} P(t)\mathrm{d}t$: aire correspondant à $\int_{15}^{t_f} P(t)\mathrm{d}t$



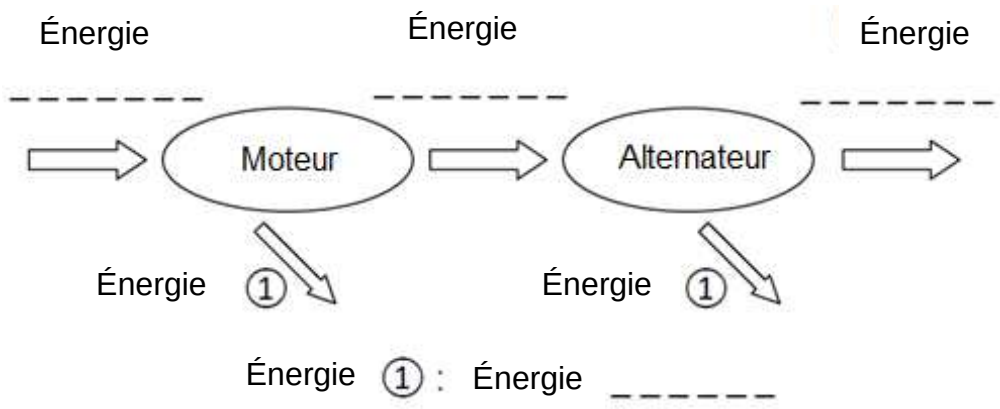
Évolution de la puissance en fonction du temps au cours du chauffage avec *P*(*t*) en W et *t* en s

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



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

DR3 : chaîne énergétique du groupe électrogène



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

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.