

Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date:

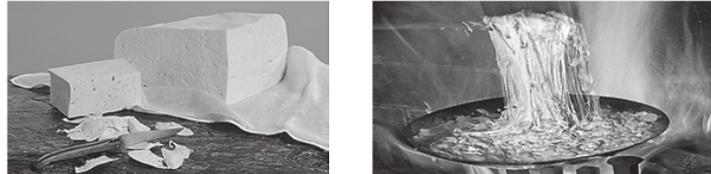
Devoir surveillé 5	
 Chapitre	 Classe
CHAPITRES 15 à 16.	Tle Spé
 Calculatrice	 Durée
Autorisée	2 h

 Appréciation

Répondre aux problèmes et questions de ce devoir sur une (des) feuille(s) à part. Indiquez votre nom et prénom, ainsi que votre classe et le numéro des questions. La présentation qui inclut la clarté de votre rédaction ainsi que sa grammaire et son orthographe, est à soigner. Toute réponse non justifiée ne sera pas acceptée. Les tracés doivent se faire à la règle. Le sujet est à rendre avec la copie.

Problème 1. Le frometon d'Auvergne

Plat emblématique de la gastronomie auvergnate, la truffade se prépare à partir de pommes de terre rissolées dans du saindoux (matière grasse) auxquelles on ajoute en fin de cuisson de la tomme fraîche coupée en fines lamelles. La tomme fraîche est un fromage peu affiné au goût lacté issu de la première étape de la fabrication du Cantal. Pour faciliter le filage, il est conseillé de sortir la tomme du réfrigérateur afin que celle-ci retrouve une température proche de la température ambiante.



Tomme fraîche et truffade

Données :

- masse du bloc de tomme fraîche : $m = 0,52 \text{ kg}$;
- surface d'échange entre l'air et le bloc de tomme : $S = 2,9 \times 10^2 \text{ cm}^2$;
- capacité thermique massique de la tomme fraîche : $c = 3,1 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (estimation) ;
- coefficient de transfert thermique convectif surfacique dans l'air : $h = 10,0 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ (estimation dans les conditions étudiées) ;
- température de l'air mesurée pendant l'expérience : $\theta_{\text{air}} = 19,2 \text{ }^\circ\text{C}$ (valeur constante) ;
- température initiale du bloc de tomme fraîche : $\theta_0 = 9,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

À la sortie du réfrigérateur, le bloc de tomme fraîche est retiré de son emballage puis posé sur une de ses plus grandes faces, sur une planche en bois. L'air circule alors librement tout autour des cinq autres faces.

La situation sera modélisée en considérant uniquement les transferts conducto-convectifs.

On néglige le transfert thermique au niveau de la face du bloc en contact avec la planche en bois devant les autres.

Pour simplifier, on considère que la température du bloc de tomme notée θ est la même en tout point du bloc tout au long de l'expérience.

Une sonde thermique est insérée au cœur du bloc, la température est enregistrée toutes les deux minutes ; les résultats expérimentaux sont donnés figure 2.

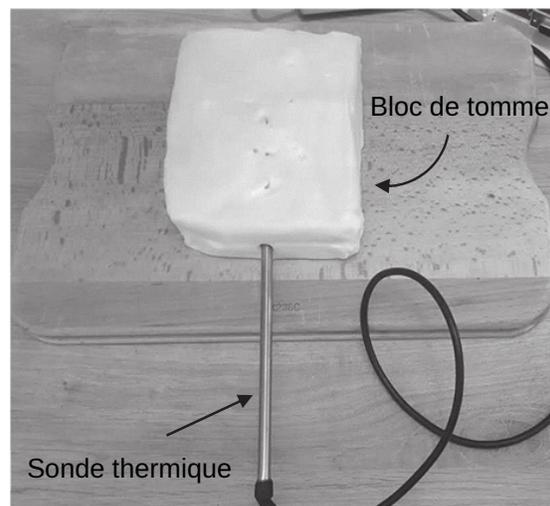


Figure 1. Dispositif de mesure

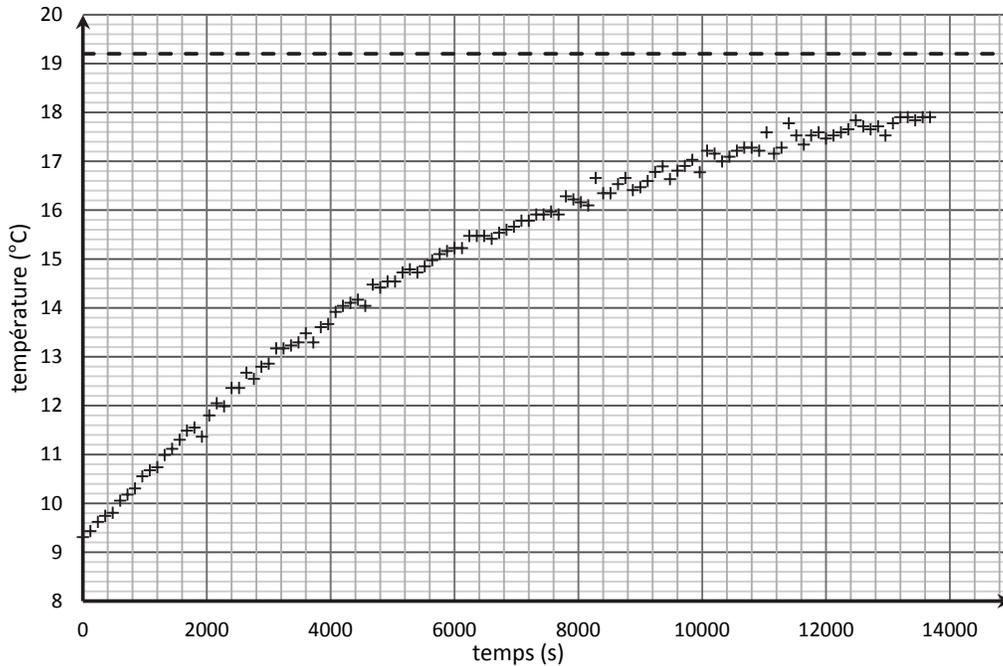


Figure 2. Mesures expérimentales de la température du bloc de tomme

Q1. Indiquer sur un schéma de la situation, faisant apparaître les températures, dans quel sens s'opère le transfert thermique au travers du bloc de tomme fraîche.

En considérant uniquement les transferts conducto-convectifs, on admet que l'équation différentielle vérifiée par la température du bloc de tomme fraîche est de la forme suivante :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{h \times S}{m \times c} \theta = \frac{h \times S}{m \times c} \theta_{\text{air}} \quad (1)$$

Cette équation différentielle a pour solution générale :

$$\theta(t) = \theta_{\text{air}} + (\theta_0 - \theta_{\text{air}}) \times e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (2)$$

Q2. Vérifier à l'aide des équations (1) et (2) que $\tau = \frac{m \times c}{h \times S}$. Donner la signification physique et l'unité de cette grandeur.

Q3. À l'aide de la figure 2, estimer, en explicitant la méthode, une valeur expérimentale de τ , notée τ_{exp} .

La représentation graphique de $Y = \ln(\theta_{\text{air}} - \theta(t))$ en fonction du temps est donnée sur la figure 3 page suivante, ainsi que sa modélisation par une fonction affine.

Q4. Montrer à l'aide de la figure 3 que l'expression (2) rend bien compte des résultats expérimentaux.

Q5. Effectuer à l'aide de la figure 3 une nouvelle estimation de la valeur expérimentale de τ et comparer à celle obtenue à la question 3.

Q6. À partir des données, de l'expression $\tau = \frac{m \times c}{h \times S}$ et des valeurs expérimentales obtenues, discuter des hypothèses du modèle choisi.

Q7. Proposer une méthode permettant à un cuisinier de réduire la durée de la remontée en température du bloc de tomme fraîche.

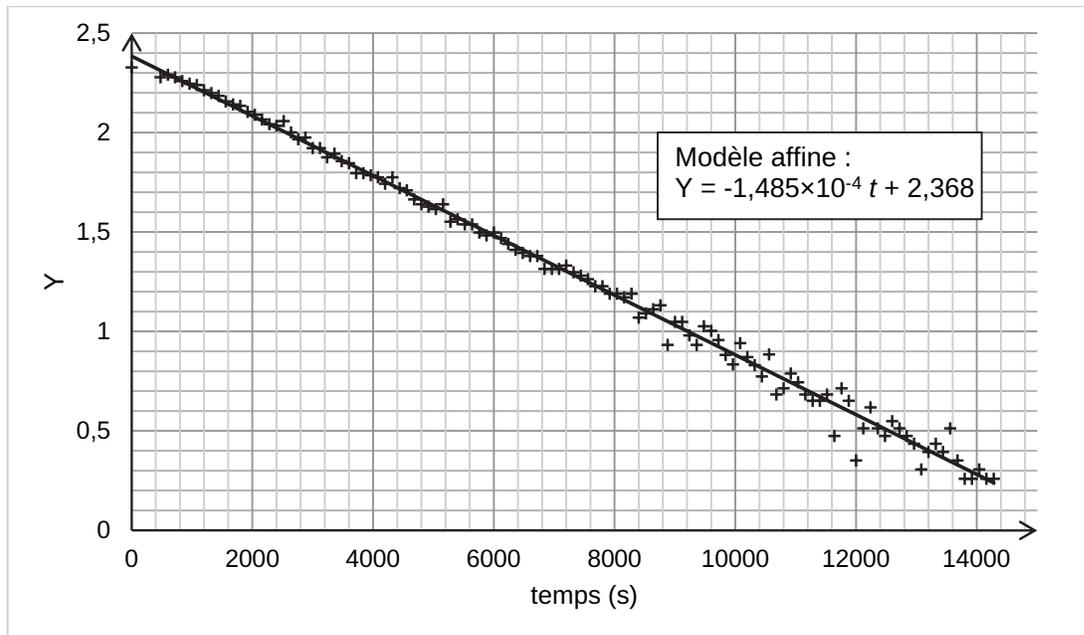


Figure 3. La représentation graphique de $Y = \ln(\theta_{\text{air}} - \theta(t))$ en fonction du temps

Problème 2. Se chauffer grâce à la Terre

Soucieux de diminuer son impact carbone, un particulier souhaite remplacer la chaudière à gaz de son habitation par un système de chauffage bas carbone. Une entreprise spécialisée lui propose alors une pompe à chaleur air/eau.

Une pompe à chaleur, PAC en abrégé, air/eau est un dispositif de chauffage qui effectue un transfert thermique depuis l'air extérieur vers l'eau chaude circulant dans les radiateurs de l'habitation. Elle est constituée d'un module situé à l'intérieur de l'habitation et d'un autre à l'extérieur.

L'objectif de cet exercice est d'étudier l'adaptation de la pompe à chaleur avec l'habitation du particulier.

Données :

➤ Caractéristiques de la pompe à chaleur étudiée :

Puissance maximale P_{max} fournie pour chauffer l'eau des radiateurs	7,0 kW
Niveau d'intensité sonore L_1 mesuré à 5 m du module extérieur	46 dB

Étude thermodynamique de la PAC.

On considère une journée où la température extérieure T_{ext} est égale à 2 °C. Un transfert thermique à travers les murs s'opère depuis l'air intérieur de la maison vers l'air extérieur.

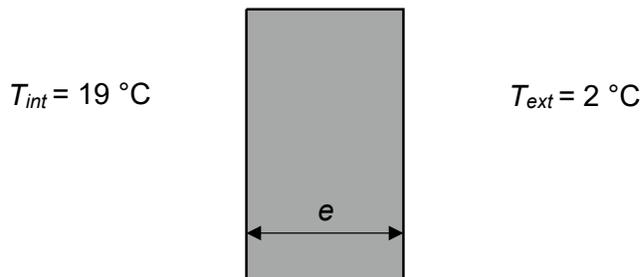


Figure 1. Schéma en coupe du mur en brique de la maison de résistance thermique R_{th} .

Q1. Identifier, en le justifiant, le mode de transfert thermique s'effectuant au travers d'un mur.

On rappelle que le flux thermique ϕ est relié à l'écart de température $T_{int} - T_{ext}$ à la résistance thermique R_{th} par la relation :

$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}}$$

Dans le cas du mur, la résistance thermique R_{th} dépend de l'épaisseur e du mur (en m), de sa surface S (en m²) et d'un paramètre caractéristique du matériau appelé conductivité thermique noté λ (en W·m⁻¹·K⁻¹) par la relation :

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

Q2. Indiquer, en utilisant les deux relations précédentes, comment évolue le flux thermique ϕ lorsque l'épaisseur e du mur augmente.

À l'aide d'un système de régulation, la température de l'air intérieur de la maison est maintenue constante à une valeur T_{int} égale à 19 °C. La température de l'eau chaude circulant dans les radiateurs est T_{rad} égale à 55 °C.

Q3. Indiquer et justifier le sens du transfert thermique $Q_{rad/air}$ s'opérant entre les radiateurs et l'air intérieur de la maison.

On souhaite réaliser un bilan thermique du système « air intérieur » pendant une durée d'une heure de cette journée d'hiver. Par convention, les transferts thermiques sont comptés négativement lorsqu'ils sont cédés par le système et positivement lorsqu'ils sont reçus. On considère alors que s'effectuent un transfert thermique entre l'air intérieur et les murs noté Q_{mur} ainsi qu'un transfert thermique entre l'air intérieur et les autres parois (toit, fenêtres, sol...) noté Q_{autres} . On admet également que le système n'échange pas de travail avec l'extérieur.

Données :

- La durée du bilan thermique est égale à une heure ;
- Le transfert thermique au travers des murs noté Q_{mur} est égal à $-4,3$ MJ ;
- Transfert thermique au travers des autres parois noté Q_{autres} est égal à $-7,1$ MJ ;
- $1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$.

Q4. En utilisant le premier principe de la thermodynamique au système « air intérieur », montrer que : $Q_{rad/air} = -Q_{mur} - Q_{autres}$

Q5. À l'aide des données, calculer la valeur de $Q_{rad/air}$.

Q6. En déduire si la puissance de la PAC est suffisante pour chauffer l'eau des radiateurs.

Étude sonore de la PAC.

Le module extérieur de la PAC générant du bruit, le propriétaire souhaite s'assurer qu'il n'exposera pas son voisinage à des nuisances sonores.

La propriété voisine la plus proche est située à 5 m de l'endroit où serait installé le module extérieur de la PAC.

La législation impose de limiter l'émergence sonore nocturne à 3 dB. L'émergence sonore est définie par la différence entre le niveau sonore ambiant comportant celui de la PAC, et le niveau sonore habituel sans tenir compte de la PAC.

Données :

- Le niveau d'intensité sonore L est lié à l'intensité sonore I par la relation : $L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$

avec $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ intensité sonore de référence.

L s'exprime en décibels (dB) et I en watt par mètre carré ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$).

- Dans les conditions du sujet, lorsque deux sons d'intensités I_1 et I_2 se superposent, l'intensité totale I est la somme de I_1 et de I_2 .
- Le niveau d'intensité sonore L_1 mesuré à 5 m du module extérieur est de 46 dB
- Le niveau sonore nocturne habituel L_2 (sans tenir compte de la PAC) est de 44 dB.

Q7. Vérifier que la valeur du niveau d'intensité sonore L est égale à 48 dB.

Q8. En déduire si le propriétaire expose son voisinage à des nuisances sonores nocturnes supérieures au seuil réglementaire.