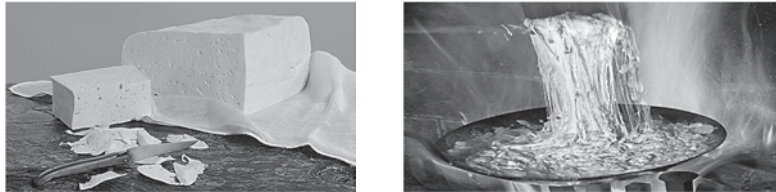


Partie 2 : Sciences physiques

EXERCICE A – Transfert thermique et gastronomie (10 points)

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.

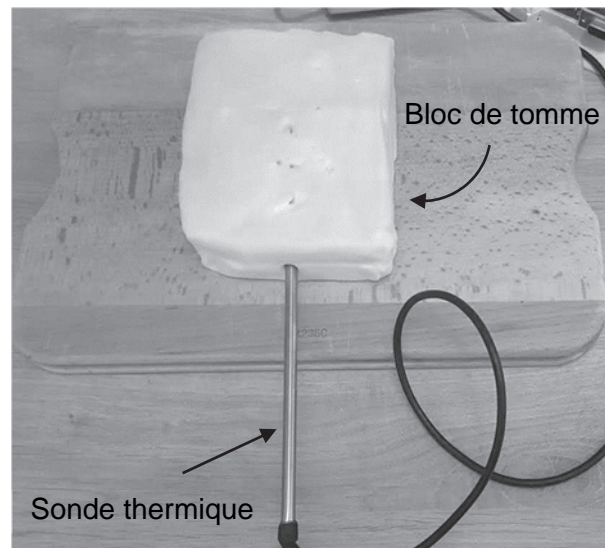


Figure 1. Dispositif de mesure

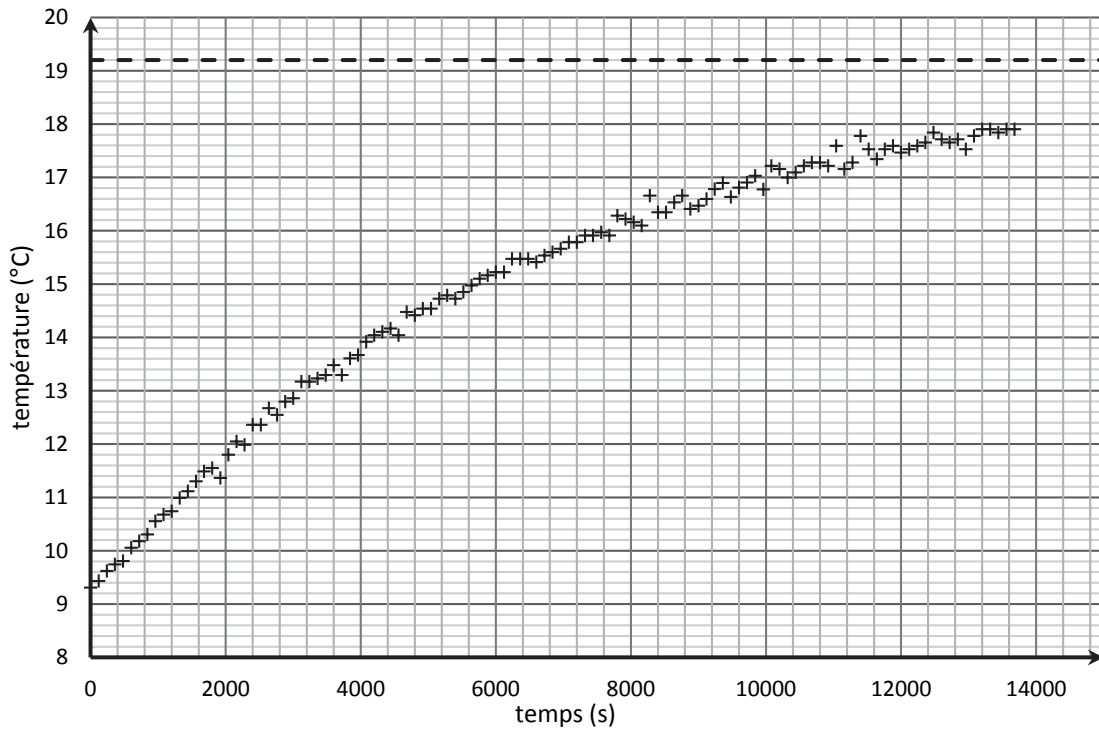


Figure 2. Mesures expérimentales de la température du bloc de tomate

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 tomate fraîche.

En considérant uniquement les transferts conducto-convectifs, on admet que l'équation différentielle vérifiée par la température du bloc de tomate 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.

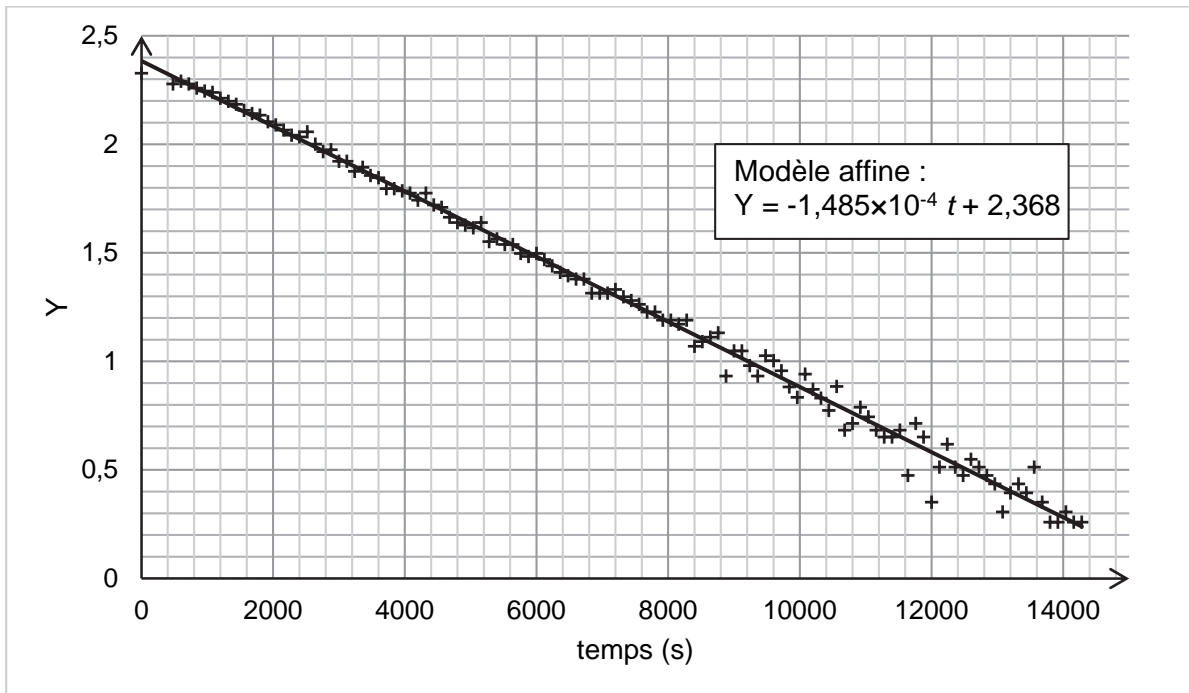


Figure 3. La représentation graphique de $Y = \ln(\theta_{\text{air}} - \theta(t))$ en fonction du temps