

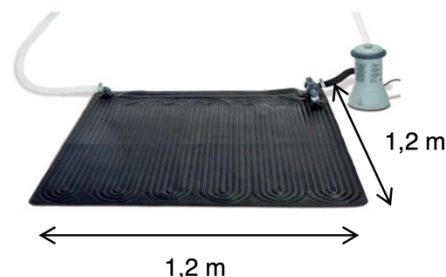
# C17 – Exercices type bac

## Exercice n°1 :

Un particulier désire élever de quelques degrés la température de sa petite piscine hors sol à l'aide d'un dispositif simple, peu coûteux et écologique. Dans un guide de piscines, il trouve la documentation suivante :

*Le tapis solaire est un moyen écologique et économique de chauffer sa piscine. Le tapis solaire se compose de tuyaux souples en PVC de couleur noire assemblés.*

*Le principe est simple : les tuyaux emmagasinent l'énergie provenant des rayons du soleil. L'eau de la piscine est aspirée via une pompe et elle passe par les tuyaux où elle est chauffée. Elle repart ensuite dans le bassin. »*



**Figure 1 : Un tapis solaire (source : intex.fr)**

Le tapis solaire est doté de connecteurs qui permettent de relier entre eux jusqu'à 6 tapis en série, en fonction du volume d'eau de la piscine à chauffer.

Volume $V$ d'eau dans la piscine en $m^3$	$0,9 \leq V < 5$	$5 \leq V < 8$	$8 \leq V < 12$	$12 \leq V < 16$	$16 \leq V < 20$	$20 \leq V < 25$
Nombre de tapis recommandé	1	2	3	4	5	6

Un tapis est un carré de 1,2 m de côté.

### Données :

- Masse volumique de l'eau :  $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- Capacité thermique massique de l'eau :  $c_{eau} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Le rendement  $\eta$  d'un capteur solaire est défini par le rapport de la puissance utile fournie par le capteur sur la puissance thermique incidente du rayonnement solaire arrivant sur la surface du capteur, soit  $\eta = \frac{P_u}{P_i}$ , et le rendement d'un tapis solaire a pour valeur  $\eta = 0,21$ .
- $1\text{kWh} = 3,6\cdot 10^6 \text{ J}$
- Coût d'un kWh : 0,16 €
- Les caractéristiques de la piscine sont les suivantes :
  - o Hauteur d'eau dans la piscine  $h = 1,3 \text{ m}$
  - o Surface du bassin de la piscine  $S = 8,0 \text{ m}^2$

Pendant le jour, les rayons du soleil parviennent à la surface de l'eau qui se réchauffe. On admet que l'eau de la piscine reçoit, au cours de la journée, une puissance thermique surfacique moyenne  $P_{S1} = 170 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  pendant une durée de 12 h.

### 1. Bilan énergétique moyen sur une journée en l'absence de tapis solaires

- 1.1. Montrer que la valeur du transfert thermique  $Q_1$  reçu par l'eau de la piscine pendant ces 12 h est proche de  $6\cdot 10^7 \text{ J}$ .
- 1.2. Énoncer le premier principe de la thermodynamique.
- 1.3. À l'aide de ce principe, déterminer la valeur de l'augmentation  $\Delta\theta_1$  de la température de l'eau de la piscine.
- 1.4. En fin de journée, l'eau de la piscine a une température qui se situe autour de  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pendant la nuit, on considère que la température de l'air ambiant chute autour de  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Justifier que l'eau de piscine va se refroidir au cours de la nuit.
- 1.5. Proposer une solution simple pour éviter les déperditions thermiques.

## 2. Chauffage de la piscine à l'aide de tapis solaires

Pour élever de quelques degrés la température de l'eau de la piscine à un faible coût, le particulier décide de l'équiper de tapis solaires qu'il raccorde à la pompe lui permettant de filtrer l'eau.

- 2.1. Identifier le mode de transfert thermique qui explique :
  - que le matériau des tapis se réchauffe ;
  - que l'eau qui circule dans les tapis se réchauffe
- 2.2. Déterminer la valeur de la puissance thermique incidente  $P_i$  du rayonnement solaire qui arrive sur un seul tapis.
- 2.3. Déterminer la valeur de la puissance thermique  $P_u$  fournie par ce tapis à l'eau.
- 2.4. On suppose que la saison dure 3 mois à raison de 12 h de chauffage solaire par jour. Sachant qu'un tapis coûte 20 euros, indiquer si le coût d'investissement pour l'achat des tapis recommandés pour réchauffer la piscine sera amorti en fin de saison si on le compare au coût de la consommation d'un chauffage électrique.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives ; toute démarche même incomplète sera valorisée.*

### **Exercice n°2 :**

Aujourd'hui, pour faire face à la pénurie de logement, une solution se développe qui consiste à surélever les logements existants.

Construire sur le toit d'un immeuble est aussi un moyen d'améliorer la performance énergétique d'anciens bâtiments, souvent énergivores, en isolant les planchers hauts. Le bois est alors souvent utilisé pour des raisons de rapidité de construction, d'empreinte carbone de la construction et de poids total.

L'objectif de cet exercice est de réaliser une étude thermique et d'estimer la consommation énergétique d'une pièce implantée sur un toit.

### Données :

- Dimensions de la pièce : longueur  $L = 6,0$  m, largeur  $l = 4,0$  m, hauteur  $h = 3,0$  m
- Caractéristiques de la fenêtre : surface  $S_F = 2,0$  m<sup>2</sup> ; double vitrage : deux parois de verre d'épaisseur  $e_v = 4,0$  mm séparées par une couche d'argon d'épaisseur  $e_a = 16$  mm
- Expression de la résistance thermique d'une paroi d'épaisseur  $e$ , de surface  $S$  et réalisée avec un matériau de conductivité thermique  $\lambda$  :  $R_{th} = \frac{e}{S \times \lambda}$
- Valeurs des températures considérées :  $\theta_{intérieure} = 19$  °C,  $\theta_{extérieure} = 5$  °C
- Valeur de la conductivité thermique du verre :  $\lambda_{verre} = 1,1$  W·m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>
- Valeur de la résistance thermique d'une lame d'argon de 16,0 mm d'épaisseur et de surface 2 m<sup>2</sup> :  $R_{th,argon} = 0,33$  K.W<sup>-1</sup>
- Réglementation thermique 2020 : RT2020, applicable depuis janvier 2020 vise à promouvoir les bâtiments à énergie positive dont la consommation d'énergie annuelle par m<sup>2</sup> de surface de sol pour le seul chauffage doit être inférieure à environ 5 kWh·m<sup>-2</sup>, la réglementation précédente RT2012 limitait pour sa part la consommation d'énergie annuelle totale par m<sup>2</sup> de surface de sol à 50 kWh·m<sup>-2</sup>
- 1 kWh = 3,6×10<sup>6</sup> J.

**Q1.** Exprimer la résistance thermique d'une paroi de verre  $R_{th,verre}$  en fonction de l'épaisseur de la couche de verre  $e_v$ , de la conductivité thermique du verre  $\lambda_{verre}$ , et de la surface de la fenêtre  $S_F$ . Calculer sa valeur.

**Q2.** Comparer la résistance thermique de la paroi de verre avec la résistance thermique de la lame d'argon. Conclure.

**Q3.** Citer les modes de transfert thermique.

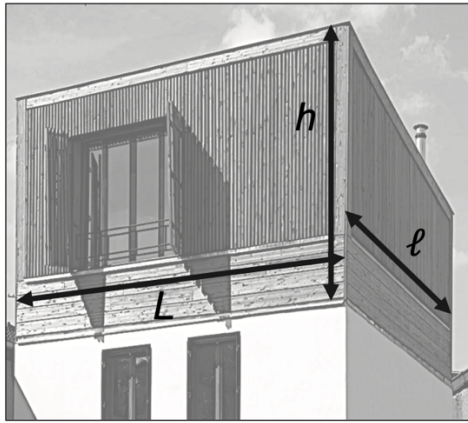


Figure 1. Croquis de l'extension à construire

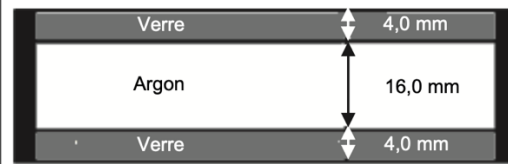


Figure 2. Structure d'un double vitrage

**Q4.** En assimilant dans ce calcul la résistance thermique de la fenêtre à celle de la lame d'argon, exprimer le flux thermique par conduction  $\varphi_{\text{fenetre}}$  à travers la fenêtre en fonction de la résistance thermique de la lame d'argon et des températures intérieure et extérieure. Calculer la valeur de ce flux et préciser son sens.

L'intégralité des parois en bois de la maison, de surface totale  $S_{\text{bois}} = 82 \text{ m}^2$  et de résistance thermique  $R_{\text{th,bois}} = 0,077 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$  est traversée par un flux thermique  $\Phi_{\text{bois}} = 1,8 \times 10^2 \text{ W}$ .

**Q5.** En déduire que la valeur du flux total par conduction à travers l'ensemble des parois en bois et de la fenêtre est :  $\varphi_{\text{total}} = 2,2 \times 10^2 \text{ W}$ .

Le propriétaire souhaite maintenir une température intérieure constante de valeur  $19 \text{ }^\circ\text{C}$ . Il envisage d'installer un radiateur électrique. La température du sol étant de  $19 \text{ }^\circ\text{C}$  on considère qu'il n'y a aucun échange thermique à travers le plancher.

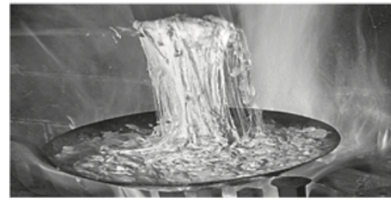
**Q6.** Appliquer le premier principe de la thermodynamique au système « air de la pièce » maintenu à la température de  $19 \text{ }^\circ\text{C}$  pendant une durée fixée  $\Delta t$  et déterminer la relation entre le transfert thermique avec l'air extérieur noté  $Q_1$  et le transfert thermique avec le radiateur noté  $Q_2$  ;  $Q_1$  et  $Q_2$  sont définies comme des grandeurs positives.

On considère que la pièce est chauffée pendant 6 mois de l'année et que la température extérieure est alors constante et égale à  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Q7.** Évaluer alors la consommation d'énergie liée au seul chauffage sur une année. Comparer la valeur obtenue avec les normes RT2020 et RT2012.

### **Exercice n°3 :**

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 :  $\theta_{air} = 19,2 \text{ }^\circ\text{C}$  (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  $\theta$  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 page suivante.

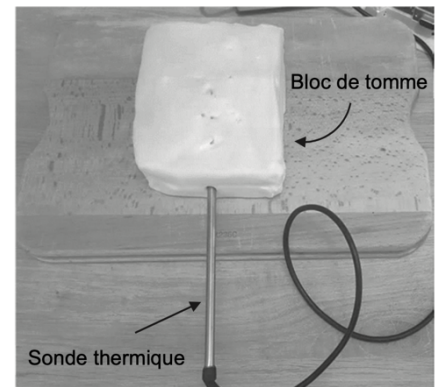


Figure 1. Dispositif de mesure

**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 :

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

Cette équation différentielle a pour solution générale :  $\theta(t) = \theta_{air} + (\theta_0 - \theta_{air}) \times e^{-\frac{t}{\tau}}$  (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  $\tau$ , notée  $\tau_{exp}$ .

La représentation graphique de  $Y = \ln(\theta_{air} - \theta(t))$  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  $\tau$  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.

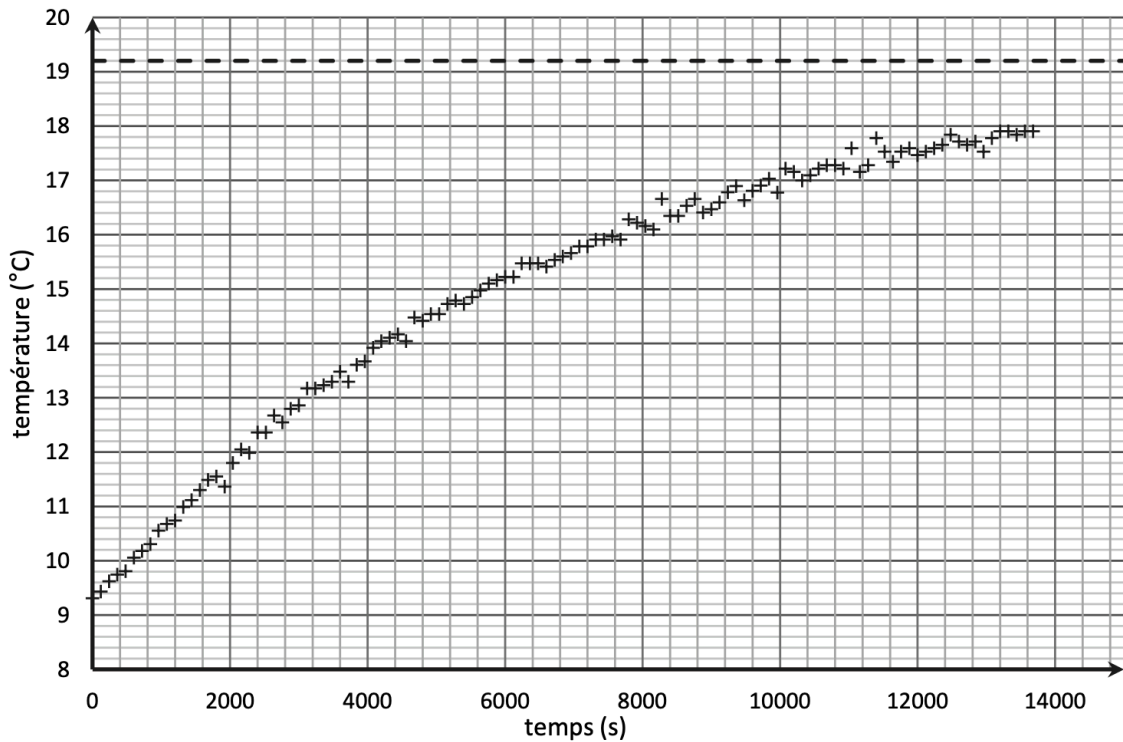


Figure 2. Mesures expérimentales de la température du bloc de tomme

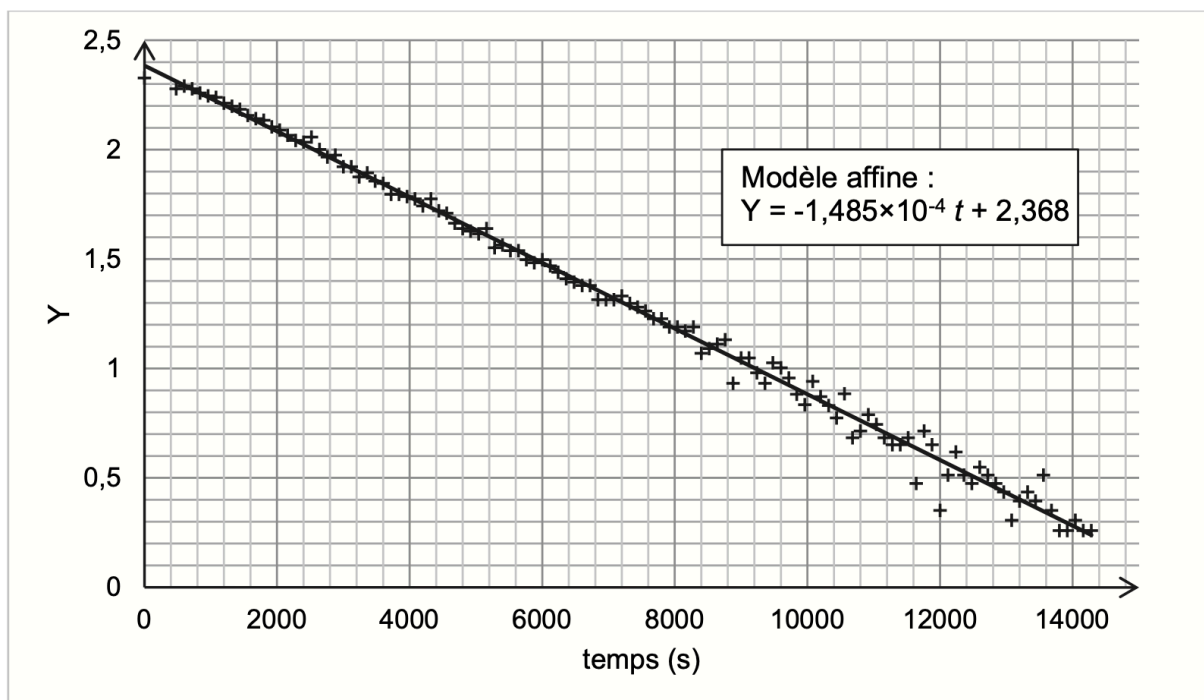


Figure 3. La représentation graphique de  $Y = \ln(\theta_{\text{air}} - \theta(t))$  en fonction du temps