

# EXERCICES CH : BILAN ET TRANSFERT THERMIQUE

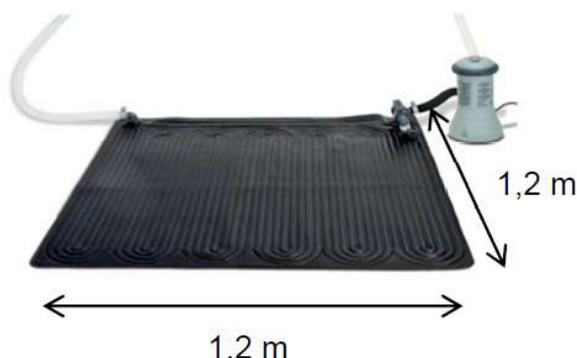
## Exercice 1. Solarisation d'une piscine hors sol

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 assemblée.

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. »

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 <sup>3</sup>	0,9 < V < 5	5 < V < 8	8 < V < 12	12 < V < 16	16 < V < 20	20 < 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

$\eta = \frac{P_u}{P_i}$  et

puissance thermique incidente du rayonnement solaire arrivant sur la surface du capteur, c'est-à-dire le rendement d'un tapis solaire a pour valeur  $\eta = 0,21$  ;

- 1 kWh =  $3,6 \times 10^6 \text{ J}$  ;
- Coût d'un kWh : 0,16 euro ;
- Les caractéristiques de la piscine sont les suivantes :
  - Hauteur d'eau dans la piscine  $h = 1,3 \text{ m}$  ;
  - 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.

### Partie 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  $6 \times 10^7 \text{ J}$ .
- 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.

### Partie 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.*

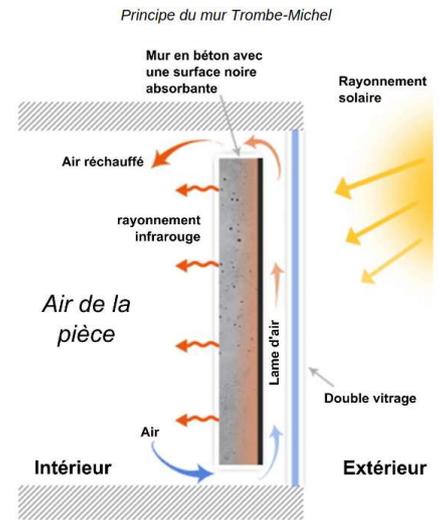
## Exercice 2. Capteurs solaires passifs, le mur trombe-michel

La volonté d'économiser l'énergie utilisée pour chauffer les bâtiments privés ou publics amène les particuliers, les entreprises ou les pouvoirs publics à opter pour des murs Trombe-Michel, du nom de ses deux inventeurs. Un mur Trombe-Michel est constitué essentiellement d'un double vitrage extérieur exposé aux rayonnements solaires, derrière lequel se trouve à environ une dizaine de centimètres un épais mur de béton qui s'intègre à la façade sud du bâtiment dont la surface extérieure est peinte en noir mat. En outre, de l'air circule entre le double vitrage et le mur peint en noir.

Les professionnels du bâtiment mettent en avant trois avantages au mur Trombe-Michel : l'amélioration de l'isolation de la façade, le préchauffage de la lame d'air qui circule entre le mur en béton et le double vitrage, la restitution nocturne des apports énergétiques emmagasinés le jour.

### Données :

	Largeur L(m)	Hauteur H(m)	Épaisseur e(cm)	Conductivité thermique $\lambda(\text{W}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-1})$	Résistance thermique $R(\text{K}\cdot\text{W}^{-1})$
Double vitrage	3,0	2,5	2,4		0,13
Lame d'air	3,0	2,5	9,0	0,0262	0,46
Mur de béton	3,0	2,5	40	1,75	



### Partie 1 . Les trois modes de transfert thermique.

1.1 Citer les trois modes de transfert thermique.

1.2 Citer, pour chacun de ces modes de transfert thermique, un exemple mis en œuvre dans un mur Trombe-Michel.

### Partie 2 . Isolation de la façade

La résistance thermique notée  $R$  d'une paroi s'exprime en  $\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ . Elle est modélisée par l'expression  $R = \frac{e}{\lambda \cdot S}$  avec  $S$  la surface de la paroi,  $e$  son épaisseur et  $\lambda$  la conductivité thermique du matériau.

La résistance thermique d'une paroi constituée de plusieurs couches successives de matériaux différents est la somme des résistances thermiques de chaque couche.

Pour le mur Trombe-Michel, la résistance thermique de l'ensemble {mur + double vitrage} sans lame d'air est notée  $R_1$  et la résistance de l'ensemble {mur + double vitrage + lame d'air} est notée  $R_2$ .

On considère que la température extérieure est de  $5,0\text{ }^\circ\text{C}$  et que la température à l'intérieur de la pièce est de  $19\text{ }^\circ\text{C}$ .

2.1 Exprimer les flux thermiques  $\Phi_1$  et  $\Phi_2$  correspondant respectivement aux résistances  $R_1$  et  $R_2$ , puis calculer leurs valeurs.

2.2 En exploitant les valeurs obtenues, conclure quant à l'efficacité de la lame d'air.

### Partie 3 . Chauffage de la pièce

Le mur Trombe-Michel sert à chauffer une pièce qui contient  $30\text{ m}^3$  d'air assimilé à un gaz parfait. Initialement la température de l'air a une valeur de  $19,0\text{ }^\circ\text{C}$  et atteint finalement la valeur de  $23,0\text{ }^\circ\text{C}$ . La variation d'énergie interne d'un gaz parfait, de capacité thermique  $C$ , pour une variation de température  $\Delta T$  est exprimée par la relation :  $\Delta U = C \cdot \Delta T$ . On donne la valeur de la capacité thermique de l'air contenu dans la pièce :  $C = 39,2\text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}$ .

3.1 Calculer la variation de l'énergie interne de l'air contenu dans la pièce. Le flux d'énergie solaire  $F_{\text{solaire}}$  reçu par le double vitrage est estimé à  $675\text{ W}$ . On estime à  $25\%$  le pourcentage de l'énergie solaire transférée à l'air de la pièce.

3.2 Déterminer la valeur de la durée nécessaire au réchauffement de l'air de la pièce de  $19\text{ }^\circ\text{C}$  à  $23\text{ }^\circ\text{C}$ .

### Partie 4 . Flux thermique nocturne

La nuit, le mur en béton restitue de la chaleur à l'air de la pièce en émettant un flux thermique total de l'ordre de  $4\text{ }000\text{ W}$ . On considère que le mur en béton est à une température constante  $T_m$  de  $25\text{ }^\circ\text{C}$  et l'air de la pièce à une température constante  $T$  de  $19\text{ }^\circ\text{C}$ . Le flux thermique de convection  $\Phi_c$  s'exprime en fonction de la surface  $S$  d'échange, de la différence de température ( $T_m - T$ ) et du coefficient de transfert thermique  $h$  dont la valeur est  $10\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ .

4.1 Établir l'expression du flux thermique de convection.

4.2 En conduisant un raisonnement argumenté, déterminer si, la nuit, le mur restitue la chaleur à l'air de la pièce uniquement selon un mode convectif. Commenter.

## **correction des exercices du chapitre de**