# EXERCICE I. TRANSFERTS D'ÉNERGIE (7,5 points)

Réduire la consommation d'énergie est, de nos jours, au cœur des préoccupations afin de préserver l'environnement, épargner les ressources naturelles et limiter les dépenses. Une grande part de la consommation d'énergie provient de l'habitat. Comment rendre une maison plus économe en énergie de chauffage ?

## 1. Isolant thermique : faire le bon choix

Soucieux de réduire ses dépenses de chauffage, Frédéric décide d'améliorer l'isolation thermique de son habitation. Sa maison possédant un grenier non chauffé, il décide d'en isoler le sol.

**Données :**

- Température du grenier : $\theta_1 = 5{,}0$ °C ;
- Température de la maison : $\theta_2 = 20$ °C ;
- Surface du sol du grenier : $S = 80$ m$^2$ ;
- Résistance thermique du sol du grenier : $R = 7{,}5 \times 10^{-3}$ K.W $^{-1}$.

1.1. Dans quel sens s'effectuera le transfert thermique dans la maison de Frédéric ?

1.2. Donner l'expression puis calculer le flux thermique $\Phi$ à travers le sol du grenier.

Frédéric consulte de nombreuses documentations sur l'isolation thermique. Il existe de nombreux matériaux isolants caractérisés par leur conductivité thermique notée $\lambda$. Plus la conductivité thermique d'un matériau est élevée, plus il conduit facilement la chaleur.

1.3. Utiliser le tableau suivant pour conseiller Frédéric dans son choix de matériau. Justifier.

| Nom du matériau | Laine de roche | Polystyrène extrudé | Liège naturel expansé | Cellulose |
|---|---|---|---|---|
| Conductivité thermique $\lambda$ en W.m$^{-1}$.K $^{-1}$ | 0,035 | 0,033 | 0,042 | 0,039 |

1.4. La résistance thermique totale du sol du grenier doit atteindre la valeur $R = 6{,}3 \times 10^{-2}$ K.W $^{-1}$. Sachant que lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique totale est égale à la somme des résistances thermiques de chaque paroi, calculer la résistance thermique de l'isolant choisi précédemment par Frédéric à la question 1.3.

1.5. Frédéric a lu que la résistance thermique d'une paroi plane dépend de la conductivité thermique $\lambda$ du matériau constituant la paroi, de son épaisseur $e$ et de la surface $S$ traversée par le flux thermique. La résistance thermique est inversement proportionnelle à la conductivité thermique et à la surface traversée et proportionnelle à l'épaisseur.

1.5.1. À partir des informations ci-dessus, donner l'expression de la résistance thermique d'une paroi plane. Vérifier l'homogénéité de votre expression.

1.5.2. Tous les matériaux proposés dans le tableau s'achètent sous forme de panneaux rigides dans le commerce. Quelle épaisseur minimale doit posséder le panneau du matériau choisi par Frédéric ?

## 2. Principe d'un chauffe-eau solaire

Toujours dans le but de réaliser des économies d'énergie, Frédéric envisage de produire son eau chaude sanitaire en tirant profit de l'énergie solaire. Il se documente sur le principe d'un chauffe-eau solaire individuel. Voici le résultat de ses recherches :

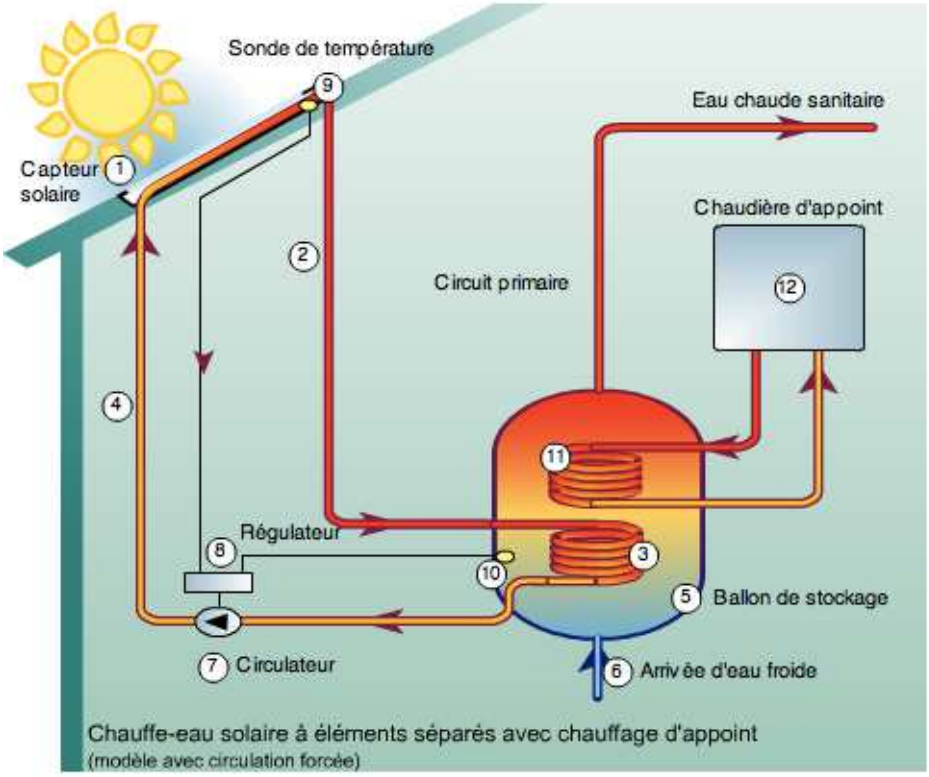



Schéma du principe d'un chauffe-eau solaire individuel
(D'après Ademe)

Un chauffe-eau solaire se compose d'un capteur solaire thermique (qui se comporte comme une mini serre) (1). Dans le circuit primaire (2) calorifugé circule le liquide caloporteur (eau + glycol). Ce liquide s'échauffe lorsqu'il passe dans les tubes du capteur solaire et se dirige vers le ballon de stockage (5) de l'eau sanitaire. Le liquide caloporteur cède sa chaleur à l'eau sanitaire par l'intermédiaire d'un échangeur thermique (3). Une fois refroidi, le liquide caloporteur repart vers le capteur solaire où il sera à nouveau chauffé. Une pompe électrique (7) met en mouvement le liquide caloporteur lorsque la température de celui-ci est supérieure à celle de l'eau sanitaire du ballon.

L'énergie solaire ne peut pas assurer la production d'eau chaude quelle que soit la saison. C'est pourquoi le ballon de stockage est également équipé d'un dispositif de chauffage d'appoint (ensemble (11) et (12)).

2.1. Citer les trois modes de transfert thermique. Les présenter brièvement.

2.2. Quel mode de transfert thermique intervient :

- au niveau du capteur solaire (1),

- au niveau de l'échangeur thermique (3),

- et à l'intérieur du ballon de stockage (5) ? Justifier.

2.3. Le fluide caloporteur s'échauffe lorsqu'il passe dans le capteur solaire. Comment varie son énergie interne ? Pourquoi ?

### 3. Bilan thermique

Installé dans sa cuisine, Frédéric poursuit ses réflexions sur les modifications à réaliser dans sa maison tout en se préparant une tasse de thé. Il réchauffe l'eau de son thé à l'aide de son four à micro-ondes. Lorsque les micro-ondes atteignent les molécules d'eau présentes dans les aliments, celles-ci se mettent à osciller 2,45 x $10^9$ fois par seconde. La mise en mouvement des molécules d'eau produit la chaleur nécessaire pour réchauffer les aliments.

**Données :**

- Célérité de la lumière dans le vide : $c$ = 3,00 x $10^8$ m.$s^{-1}$ ;
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau}$ = 1,00 kg.$L^{-1}$ ;
- Capacité thermique de l'eau : $c_{eau}$ = 4180 J.$kg^{-1}$.$K^{-1}$ ;
- On rappelle que l'énergie transférée à un système avec une puissance P pendant la durée Δt est : E = P Δt.

3.1. À quel type d'ondes les micro-ondes appartiennent-elles ?

3.2. Déterminer la longueur d'onde des micro-ondes du four.

Frédéric chauffe un volume $V$ = 250 mL d'eau dans sa tasse. Il souhaite que la température de l'eau passe de 10 °C à 90 °C.

3.3. Calculer la variation d'énergie interne de l'eau contenue dans la tasse.

On suppose que le four à micro-ondes est bien isolé. Le four est réglé sur la position de puissance P = 900 W.

3.4. Au bout de combien de temps l'eau du thé sera-t-elle prête ?