EXERCICE 2. Chauffe-eau thermodynamique d'un chalet (6 points)

Un chalet isolé en montagne est équipé d'un système de production d'électricité constitué de panneaux photovoltaïques couplé à un système de stockage de l'énergie électrique. Le chalet dispose également d'un chauffe-eau thermodynamique qui est un mode de production d'eau chaude propre et économique. Le chauffage du chalet est assuré par une chaudière au bois. Le propriétaire souhaiterait adapter son installation afin d'être en parfaite autonomie électrique sur une durée de trois jours.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la production d'eau chaude par le chauffe-eau thermodynamique, l'installation de production d'électricité puis le niveau sonore de l'installation.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Partie 1. Étude de la production d'eau chaude.

Le chalet est prévu pour accueillir quatre personnes. Il est ainsi équipé d'un chauffe-eau thermodynamique avec un ballon d'une capacité de $200\ \text{L}$ d'eau.

L'eau du ballon est chauffée d'une température $\theta_1 = 15\ °\text{C}$ à une température $\theta_2 = 55\ °\text{C}$ une fois par jour en moyenne.

Données :

- capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{\text{eau}} = 4{,}18\ \text{kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$;
- masse volumique de l'eau liquide : $\rho_{\text{eau}} = 1{,}00\ \text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$;
- l'eau liquide est un fluide incompressible ;
- le flux thermique Φ à travers une paroi de résistance thermique R_{th} séparant deux milieux de températures respectives θ_A et θ_B est donnée par la relation :

$$\Phi = \frac{\theta_A - \theta_B}{R_{\text{th}}} ;$$

- $1\ \text{W}\cdot\text{h} = 3\,600\ \text{J}$.

Q1. Calculer la valeur de la variation d'énergie interne ΔU du système constitué par l'eau contenue dans le ballon lorsque sa température varie de $\theta_1 = 15\ °\text{C}$ à $\theta_2 = 55\ °\text{C}$.

Le chauffe-eau est installé dans un garage où la température est maintenue à la température $\theta_{\text{air}} = 18\ °\text{C}$. La résistance thermique du ballon d'eau a pour valeur : $R_{\text{th}} = 0{,}47\ °\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$. On s'intéresse au transfert thermique ayant lieu entre l'eau chaude à la température $\theta_2 = 55\ °\text{C}$ et l'air du garage.

Q2. Indiquer le principal mode de transfert thermique à l'origine du flux thermique à travers de la paroi du ballon ainsi que son sens.

Q3. Calculer la valeur du flux thermique Φ à travers la paroi du ballon, entre l'eau chaude portée à la température $\theta_2 = 55\ °\text{C}$ et l'air du garage.

Q4. Montrer que la valeur de la quantité d'énergie thermique Q_1 échangée entre l'eau liquide contenue dans le ballon et l'air du garage en une journée est égale à $6{,}8 \times 10^3\ \text{kJ}$.

Q5. En appliquant le premier principe de la thermodynamique à l'eau contenue dans le ballon, exprimer l'énergie thermique Q_2 nécessaire pour chauffer chaque jour l'eau du ballon de θ_1 à θ_2 en fonction de ΔU et Q_1.

Q6. Montrer que la valeur de l'énergie thermique Q_2 est voisine de $11\ \text{kW}\cdot\text{h}$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 1 / 2
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Le chauffe-eau thermodynamique permet de chauffer l'eau du ballon grâce à une pompe à chaleur (notée PAC) air-eau. La PAC air-eau prélève l'énergie de l'air ambiant pour chauffer un fluide caloporteur. Ce fluide en mouvement cède une quantité d'énergie par transfert thermique à l'eau du ballon à chauffer. On supposera que ce transfert thermique se fait sans perte.

Pour fonctionner, la PAC consomme de l'énergie électrique pour mettre en circulation le fluide caloporteur.
Une PAC est caractérisée par son coefficient de performance, ou COP, qui est défini comme le quotient entre la valeur absolue de l'énergie utile, c'est-à-dire la valeur du transfert thermique cédé à la source à chauffer, et l'énergie électrique consommée nécessaire à son fonctionnement.
La PAC utilisée dans le chauffe-eau thermodynamique installé dans le chalet a un COP égal à 3,2.

Q7. Calculer la valeur de l'énergie électrique E_{PAC} consommée par la PAC pour chauffer quotidiennement l'eau du ballon.

Le propriétaire du chalet a installé 10 panneaux photovoltaïques sur le toit de son habitation. La consommation électrique quotidienne du chalet est estimée à $8\ \text{kW·h}$ en plus de l'énergie électrique consommée quotidiennement par la PAC.

Données :
- puissance électrique moyenne fournie par un panneau : $P_{\text{elec}} = 300\ \text{W}$;
- ensoleillement moyen quotidien : 5 heures par jour.

Q8. Pour une journée d'ensoleillement moyen, calculer, en kW·h, l'énergie électrique produite par l'installation des panneaux photovoltaïques et vérifier que l'installation est suffisante pour couvrir la consommation électrique quotidienne totale du chalet en supposant que cette consommation a lieu pendant la durée d'ensoleillement.

Partie 2. Étude sonore du chauffe-eau thermodynamique

Le principal inconvénient du chauffe-eau thermodynamique est le bruit qu'il génère. Dans le garage, à une distance de $d_1 = 0{,}10\ \text{m}$ du ballon, le sonomètre indique $L_1 = 70\ \text{dB}$. Le propriétaire souhaite vérifier que les vacanciers hébergés dans une chambre située derrière le mur, à une distance $d_2 = 5{,}00\ \text{m}$ du chauffe-eau, ne seront pas dérangés par son fonctionnement. On considère que dans une chambre à coucher le niveau d'intensité sonore conseillé ne doit pas dépasser $30\ \text{dB}$.
Pour cela, il réalise l'isolation phonique de son garage apportant une atténuation de $25\ \text{dB}$.

Données :
- intensité sonore de référence : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W·m}^{-2}$;
- modèle de l'atténuation géométrique pour une source ponctuelle :
  l'intensité sonore I à une distance d de la source est reliée à la puissance sonore P de cette source par la relation :

$$I = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot d^2}.$$

Q9. Indiquer le type d'atténuation sonore mis en œuvre par l'isolation phonique du garage.

Q10. Indiquer si les vacanciers situés à la distance $d_2 = 5{,}00\ \text{m}$ du chauffe-eau seront gênés par son fonctionnement.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et doit être correctement présentée.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 2
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer