EXERCICE 3 – POMPE À CHALEUR ET HABITATION (5 points)

Soucieux de diminuer son impact carbone, un particulier souhaite remplacer la chaudière à gaz de son habitation par un système de chauffage bas carbone. Une entreprise spécialisée lui propose alors une pompe à chaleur air/eau.

Une pompe à chaleur, PAC en abrégé, air/eau est un dispositif de chauffage qui effectue un transfert thermique depuis l'air extérieur vers l'eau chaude circulant dans les radiateurs de l'habitation. Elle est constituée d'un module situé à l'intérieur de l'habitation et d'un autre à l'extérieur.

L'objectif de cet exercice est d'étudier l'adaptation de la pompe à chaleur avec l'habitation du particulier.

Données :

➢ Caractéristiques de la pompe à chaleur étudiée :

Puissance maximale P_{max} fournie pour chauffer l'eau des radiateurs	7,0 kW
Niveau d'intensité sonore L_1 mesuré à 5 m du module extérieur	46 dB

Étude thermodynamique de la PAC.

On considère une journée où la température extérieure T_{ext} est égale à 2 °C. Un transfert thermique à travers les murs s'opère depuis l'air intérieur de la maison vers l'air extérieur.

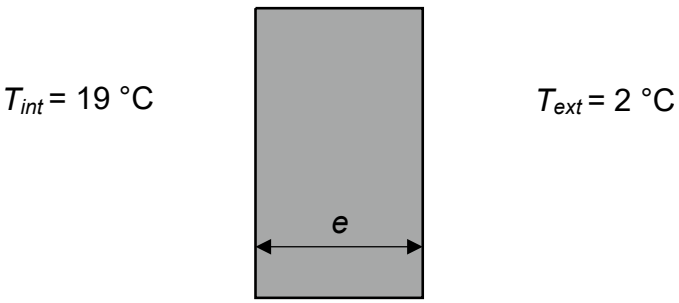


Figure 1. Schéma en coupe du mur en brique de la maison de résistance thermique R_{th}.

Q1. Identifier, en le justifiant, le mode de transfert thermique s'effectuant au travers d'un mur.

On rappelle que le flux thermique ϕ est relié à l'écart de température $T_{int} - T_{ext}$ à la résistance thermique R_{th} par la relation :

$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}}$$

Dans le cas du mur, la résistance thermique R_{th} dépend de l'épaisseur e du mur (en m), de sa surface S (en m^2) et d'un paramètre caractéristique du matériau appelé conductivité thermique noté λ (en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) par la relation :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda . S}$$

Q2. Indiquer, en utilisant les deux relations précédentes, comment évolue le flux thermique ϕ lorsque l'épaisseur e du mur augmente.

À l'aide d'un système de régulation, la température de l'air intérieur de la maison est maintenue constante à une valeur T_{int} égale à 19 °C. La température de l'eau chaude circulant dans les radiateurs est T_{rad} égale à 55 °C.

Q3. Indiquer et justifier le sens du transfert thermique $Q_{rad/air}$ s'opérant entre les radiateurs et l'air intérieur de la maison.

On souhaite réaliser un bilan thermique du système « air intérieur » pendant une durée d'une heure de cette journée d'hiver. Par convention, les transferts thermiques sont comptés négativement lorsqu'ils sont cédés par le système et positivement lorsqu'ils sont reçus. On considère alors que s'effectuent un transfert thermique entre l'air intérieur et les murs noté Q_{mur} ainsi qu'un transfert thermique entre l'air intérieur et les autres parois (toit, fenêtres, sol…) noté Q_{autres}. On admet également que le système n'échange pas de travail avec l'extérieur.

Données :
- La durée du bilan thermique est égale à une heure ;
- Le transfert thermique au travers des murs noté Q_{mur} est égal à – 4,3 MJ ;
- Transfert thermique au travers des autres parois noté Q_{autres} est égal à − 7,1 MJ ;
- 1 MJ = 10^6 J.

Q4. En utilisant le premier principe de la thermodynamique au système « air intérieur », montrer que : $Q_{rad/air} = - Q_{mur} - Q_{autres}$

Q5. À l'aide des données, calculer la valeur de $Q_{rad/air}$.

Q6. En déduire si la puissance de la PAC est suffisante pour chauffer l'eau des radiateurs.

Étude sonore de la PAC.
Le module extérieur de la PAC générant du bruit, le propriétaire souhaite s'assurer qu'il n'exposera pas son voisinage à des nuisances sonores.
La propriété voisine la plus proche est située à 5 m de l'endroit où serait installé le module extérieur de la PAC.
La législation impose de limiter l'émergence sonore nocturne à 3 dB. L'émergence sonore est définie par la différence entre le niveau sonore ambiant comportant celui de la PAC, et le niveau sonore habituel sans tenir compte de la PAC.

Données :
- Le niveau d'intensité sonore L est lié à l'intensité sonore I par la relation : $L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$

  avec $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W·m^{-2} intensité sonore de référence.
  L s'exprime en décibels (dB) et I en watt par mètre carré (W·m^{-2}).

- Dans les conditions du sujet, lorsque deux sons d'intensités I_1 et I_2 se superposent, l'intensité totale I est la somme de I_1 et de I_2.
- Le niveau d'intensité sonore L_1 mesuré à 5 m du module extérieur est de 46 dB
- Le niveau sonore nocturne habituel L_2 (sans tenir compte de la PAC) est de 44 dB.

Q7. Vérifier que la valeur du niveau d'intensité sonore L est égale à 48 dB.

Q8. En déduire si le propriétaire expose son voisinage à des nuisances sonores nocturnes supérieures au seuil réglementaire.