

EXERCICE B – Étude thermique d'une construction (10 points)

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 $\ell = 4,0$ m, hauteur $h = 3,0$ m ;
- caractéristiques de la fenêtre : surface $S_F = 2,0$ m² ; 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 λ : $R_{th} = \frac{e}{S \times \lambda}$;
- 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⁻¹·K⁻¹ ;
- valeur de la résistance thermique d'une lame d'argon de 16,0 mm d'épaisseur et de surface 2 m² : $R_{th,argon} = 0,33$ K·W⁻¹ ;
- réglementation thermique 2020 : RT2020, applicable depuis janvier 2020 vise à promouvoir les bâtiments à énergie positive dont la consommation d'énergie annuelle **par m² de surface de sol** pour le seul chauffage doit être inférieure à environ 5 kWh·m⁻², la réglementation précédente RT2012 limitait pour sa part la consommation d'énergie annuelle totale par m² de surface de sol à 50 kWh·m⁻² ;
D'après réglementation environnementale RE2020 | Ministère de la Transition écologique (ecologie.gouv.fr)
- 1 kWh = 3,6×10⁶ J.



Figure 1. Croquis de l'extension à construire

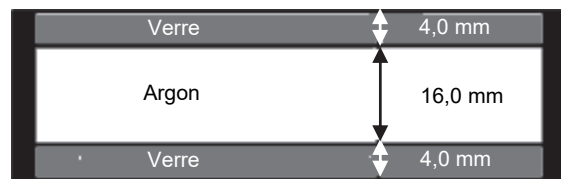


Figure 2. Structure d'un double vitrage

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 λ_{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.

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 $\phi_{\text{fenêtre}}$ 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 : $\phi_{\text{total}} = 2,2 \times 10^2 \text{ W}$.

Le propriétaire souhaite maintenir une température intérieure constante de valeur 19°C . Il envisage d'installer un radiateur électrique. La température du sol étant de 19°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°C pendant une durée fixée Δt 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°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.