Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + SI, veuillez visiter :
bac-maths-si.fr/annales-sujets-et-corriges

Bac 2021 septembre Sciences de l'ingénieur Correction © http://labolycee.org
Partie Sciences physiques Durée : 30 min
EXERCICE B – Isolation thermique

Mots-clés : flux thermique ; résistance thermique ; loi de Newton.

Depuis le 1er Janvier 2021, une loi sur les nouvelles habitations est rentrée en vigueur : la loi RT 2020 qui remplace la loi RT 2012.

« L'objectif de la RT 2020 est fixé : toute nouvelle construction devra produire davantage d'énergie qu'elle n'en consomme. Cet objectif repose sur le principe des bâtiments à énergie positive (BEPOS). Ces logements affichent une consommation énergétique minimale qui sera, par la suite, compensée par le recours aux ressources renouvelables. Cette RT 2020 cible le zéro gaspillage énergétique et la production d'énergie. »

Extrait de https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/reglementation-thermique-2012/lobjectif-de-la-reglementation-thermique-2020/

Pour satisfaire à la loi RT 2020, il faut se poser la question des matériaux utilisés tant pour limiter l'émission de gaz à effet de serre que pour isoler correctement les habitations par exemple.

Une pièce de rangement d'une maison en bois possède un pan de mur extérieur de 10,0 m^2 sans fenêtre. On souhaite maintenir la température de cette pièce à 18 °C. La température extérieure est de 10 °C.

Données :

- la résistance thermique R_{th} d'une paroi est liée aux grandeurs e, λ et S par la relation :

$$R_{th} = \frac{e}{S \times \lambda} \quad ;$$

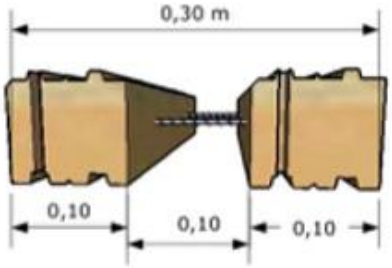
R_{th} : résistance thermique en $\mathrm{K \cdot W^{-1}}$
λ : conductivité thermique du matériau en $\mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$
e : épaisseur de la paroi en m
S : surface de la paroi en $\mathrm{m^2}$

- La résistance thermique minimale d'un mur de $10\ \mathrm{m^2}$ pour respecter la loi RT 2020 est de $0{,}4\ \mathrm{K \cdot W^{-1}}$.
- Caractéristiques de divers matériaux :

Matériau	Conductivité thermique λ ($\mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$)	Épaisseur e (mm)
Bois massif pin douglas (PBM)	0,13	100
Panneau laine de bois (LB)	0,038	100

Parpaings en bois massif (PBM)

Les parpaings en bois massif font 10 cm d'épaisseur. L'espace de 10 cm entre les PBM est prévu pour la pose d'une isolation en laine de bois.



d'après www.pbmbloc.com

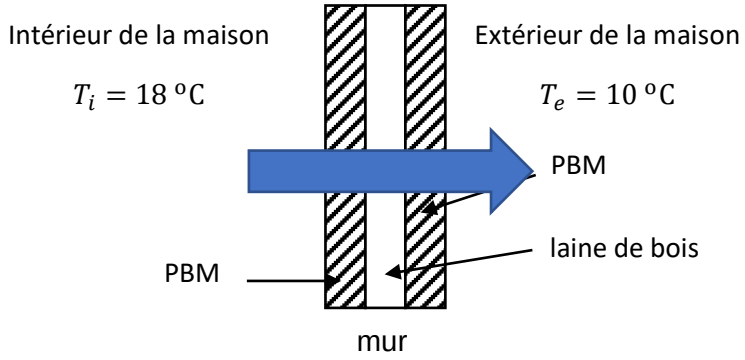
Un modèle thermique du mur en PBM

Dans le cas d'une paroi formée de plusieurs couches de matériaux différents, la résistance thermique totale est la somme des résistances des différentes couches



Dans ce modèle, seuls les échanges thermiques par conduction interviennent.

1. **(1pt) Reproduire et compléter le schéma suivant en indiquant le sens du transfert thermique à travers le mur. Justifier.**



Le transfert thermique a lieu du milieu le plus chaud vers le moins chaud. Il se produit donc de l'intérieur de la maison vers l'extérieur.

2. **(1pt) Vérifier la cohérence des unités dans l'expression de la résistance thermique fournie.**

$R_{th} = \dfrac{e}{S.\lambda}$, on remplace chaque grandeur par son unité

$$\frac{m}{m^2.W.m^{-1}.K^{-1}} = \frac{m}{m.W.K^{-1}} = \frac{1}{W.K^{-1}} = K.W^{-1}$$ On retrouve bien les unités de R_{th}.

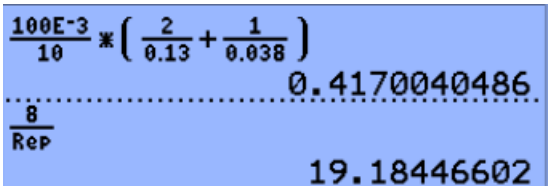
3. (4 pts) En ne considérant, pour simplifier, que les transferts thermiques par conduction, évaluer le flux thermique ϕ_1 sortant de la pièce. Comparer la valeur à celle obtenue en considérant les PBM sans la couche de laine de bois.

$\Delta T = R_{th} \,.\, \Phi_1$

$\phi_1 = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$ avec $R_{th} = R_{PBM} + R_{Laine} + R_{PBM} = \dfrac{e}{\lambda_{PBM}.S} + \dfrac{e}{\lambda_{LB}.S} + \dfrac{e}{\lambda_{PBM}.S}$

$R_{th} = \dfrac{e}{S}.\left(\dfrac{2}{\lambda_{PBM}} + \dfrac{1}{\lambda_{LB}}\right)$

$R_{th} = \dfrac{100\times10^{-3}}{10,0} \times \left(\dfrac{2}{0,13} + \dfrac{1}{0,038}\right)$ = 0,417 K.W^{-1}

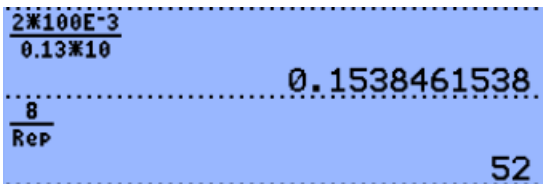


$\phi_1 = \dfrac{18-10}{0,417}$ = 19 W

Sans la couche de laine de bois :

$\phi_{SL} = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$ avec $R_{th} = R_{PBM} + R_{PBM} = \dfrac{e}{\lambda_{PBM}.S} + \dfrac{e}{\lambda_{PBM}.S} = \dfrac{2.e}{\lambda_{PBM}.S}$

$R_{th} = \dfrac{2\times100\times10^{-3}}{0,13\times10,0}$ = 0,154 K.W^{-1}



$\phi_{SL} = \dfrac{18-10}{0,154}$ = 52 W

Sans la couche de laine de bois, la paroi est beaucoup moins isolante. Elle laisse passer un flux de chaleur vers l'extérieur presque 3 fois supérieur à celui avec de la laine.

En plus de la conduction étudiée ci-dessus, on doit tenir compte des échanges thermiques superficiels convectifs entre le bois et l'air.

4. (1pt) Une surface de bois d'aire S, à la température T_{bois}, échange avec l'air le flux thermique : $\phi = h\,S\,(T_{bois} - T_{air})$. Établir que la résistance thermique introduite par ces échanges superficiels convectifs a pour expression : $R_{th\,air} = \dfrac{1}{h\,S}$.

$\phi = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$ où $\Delta T = T_{bois} - T_{air}$ et d'autre part $\phi = h.S.(T_{bois} - T_{air})$

$\dfrac{(T_{bois} - T_{air})}{R_{th}} = h.S.(T_{bois} - T_{air})$

$\dfrac{1}{R_{th}} = h.S$ on retrouve bien $R_{th} = \dfrac{1}{h.S}$.

5. (2pts) Soit $h_e = 17\ W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$ le coefficient d'échange convectif entre le bois et l'air extérieur et $h_i = 9,1\ W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$ le coefficient d'échange convectif entre le bois et l'air intérieur.

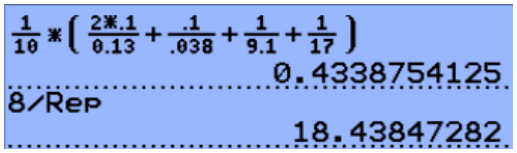
Évaluer le flux thermique ϕ_2 sortant de la pièce.

Calculer $\phi_1 - \phi_2$. Commenter.

$\phi_2 = \dfrac{\Delta T}{R_{th}}$ avec $R_{th} = R_{PBM} + R_{Laine} + R_{PBM} + R_{the} + R_{thi}$ et $\Delta T = T_i - T_e$

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda_{PBM}.S} + \frac{e}{\lambda_{LB}.S} + \frac{e}{\lambda_{PBM}.S} + \frac{1}{h_e.S} + \frac{1}{h_i.S} = \frac{1}{S}.\left(\frac{2e}{\lambda_{PBM}} + \frac{e}{\lambda_{LB}} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}\right)$$

$$R_{th} = \frac{1}{10} \times \left(\frac{2 \times 100 \times 10^{-3}}{0,13} + \frac{100 \times 10^{-3}}{0,038} + \frac{1}{9,1} + \frac{1}{17}\right) = 0,43 \text{ W.K}^{-1}$$



$$\phi_2 = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{T_i - Te}{R_{th}}$$

$\phi_2 = \dfrac{18 - 10}{0,43}$ = 18 W en tenant compte de la convection et de la conduction.

On avait trouvé que Φ_1 = 19 W en ne tenant compte que de la conduction.

$\Phi_1 - \Phi_2$ = 1 W

La différence de flux (1 W) en tenant compte de la convection est négligeable par rapport au flux avec uniquement la conduction (19 W).

6. Le constructeur indique que cette paroi respecte la loi RT 2020. Commenter cette affirmation.

(1 pt) L'énoncé indique que la résistance thermique minimale d'un mur de 10 m^2 pour respecter la loi RT 2020 est de 0,4 K.W^{-1}.

Or on a calculé à la question 3 que R_{th} = 0,417 K.W^{-1}.

La paroi est conforme à la loi RT 2020.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.