

I

- Déterminer la résistance thermique pour 1m^2 de surface d'une paroi de béton d'épaisseur 20cm . La conductivité thermique du béton est $\lambda_B=1,0\text{W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$
 - Calculer le coefficient de transmission thermique U de cette paroi.
 - Calculer la densité de flux thermique ϕ à travers cette paroi lorsque la température de sa face interne est 20°C et celle de sa face externe 11°C .
 - Calculer le flux thermique total Φ à travers cette paroi, de hauteur $2,50\text{m}$ et de longueur 4m , lorsque la température de sa face interne est 20°C et celle de sa face externe 11°C .
- On double la paroi précédente d'une plaque de plastique alvéolé de conductivité thermique $\lambda_p=0,04\text{W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$, d'épaisseur 10mm .
 - Calculer la résistance thermique de l'ensemble.
 - Déterminer la densité de flux thermique ϕ à travers l'ensemble lorsque la température de sa face interne est 20°C et celle de sa face externe 11°C .
 - Calculer l'écart de température entre les deux faces du béton, puis entre les deux faces du plastique.

II BTS EEC 1996

La température intérieure d'un garage est maintenue à 17°C lorsque la température extérieure est de 2°C . Le système de chauffage fournit une puissance moyenne donnée de $12\,000\text{W}$ avant isolation, de 5500W après isolation. La surface totale des parois extérieures est 160m^2

- Dans quel cas le coefficient de transmission thermique est-il le plus grand ? Justifier sans calcul.
 - Calculer le coefficient de transmission thermique U avant isolation, U' après isolation.
 - Le calcul précédent supposait le garage parfaitement hermétique. En réalité, il existe une entrée d'air froid et une sortie d'air chaud correspondant à un renouvellement de l'air extérieur de 90m^3 par heure.
 - Calculer la puissance dépensée par le système de chauffage pour amener l'air froid entré jusqu'à 17°C . Capacité thermique massique de l'air : $1000\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Masse volumique de l'air $1,29\text{kg.m}^{-3}$
 - En déduire la puissance moyenne réellement transmise par les parois avant et après isolation.
 - Calculer les nouveaux coefficients de transmission U_1 et U'_1 (avant et après isolation).
- En déduire l'épaisseur de la laine de verre utilisée pour l'isolation. ($l=4.10^{-2}\text{W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$)

III . Une pièce est séparée de l'extérieur par un mur de béton de $3,0\text{m}$ de largeur, $2,50\text{m}$ de hauteur et 25cm d'épaisseur. Ce mur est percé d'une fenêtre ayant les caractéristiques suivantes :

Vitrage : épaisseur $4,0\text{mm}$ largeur 180cm hauteur 120cm

Cadre : épaisseur 10cm , largeur 10cm .

Conductivités thermiques en $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$: Verre : $1,1$ Béton : $2,0$ Aluminium : $2,3.10^2$ PVC : $0,30$

- Calculer la résistance thermique (pour 1m^2) du vitrage, du mur de béton, du cadre s'il est réalisé en aluminium et s'il est réalisé en PVC.
- Calculer le coefficient de transmission surfacique U_1 , U_2 , U_3 (cadre de fenêtre en alu) et U'_3 (cadre en PVC) de chacun de ces éléments.
- Déterminer le flux thermique à travers la paroi dans chaque cas, en supposant que la face intérieure est maintenue à 19° et la face extérieure à 5°C , lorsque le cadre est en aluminium, puis lorsqu'il est en PVC.
- Qu'est-ce qu'une fenêtre en aluminium "à rupture de pont thermique" ?

IV

1. On considère une paroi brute de surface $S=12\text{m}^2$ et d'épaisseur $e_1=15\text{cm}$ constituée d'agglos pleins, de conductivité thermique $\lambda_1=1,40\text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$.
 - a. Déterminer sa résistance thermique pour 1m^2 de surface, et son coefficient de transmission thermique U .
 - b. Déterminer le flux thermique surfacique à travers cette paroi si la température de sa surface extérieure est $-8,0^\circ\text{C}$ et la température de sa surface intérieure 20°C .
2. On désire réduire le flux thermique surfacique à $10\text{W}.\text{m}^{-2}$ dans les conditions de température considérées. En supposant que les températures intérieure et extérieure de la paroi ont toujours les mêmes valeurs, déterminer quelle devrait être la résistance thermique R' du mur pour 1m^2 .
3. Pour obtenir cette valeur on recouvre la paroi d'une épaisseur e_2 de fibre isolante de conductivité thermique $\lambda_2=0,041\text{ W}.\text{m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, et de carreaux de plâtre d'épaisseur $e_3=6,0\text{cm}$ et de conductivité thermique $\lambda_3=0,46\text{ W}.\text{m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.
 - a. Déterminer l'épaisseur e_2 de fibre isolante à utiliser.
 - b. Calculer la différence de température entre les deux faces de la couche de fibre isolante.

V

On considère la paroi plane d'une chaudière à vapeur séparant des fumées à 1000°C et de l'eau bouillante sous pression à 200°C . Les matériaux sont caractérisés par

Coefficient de transmission de la chaleur des fumées à la paroi $h_1= 100\text{ W}.\text{K}^{-1}.\text{m}^{-2}$

Coefficient de transmission de la chaleur des parois à l'eau bouillante $h_2= 5000\text{ W}.\text{K}^{-1}.\text{m}^{-2}$

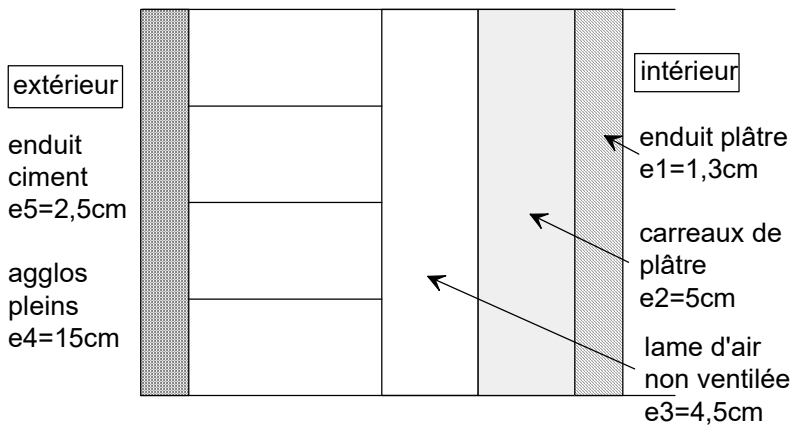
Coefficient de conductivité thermique de la paroi : $\lambda = 50\text{ W}.\text{K}^{-1}.\text{m}^{-1}$

On admettra que les dimensions de la paroi sont grandes devant son épaisseur ($e=11\text{mm}$) et que les transferts se font uniquement suivant la perpendiculaire à la paroi.

1. On note θ_1 et θ_2 les températures en $^\circ\text{C}$ des surfaces de la paroi en contact avec les fumées et l'eau respectivement.
Quelles sont les valeurs de θ_1 et θ_2 , et la valeur du flux thermique traversant 1m^2 de paroi ?
2. En réalité, la paroi est recouverte :
 - du côté des fumées par une couche de suie d'épaisseur $e_1=1\text{mm}$ et de conductivité thermique $\lambda_1=0,08\text{ W}.\text{K}^{-1}.\text{m}^{-1}$
 - du côté de l'eau par une couche de tartre d'épaisseur $e_2=2\text{mm}$ et de conductivité thermique $\lambda_2=0,8\text{ W}.\text{K}^{-1}.\text{m}^{-1}$
 On admettra que les coefficients de transmission sont inchangés au niveau des nouvelles surfaces en contact d'un côté avec les fumées et de l'autre avec l'eau bouillante.
 - a. Etablir les équations littérales permettant de calculer les températures θ_1 , θ_2 , θ_3 et θ_4 au niveau des surfaces de séparation fumées-suie, suie-paroi, paroi-tartre, tartre-eau.
 - b. Calculer les valeurs numériques de θ_1 , θ_2 , θ_3 et θ_4 et le nouveau flux thermique et commenter le résultat.
 - c. Tracer le diagramme des variations de température des fumées à l'eau bouillante.

VI

Données



Résistance superficielle extérieure

$$\frac{1}{h_e} = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

Résistance superficielle intérieure

$$\frac{1}{h_i} = 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

Résistance thermique de la lame d'air $R_{\text{air}} = 0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

Conductivités thermiques

Carreau de plâtre et

enduit de plâtre : $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,46 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

Agglos pleins : $\lambda_4 = 1,40 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

Enduit ciment : $\lambda_5 = 1,15 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

1. Donner l'expression de la résistance thermique pour 1 m^2 de surface du mur
2. Calculer cette résistance
3. Donner l'expression du coefficient de transmission thermique surfacique U
4. Calculer ce coefficient U
5. On remplace la lame d'air par de la fibre isolante; en déduire le nouveau coefficient U' de transmission thermique du mur. Conclure.
 On donne : épaisseur de la fibre isolante : $4,5 \text{ cm}$
 Conductivité thermique de la fibre isolante : $\lambda = 0,041 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$
6. Pour chacun de ces deux murs, quelle est la température de surface interne θ_{si} ? Quel est le mur qui, lorsqu'on le touche, donne la meilleure sensation de confort ?
 On donne : température interne $\theta_i = 20^\circ \text{C}$ température externe : $\theta_e = -15^\circ \text{C}$

VII

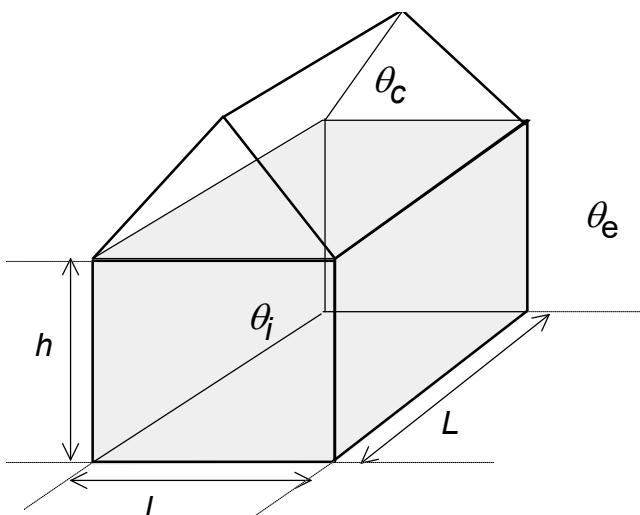
On étudie le chauffage de la partie grisée (parallélépipédique) du bâtiment représenté.

$h = 5,50 \text{ m}$

$L = 8,00 \text{ m}$

$l = 7,50 \text{ m}$

température extérieure



$\theta_e = -5,0^\circ \text{C}$

température dans les combles

$\theta_c = 12^\circ \text{C}$

température à l'intérieur de la partie grisée du bâtiment

$\theta_i = 20^\circ \text{C}$.

On souhaite ne pas dépasser une consommation globale de 7500 W pour le chauffage en régime permanent.

1. La puissance totale Φ_p perdue par le plafond séparant la partie grisée des combles vaut
 $\Phi_p = 1400 \text{ W}$

- a. Déterminer la valeur du flux thermique surfacique φ_p à travers le plafond.
- b. Déterminer la valeur du coefficient de transmission thermique U_p du plafond

2. Les murs ont la constitution suivante, de l'extérieur vers l'intérieur:

Nature	Épaisseur	Conductivité thermique λ	Coefficient de transmission thermique U
Enduit ciment	$e_1=3,0\text{cm}$	$\lambda_1=1,15 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	
Brique	$e_2= 15\text{cm}$	$\lambda_2= 1,32 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	
Isolant thermique	$e_3= 4,5\text{cm}$		$U_3=0,75 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
Plaque de plâtre	$e_4= 1,3\text{cm}$	$\lambda_4= 0,46 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	

Les résistances superficielles extérieure et intérieure valent respectivement $r_e=0,06 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$ et $r_i=0,11 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$.

- a. Déterminer la conductivité thermique λ_3 de l'isolant utilisé.
 - b. Déterminer la résistance thermique R_3 de la couche d'isolant pour 1m^2 de surface.
 - c. Déterminer la résistance thermique du mur pour une unité de surface. Vérifier que sa valeur numérique est $1,67 \text{ K}.\text{W}^{-1}.\text{m}^2$.
 - d. Calculer son coefficient de transmission thermique U_M .
 - e. Calculer le flux thermique surfacique φ_M à travers le mur.
 - f. Déterminer la température θ_{Si} de la surface intérieure du mur.
3. Les murs sont percés de fenêtres et portes représentant une surface totale $S_F=10\text{m}^2$. Leur coefficient de transmission thermique est $U_F = 2,5 \text{ W}.\text{K}^{-1}.\text{m}^{-2}$ (cette valeur tient compte des échanges de surface).
- a. Déterminer la puissance thermique Φ_F perdue par les portes et fenêtres.
 - b. Déterminer la puissance thermique Φ_M perdue par les murs.
4. Le renouvellement d'air est assuré par une entrée de 300m^3 d'air extérieur par heure. La capacité thermique massique de l'air est $c=1000 \text{ J}.\text{kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ et sa masse volumique $1,29 \text{ kg}.\text{m}^{-3}$.
- a. Déterminer la quantité de chaleur nécessaire pour amener l'air frais de renouvellement à la température de 20°C .
 - b. Déterminer la puissance nécessaire.
5. Le bâtiment correspond-il au critère fixé concernant la puissance consommée pour le chauffage ?