

T80. Dimension de la conductivité

- Déterminer la dimension de λ en fonction de $[\rho]$. En déduire son unité.
- Dimension de λ en fonction des grandeurs fondamentales : montrer que $[\lambda] = \text{MLT}^{-3}\Theta^{-1}$

T81. Transfert thermique à travers une paroi.

La température intérieure de surface d'une paroi est égale à $T_i = 15^\circ\text{C}$ et sa température extérieure de surface $T_e = 13^\circ\text{C}$. Son épaisseur est $e = 10\text{ cm}$.

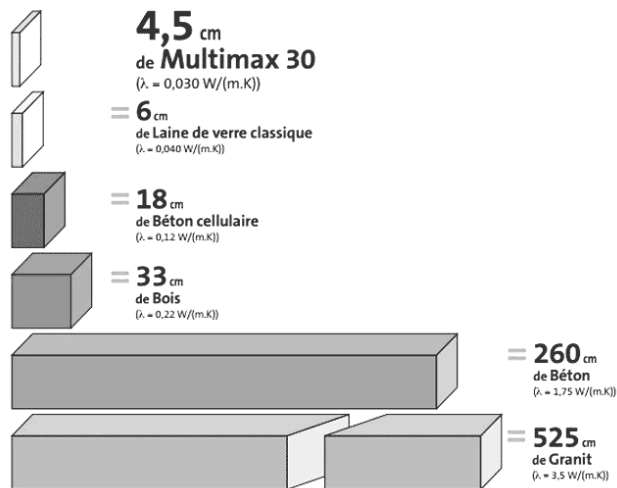
Calculer la puissance thermique qui traverse perpendiculairement un mètre carré de cette paroi, en régime stationnaire :

- si elle est en béton
(conductivité du béton : $\lambda_B = 1,75\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
- si elle est en plâtre
(conductivité du plâtre : $\lambda_p = 0,50\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
- si elle est en laine de verre
(conductivité de la laine de verre : $\lambda_L = 0,04\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

Réponse(s) : 35 W ; 10 W ; 0,8 W

T 82. Publicité honnête ? (ou qu'est-ce qu'un oxymore)

Pour une résistance thermique identique :



T83. Paroi multicouche.

On réalise une paroi multicouche avec un mur en béton d'épaisseur $e_B = 10\text{ cm}$, une couche de laine de verre d'épaisseur $e_L = 8\text{ cm}$ et une plaque de plâtre d'épaisseur $e_p = 2\text{ cm}$. La température extérieure de surface est $T_e = 2^\circ\text{C}$ (côté béton) et la température de surface intérieure est $T_i = 18^\circ\text{C}$ (côté plâtre). On donne les conductivités thermiques du béton, de la laine de verre et du plâtre : $\lambda_B = 1,75\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $\lambda_L = 0,04\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $\lambda_p = 0,50\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

- Calculer le flux thermique qui traverse perpendiculairement, en régime stationnaire, un mètre carré de cette paroi.
- Calculer les températures T_1 au point de contact entre le béton et la laine de verre, et T_2 au point de contact entre la laine de verre et le plâtre. Représenter le graphe de $T(x)$, x représentant la position dans l'épaisseur du mur.

Réponse(s) : 7,63 W ; 2,4 °C ; 17,7 °C

T84. Double vitrage.

Une lame de verre d'épaisseur $e = 6\text{ mm}$ sépare un local de température $T_i = 20^\circ\text{C}$ du milieu extérieur de température $T_e = 0^\circ\text{C}$.

- On rappelle la loi de Newton $j_{th} = h|T_s - T_\infty|$, h étant le coefficient de transfert thermique de surface, à appliquer à l'intérieur avec h_i et à l'extérieur avec h_e . On donne :

- conductivité thermique du verre $\lambda = 1,15\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- résistance thermique surfacique de contact entre l'ambiance intérieure et la lame de verre : $1/h_i = 0,11\text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$
- résistance thermique surfacique de contact entre l'ambiance extérieure et la lame de verre : $1/h_e = 0,06\text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$

Calculer les températures de surface de part et d'autre de la vitre, notées T_{Si} et T_{Se} .

- On dispose un second vitrage de même épaisseur parallèlement au premier à une distance $D = 8\text{ mm}$ de celui-ci. Calculer les températures de surface de part et d'autre de chacune des lames de verre.

On donne la résistance thermique surfacique d'une lame d'air d'épaisseur 8 mm : $1/h = 0,13\text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$

En déduire les avantages du double vitrage.

Réponse(s) : 7,4 °C et 6,8 °C ; 12,9 °C et 3,9 °C

T 85. Fuite thermique d'une habitation

L'intérieur ($T_i = 20^\circ\text{C}$) et l'extérieur ($T_e = 5^\circ\text{C}$) d'une maison sont séparés par un mur de hauteur $h = 3\text{ m}$ et de largeur $L = 10\text{ m}$.

Le mur, d'épaisseur $e = 30\text{ cm}$ et de conductivité $\lambda = 0,7\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, est recouvert (d'un seul côté) par un revêtement isolant d'épaisseur $e' = 2\text{ cm}$ et de conductivité $\lambda' = 0,03\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

De plus, le mur est percé d'une fenêtre de surface $S = 4\text{ m}^2$, constituée d'une épaisseur $e'' = 2\text{ cm}$ de verre de conductivité $\lambda'' = 1\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

- Évaluer la puissance totale des pertes thermiques.
- Quelle proportion des pertes représente la fenêtre ? Conclusion.

Rép. : 3,4 kW

T86. Pont chauffé.

Afin d'éviter la formation de verglas et de couche de neige, on maintient la température de la surface supérieure d'un pont à une valeur $T_{s, sup} = + 2 \text{ }^\circ\text{C}$, à l'aide de câbles électriques chauffants intégrés dans sa structure. Le pont a une longueur de 100 m et comporte deux voies, ayant chacune une largeur de 4 m. Chaque voie est composée de plaques de béton armé de 100 m de longueur, 4 m de largeur et de 30 cm (e_1) d'épaisseur, qui sont recouvertes d'une couche d'enrobé de 4 cm (e_2) d'épaisseur. La nappe de câbles électriques, d'épaisseur négligeable, est située dans le béton, à 2 cm (e) au-dessous de l'enrobé.

Données : on rappelle la loi de Newton : $j_{th} = h|T_s - T_\infty|$, h désignant le coefficient de transfert thermique surfacique.

Le coefficient de transfert thermique surfacique pour la surface supérieure du pont sera pris égal à $h_{sup} = 17 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ et celui de la surface inférieure à $h_{inf} = 7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Conductivité thermique du béton : $\lambda_1 = 1,163 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Conductivité thermique de l'enrobé : $\lambda_2 = 0,58 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1) On demande de déterminer, en régime stationnaire, lorsque la température extérieure $T_e = -2 \text{ }^\circ\text{C}$, avec un vent faible et pas de précipitation :

- 1a) la densité de courant thermique j_{sup} au niveau de la surface supérieure du pont ;
- 1b) la température T_c des câbles chauffants et la densité de courant thermique j_{inf} au niveau inférieur du pont ;
- 1c) la température $T_{s, inf}$ de la surface inférieure du pont ;
- 1d) la puissance totale nécessaire pour assurer le fonctionnement de l'installation.

2) Reprendre le problème précédent lors d'une chute de neige, ce qui a pour effet de modifier fortement le coefficient de transfert thermique surfacique de la partie supérieure du pont qui passe à la valeur $h_{sup} = 116 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

3) La couche de neige a une épaisseur de 5 cm et une densité de 0,5. Nous admettrons que du point de vue de leurs propriétés calorimétriques, les 5 centimètres de neige sont équivalents à 2,5 cm de glace de densité ≈ 1 , à la température T_e . En régime stationnaire, quelle sera la durée de la fonte de cette neige, si on utilise la puissance calculée pour le 2) ?

Données complémentaires :

Enthalpie massique de fusion de la glace : $335 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Capacité thermique massique de la glace : $2100 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Réponse(s) : 1a) $68 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; b) $7,9 \text{ }^\circ\text{C}$; $25,7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; c) $1,7 \text{ }^\circ\text{C}$; d) 75 kW ;
 2a) $464 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; b) $42 \text{ }^\circ\text{C}$; $114,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; c) $14,4 \text{ }^\circ\text{C}$; d) 463 kW ; 3) $5 \text{ h } 05 \text{ min}$

T87*. Chauffage par circulation de vapeur d'eau.

De l'eau circule dans un tuyau avec un débit $D_V = 1,8 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. On veut réchauffer cette eau à l'aide d'une circulation de vapeur d'eau à la température $T_V = 100 \text{ }^\circ\text{C}$. Les deux fluides circulent de part et d'autre de la paroi du tuyau.

On modélise les échanges thermiques avec l'extérieur en utilisant : $\mathcal{P}_{th} = KS \left(T_V - \frac{T_{E1} + T_{E2}}{2} \right)$

K désigne le coefficient global de transport thermique (ou coefficient de transmission surfacique) : $K = 1400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, S la surface de la paroi interne du tuyau, T_{E1} et T_{E2} les températures de l'eau à l'entrée et à la sortie.

- 1) Interpréter cette loi.
- 2) Calculer la surface S que doit présenter le tuyau pour que l'eau qui entre à $T_{E1} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ sorte à $T_{E2} = 64 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 3) Quelle est la masse de vapeur d'eau liquéfiée en une heure ?

Données : Capacité thermique massique de l'eau liquide : $4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
 Chaleur latente massique de vaporisation de l'eau : $2,26 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Réponse(s) : $1,16 \text{ m}^2$; 153 kg

T88. Comparaison de températures d'étoiles

Supposons que deux étoiles, α et β , rayonnent exactement la même puissance totale. Si le rayon de l'étoile α est trois fois supérieur à celui de l'étoile β , quel est le rapport des températures de surface de ces étoiles ? Laquelle est la plus chaude ?

T89. Radiateur infrarouge

Un tube de radiateur infrarouge, cylindrique de rayon $a = 1,0 \text{ cm}$ et de longueur $\ell = 30 \text{ cm}$, rayonne une puissance $\mathcal{P} = 1,0 \text{ kW}$. On admet qu'il se comporte comme un corps noir. Données : $\sigma \approx 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$, $b \approx 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$.

- 1) Calculer sa température T .
- 2) Calculer la longueur d'onde λ_{max} pour laquelle la puissance rayonnée est maximale.
- 3) Quelle serait la puissance \mathcal{P} rayonnée si cette longueur d'onde était deux fois plus petite ?

T90. Température de la Terre. 1^e partie : sans atmosphère

Données :

- température de surface du Soleil : $T_{\odot} = 5,8.10^3$ K
- rayon du Soleil $R_{\odot} = 6,97.10^5$ km
- distance Terre-Soleil $d_{TS} = 1,5.10^{11}$ m
- rayon de la Terre : $R_T = 6,38.10^3$ km
- albédo : $A = 0,31$

On note T_0 la température moyenne à la surface de la Terre en l'absence d'atmosphère.

- 1) Calculer la puissance totale \mathcal{P}_0 émise par le soleil
- 2) Évaluer la puissance surfacique (ou densité de flux thermique) solaire φ_s (en $W.m^{-2}$) reçue au niveau de la Terre, ainsi que la puissance totale \mathcal{P}_s reçue du Soleil par la Terre. En déduire la puissance surfacique solaire moyenne φ_{sm} que reçoit l'ensemble de la surface terrestre, c'est-à-dire la puissance surfacique solaire au niveau du sol.
- 3) Estimer T_0 la température de surface moyenne de la Terre. Commenter.

T91. Température de la Terre. 2^e partie : avec atmosphère

On suppose que l'atmosphère absorbe tout le rayonnement infrarouge de la Terre et peut être considérée comme un corps noir dans l'infrarouge qui réémet pour moitié vers la Terre, pour moitié vers l'espace. On note \mathcal{P}_{atm} la puissance totale rayonnée par l'atmosphère. On conserve la même valeur $A = 0,31$ pour l'albédo.

- 1) Exprimer l'équilibre thermique de la Terre et de l'atmosphère pour en déduire un bilan de puissance fonction de \mathcal{P}_s et \mathcal{P}'_T .
On pourra s'aider du schéma ci-contre.
- 2) Introduire les puissances surfaciques φ_s et φ'_T pour en déduire la nouvelle température de surface T'_0 .
Commenter en utilisant le document montrant le spectre du rayonnement solaire atteignant la surface de la Terre.

