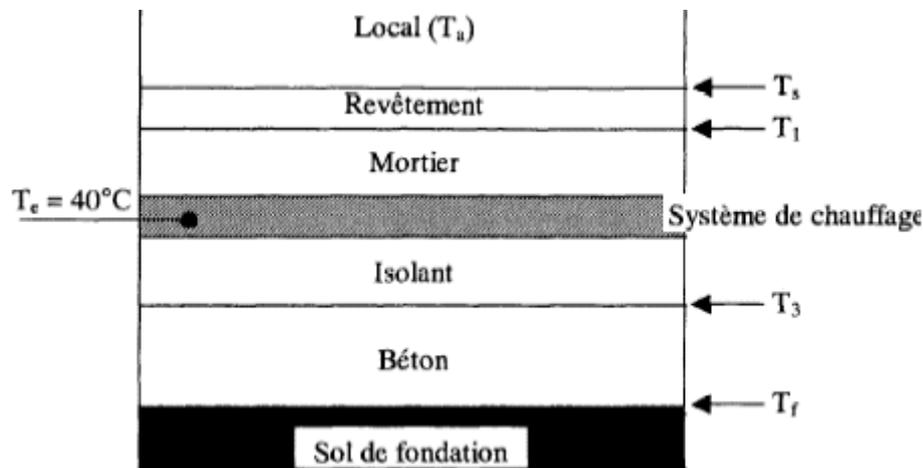


comportement thermique d'un plancher chauffant

Dans le plancher d'un local de surface $S= 16 \text{ m}^2$ on a incorporé un système de chauffage maintenant la température ambiante à $T_a=20^\circ\text{C}$. Le système de chauffage est constitué d'un tube dans lequel circule de l'eau à température moyenne supposée constante $T_e=40^\circ\text{C}$.



Données : conductivités thermique ($\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$) et épaisseurs des couches (cm)

Revêtement : $\lambda_1= 2,5$; $e_1=1 \text{ cm}$; mortier : $\lambda_2= 1,12$; $e_2=5 \text{ cm}$; isolant : $\lambda_3= 0,02$; $e_3=2 \text{ cm}$;
béton : $\lambda_4= 1,4$; $e_4=10 \text{ cm}$

température du sol de fondation $T_f = 7^\circ\text{C}$ supposée parfaitement uniforme.

Le coefficient d'échange par convection entre la surface du revêtement du plancher et le local est $h= 10 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

1. Calculer la densité surfacique de flux ϕ_1 émise vers le haut par le système de chauffage.
 - Calculer la densité surfacique de flux ϕ_2 émise vers le bas par le système de chauffage.
 - En déduire la puissance thermique perdue, la puissance reçue par le local et la puissance fournie par le système de chauffage.
2. Calculer les températures T_s , T_1 et T_3 .
3. On désire limiter les pertes vers le sol de la fondation à 10 % de la puissance utile. On supposera ces pertes égales à 0,22 kW. On conserve le même isolant et la même épaisseur de béton. Calculer la nouvelle épaisseur de l'isolant.
4. Calculer la nouvelle puissance fournie par le système de chauffage.

corrigé

densité surfacique de flux ϕ_1 émise vers le haut par le système de chauffage :

$$\text{résistance thermique du mortier : } e_2/\lambda_2=0,05/1,12 =0,0446 \text{ W}^{-1}\text{m}^2\text{K}.$$

résistance thermique du revêtement : $e_1/\lambda_1 = 0,01/2,5 = 0,004 \text{ W}^{-1}\text{m}^2\text{K}$.

coefficient d'échange par convection entre la surface du revêtement du plancher et le local :

$h = 10 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ donc résistance thermique $1/h = 1/10 = 0,1 \text{ W}^{-1}\text{m}^2\text{K}$.

résistance thermique totale $R = e_2/\lambda_2 + e_1/\lambda_1 + 1/h = 0,0446 + 0,004 + 0,1 = 0,1486 \text{ W}^{-1}\text{m}^2\text{K}$

coefficient de transmission surfacique $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$: $K = 1/R = 1/0,1486 = 6,73 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

$$1. \quad \Phi = K S (t_{\text{chaude}} - t_{\text{froide}}) \text{ avec } S = 1 \text{ m}^2$$

Φ : flux thermique surfacique à travers une paroi en watt (W m^{-2})

K : coefficient de transmission surfacique $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$

t_{chaude} : température la plus haute en Kelvin ou °C

t_{froide} : température la plus basse en Kelvin ou °C

$$\Phi = 6,73 * (40 - 20) = 134,6 \text{ Wm}^{-2}.$$

densité surfacique de flux ϕ_2 émise vers le bas par le système de chauffage :

résistance thermique totale $R' = e_3/\lambda_3 + e_4/\lambda_4 = 0,02/0,02 + 0,1/1,4 = 1 + 0,071 = 1,071 \text{ W}^{-1}\text{m}^2\text{K}$

coefficient de transmission surfacique $K' = 1/R' = 1/1,071 = 0,933 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

$$\Phi' = 0,933 * (40 - 7) = 30,8 \text{ Wm}^{-2}.$$

puissance thermique perdue : $30,8 * 16 = 492,8 \text{ W}$

puissance reçue par le local : $134,6 * 16 = 2153,6 \text{ W}$

puissance fournie par le système de chauffage : $492,8 + 2153,6 = 2646,4 \text{ W}$.

températures T_s , T_1 et T_3 :

$$\Phi = K S (t_{\text{chaude}} - t_{\text{froide}})$$

**avec $t_{\text{chaude}} = 40 \text{ °C}$; $t_{\text{froide}} = T_s$; $K = 1 / (e_2/\lambda_2 + e_1/\lambda_1) = 1/0,0486 = 20,57$; $S = 1 \text{ m}^2$; $\Phi = 134,6 \text{ Wm}^{-2}$.

$$T_s = 40 - \Phi/K = 40 - 134,6/20,57 = 33,45 \text{ °C}.$$

**avec $t_{chaude} = 40\text{ °C}$; $t_{froide} = T_1$; $K=1/(e_2/\lambda_2)=1,12/0,05 = 22,4$; $S= 1\text{m}^2$; $\Phi = 134,6\text{ Wm}^{-2}$.

$$T_S = 40 - \Phi/K = 40 - 134,6/22,4 = \underline{34\text{ °C}}.$$

**avec $t_{chaude} = 40\text{ °C}$; $t_{froide} = T_3$; $K=1/(e_3/\lambda_3)=0,02/0,02 = 1$; $S= 1\text{m}^2$; $\Phi = 30,8\text{ Wm}^{-2}$.

$$T_S = 40 - \Phi/K = 40 - 30,8/1 = \underline{9,2\text{ °C}}.$$

nouvelle épaisseur de l'isolant :

$$\text{flux surfacique : } \Phi = 220 / 16 = \underline{13,75\text{ Wm}^{-2}}.$$

coefficient de transmission surfacique $K = \Phi / (t_{chaude} - t_{froide}) = 13,75 / (40 - 7) = 0,4166\text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

résistance thermique totale $R' = 1/K = 1/0,4166 = 2,4 = e_{isolant}/\lambda_3 + e_4/\lambda_4 = e_{isolant}/0,02 + 0,1/1,4 = 50e_{isolant} + 0,071$

$$e_{isolant} = (2,4 - 0,071) / 50 = \underline{0,046\text{ m}}.$$

puissance du système de chauffage : $220 / 0,1 = 2200\text{ W}$.

étude acoustique d'une chaudière

Une chaudière est équivalente à une source sonore qui émet uniformément dans toutes les directions. Un appareil de mesure indique un niveau sonore de 70 dB à la distance de 3 m de la source. On admet que le niveau sonore en un point M de l'espace, noté N_p est liée au niveau sonore de la source, noté N_w par la relation : $N_p = N_w - 10 \log(4\pi d^2)$

d : distance entre la source et le point de l'espace où se trouve l'appareil de mesure, exprimée en m.

1. Quel nom donne-t-on à l'appareil utilisé pour mesurer le niveau sonore ?
2. Déterminer le niveau sonore N_w de la source.
3. En déduire la puissance acoustique W_s émise par la source. On donne le seuil d'audibilité $W_0 = 10^{-12}\text{ W}$.
4. De combien diminue le niveau sonore si on double la distance entre l'appareil de mesure et la source.
5. On place une deuxième chaudière identique à la précédente à la même distance $d=3\text{ m}$ de l'appareil de mesure. Quelle est l'augmentation du niveau sonore ?

corrigé

appareil utilisé pour mesurer le niveau sonore : sonomètre

niveau sonore N_w de la source : $N_p = N_w - 10 \log(4\pi d^2)$ donne : $N_w = N_p + 10 \log(4\pi d^2)$

avec $N_p=70$ dB ; $d=3$ m

$$N_w = 70 + 10 \log(4 \cdot 3,14 \cdot 9) = \underline{90,5 \text{ dB}}.$$

puissance acoustique W_s émise par la source : $N_w = 10 \log(\text{Puissance} / P_0) = 10 \log(\text{puissance} / 10^{-12}) = 90,5$ dB

$$\log(\text{puissance} / 10^{-12}) = 9,05 ; \text{puissance} = 10^{-12} \cdot 10^{9,05} = 10^{-2,95} = \underline{0,0011 \text{ W}}.$$

si on double la distance entre l'appareil de mesure et la source le niveau sonore diminue de :

$$N_p = N_w - 10 \log(4\pi d^2) = 90,5 - 10 \log(4 \cdot 3,14 \cdot 36) = 63,94$$

diminution de 6 dB si la distance double

avec une deuxième chaudière identique : $N_w = 10 \log(2 \cdot \text{Puissance} / P_0)$

$$N_w = 10 \log(2 \cdot 0,0011 / 10^{-12}) = 93,51 \text{ dB}$$

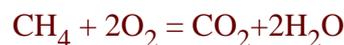
le niveau sonore augmente de 3 dB.

Chimie : une chaudière utilise comme combustible le gaz naturel essentiellement constitué de méthane CH_4 . On suppose que l'air contient 20 % d'oxygène et 80 % d'azote.

1. Ecrire l'équation de la combustion du méthane dans l'oxygène de l'air.
2. Calculer le volume d'air consommé par la combustion de 1 m^3 de méthane.
3. Calculer la masse de dioxyde de carbone produite par la combustion de 1 m^3 de méthane.
4. Quel danger peut résulter d'une arrivée insuffisante d'air frais ?

Données : volume molaire des gaz : 25 L/mol ; C : 12 ; H : 1 ; O : 16 g/mol

corrigé



Qté de matière de méthane dans 1000 L = $1000 / 25 = 40$ mol

donc $40 \cdot 2 = 80$ mol oxygène soit $80 \cdot 25 = 2000$ L = 2 m^3 .

volume d'air : $2 / 0,2 = \underline{10 \text{ m}^3}$.

Qté de matière CO_2 : 20 mol

masse molaire dioxyde de carbone : $12 + 2 \cdot 16 = 44$ g/mol

masse = $20 \cdot 44 = \underline{880 \text{ g}}$.

l'asphyxie peut résulter d'une arrivée insuffisante d'air frais.