CORRECTION EXERCICES sur TRANSMISSION DE LA CHALEUR

Exercice 2 :

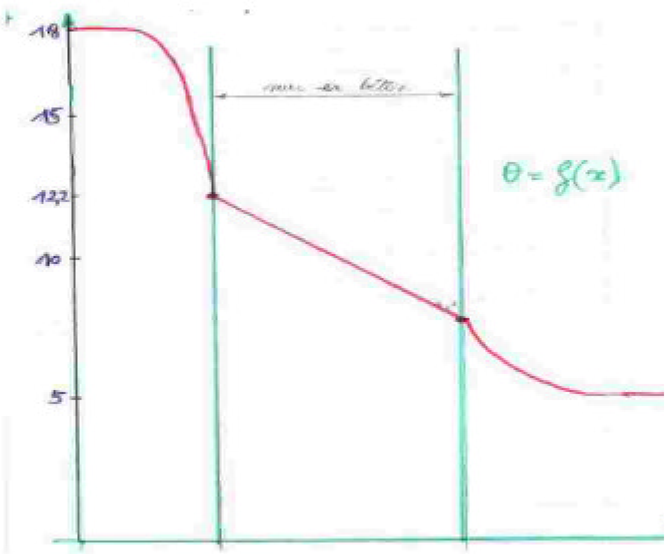
1.) $\begin{cases} h_i + h_e = 25 \\ h_e = 2\, h_i \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h_i + 2 \,.\, h_i = 25 \quad \text{donc} \quad 3 \,.\, h_i = 25 \quad \text{et} \quad h_i = 8{,}33 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1} \\ h_e = 2\, h_i \quad \text{donc} \quad h_e = 16{,}7 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1} \end{cases}$

ce qui donne : $\mathbf{r_i = \frac{1}{h_i} = 0{,}12 \text{ m}^2\text{.K.W}^{-1}}$ **et** $\mathbf{r_e = \frac{1}{h_e} = 0{,}06 \text{ m}^2\text{.K.W}^{-1}}$

$\mathbf{R_m = r_i + \frac{e}{\lambda} + r_e = 0{,}12 + 0{,}091 + 0{,}06 \Rightarrow R_m = 0{,}271 \text{ m}^2\text{.K.W}^{-1}}$

2.) Flux thermique par mètre carré de surface :

$\varphi = \frac{1}{R_m} \,.\, (\theta_i - \theta_e) \Rightarrow \mathbf{\varphi = 48{,}0 \text{ W.m}^{-2}}$



3.) Diagramme des températures :

$\varphi = \frac{1}{r_i} \,.\, (\theta_i - \theta_{si}) \Rightarrow \varphi \,.\, r_i = \theta_i - \theta_{si}$

donc : $\theta_{si} = \theta_i - \varphi \,.\, r_i = 18 - 48 \,.\, 0{,}12$

$\Rightarrow \mathbf{\theta_{si} = 12{,}3 \text{ °C}}$

$\varphi = \frac{1}{r_e} \,.\, (\theta_{se} - \theta_e) \Rightarrow \varphi \,.\, r_e = \theta_{se} - \theta_e$

donc : $\theta_{se} = \theta_e + \varphi \,.\, r_e = 5 + 48 \,.\, 0{,}06$

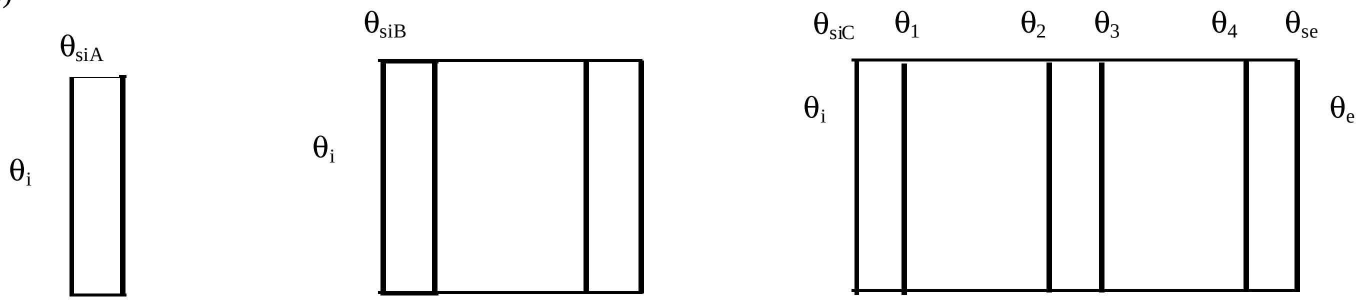
$\Rightarrow \mathbf{\theta_{si} = 7{,}8 \text{ °C}}$

Exercice 3 : Etude de 3 vitrages :

1.) $r = k \,.\, e$ r et e sont proportionnels $R_a = k \,.\, e_o$

$r_a = k \,.\, e_1$ donc $r_a = R_a \,.\, \frac{e_2}{e_1} \Rightarrow \mathbf{r_a = 0{,}18 \text{ m}^2\text{.K.W}^{-1}}$

2.)



Résistance de la vitre : $r_v = \frac{e_v}{\lambda_v} = \frac{4 \,.\, 10^{-3}}{1{,}15} \Rightarrow r_v = 3{,}5 \,.\, 10^{-3} \text{ m}^2\text{.K.W}^{-1}$

Vitrage A : $R_A = r_i + r_v + r_e \Rightarrow \mathbf{R_A = 0{,}173 \text{ m}^2\text{.K.W}^{-1}} \Rightarrow \mathbf{K_A = \frac{1}{R_A} = 5{,}8 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}}$

Vitrage B : $R_B = r_i + 2 \,.\, r_v + r_a + r_e \Rightarrow \mathbf{R_B = 0{,}357 \text{ m}^2\text{.K.W}^{-1}} \Rightarrow \mathbf{K_B = \frac{1}{R_B} = 2{,}8 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}}$

Vitrage C : $R_C = r_i + 3 \,.\, r_v + 2 \,.\, r_a + r_e \Rightarrow \mathbf{R_C = 0{,}540 \text{ m}^2\text{.K.W}^{-1}} \Rightarrow \mathbf{R_C = \frac{1}{R_C} = 1{,}85 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}}$

3. Calcul de la température de surface intérieure pour chaque type de vitrage.

Vitrage A : $\varphi_A = K_A\,(\theta_i - \theta_e) = 5{,}8 \,.\, 25 \Rightarrow \mathbf{\varphi_A = 144 \text{ W.m}^{-2}}$

Vitrage B : $\varphi_B = K_B\,(\theta_i - \theta_e) = 2{,}8 \,.\, 25 \;\Rightarrow\;$ **$\varphi_B = 70$ W.m^{-2}**

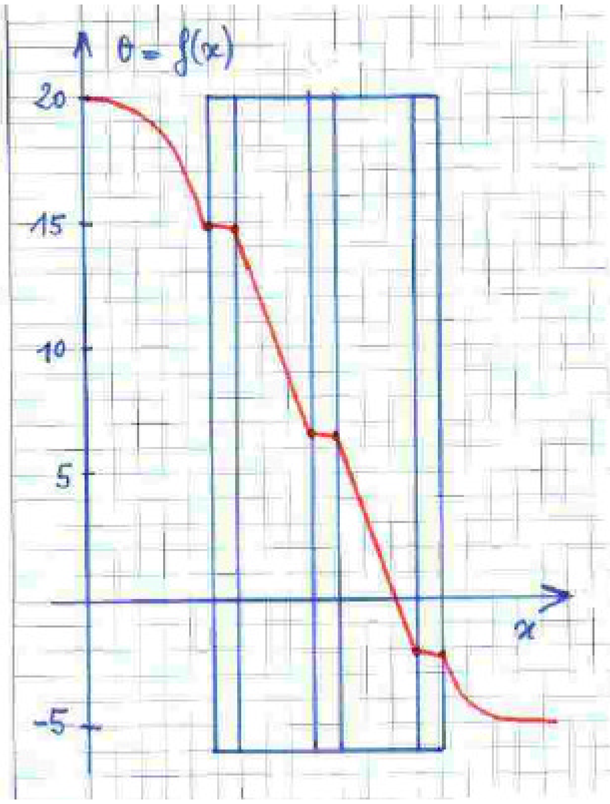
Vitrage C : $\varphi_C = K_C\,(\theta_i - \theta_e) = 1{,}85 \,.\, 25 \;\Rightarrow\;$ **$\varphi_C = 46{,}3$ W.m^{-2}**

Vitrage A : $\varphi_A =$ constante $= \dfrac{1}{r_i} \,.\, (\theta_i - \theta_{siA}) \;\Rightarrow\; \varphi_A \,.\, r_i = \theta_i - \theta_{siA}$

Donc : $\theta_{siA} = \theta_i - \varphi_A \,.\, r_i \;\Rightarrow\;$ **$\theta_{siA} = 4{,}6$ °C (problème de condensation : buée sur les vitres)**

Vitrage B : même calcul : $\theta_{siB} = \theta_i - \varphi_B \,.\, r_i \;\Rightarrow\;$ **$\theta_{siB} = 12{,}3$ °C**

Vitrage C : même calcul $\theta_{siC} = \theta_i - \varphi_C \,.\, r_i \;\Rightarrow\;$ **$\theta_{siC} = 14{,}9$ °C**



4. Diagramme des températures pour le vitrage C : Les températures se calculent sur le même principe que précédemment : φ = constante = φ_C

On prend la « tranche » de température qui nous intéresse et la résistance correspondante.

On obtient alors :

$\theta_1 = \theta_{si} - \varphi_C \,.\, r_v = 14{,}9 - 46{,}3 \,.\, 3{,}5 \,.\, 10^{-3}$

$\Rightarrow$ **$\theta_1 = 14{,}7$ °C**

$\theta_2 = \theta_1 - \varphi_C \,.\, r_a = 18{,}2 - 46{,}3 \,.\, 0{,}18$

$\Rightarrow$ **$\theta_2 = 6{,}4$ °C**

$\theta_3 = \theta_2 - \varphi_C \,.\, r_v = -2{,}1 - 46{,}3 \,.\, 3{,}5 \,.\, 10^{-3}$

$\Rightarrow$ **$\theta_{se} = 6{,}2$ °C**

$\theta_4 = \theta_3 - \varphi_C \,.\, r_a = 18{,}4 - 46{,}3 \,.\, 0{,}18$

$\Rightarrow$ **$\theta_1 = -2{,}1$ °C**

$\theta_{se} = \theta_4 - \varphi_C \,.\, r_v = -2{,}1 - 46{,}3 \,.\, 3{,}5 \,.\, 10^{-3}$

$\Rightarrow$ **$\theta_{se} = -2{,}3$ °C**

Vérification : $\theta_e = \theta_{se} - \varphi_C \,.\, r_e = -4{,}2 - 46{,}3 \,.\, 0{,}06$

$\Rightarrow$ **$\theta_e = -5$ °C**

Exercice 4 : Maintien hors gel d'un pont.

1.) Partie inférieure : sous le pont, les conditions sont les mêmes :

donc **$hi_I = hi_{II}$**

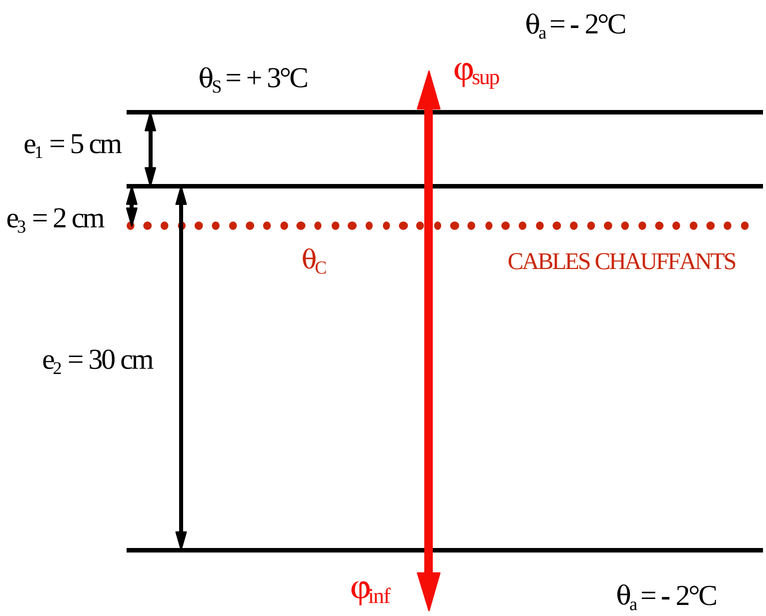
Partie supérieure : en cas de neige, l'échange de surface sera très grand puisque la neige prend de la chaleur à la surface pour fondre.

Donc **$hs_I >> hs_{II}$**

2.) Résistances thermiques :

$$\mathbf{Ri} = \frac{e_2 - e_3}{\lambda_1} + \frac{1}{hi}$$

$$\mathbf{Rs} = \frac{e_3}{\lambda_1} + \frac{e_1}{\lambda_2} + \frac{1}{hs}$$



3.) Densité de flux :

Partie supérieure : **$\varphi_S = h_S\ (\theta_S - \theta_a)$**

Partie inférieure : on ne peut pas faire le calcul directement : on ne connaît qu'une seule température :

Mais on peut écrire :

$$\begin{cases} \varphi_i = \dfrac{1}{R_i} \cdot (\theta_C - \theta_a) \\ \varphi_S = \dfrac{1}{R_S} \cdot (\theta_C - \theta_a) \end{cases} \Rightarrow \text{ même écart de température : } \varphi_S \cdot R_S = \varphi_i \cdot R_i \Rightarrow \boldsymbol{\varphi_i = \varphi_S \cdot \dfrac{R_S}{R_i}}$$

4.) $\varphi_S = \dfrac{1}{R_S} . (\theta_C - \theta_a) \Rightarrow$ **$\theta_C = \theta_a - \varphi_S \cdot Rs$**

5.) $\varphi_{tot} = \varphi_S + \varphi_i$

6.) $Pél = \varphi_{tot} \cdot S = \varphi_{tot} \cdot 2 \cdot L \cdot l$

RESUME :

situation climatique ⟶ Grandeurs	**CAS I**	**CAS II**
hi en $W.m^{-2}.K^{-1}$	**7**	**7**
hs en $W.m^{-2}.K^{-1}$	**116**	**17**
Ri en $m^2.K.W^{-1}$	**0,343**	**0,343**
Rs en $m^2.K.W^{-1}$	**0,109**	**0,159**
φ_S en $W.m^{-2}$	**580**	**85**
φi en $W.m^{-2}$	**184**	**39,4**
θ_C en °C	**61,2**	**11,5**
φ_{tot} en $W.m^{-2}$	**764**	**124**
P_{elec} en W	**$1100 . 10^3$**	**$179 . 10^3$**

Exercice 5 :

1.) Pertes par renouvellemnet d'air : $Q_{ren} = m . c . \Delta\theta = \rho . V . c . \Delta\theta = \rho . S . h . c . \Delta\theta$

$Q_{ren} = 1{,}29 . 65{,}1 . 2{,}50 . 1000 . 24 \Rightarrow$ **$Q_{ren} = 5{,}04 . 10^6$ J**

Puissance : $P_{ren} = \dfrac{Q_{ren}}{t} = \dfrac{5{,}04 . 10^6}{3600} \Rightarrow$ **$P_{ren} = 700$ W**

2.) Pertes par transmission : $\varphi = \dfrac{\Phi}{S} \Rightarrow \Phi = \varphi . S$ avec $\varphi = K . \Delta\theta$

Donc : $\Phi = K . S . \Delta\theta \Rightarrow \Phi trans = \Phi mur + \Phi ouv = K . S . \Delta\theta = K . S . \Delta\theta$

$\Phi trans = (Km . Sm + Ko . So) . \Delta\theta \Rightarrow$ **$\Phi trans = 1690$ W**

3.) $Ptot = P_{ren} + \Phi trans \Rightarrow$ **Ptot = 2390 W**

4.) Energie consommée : $E = Ptot . t = 2{,}390 . 24 \Rightarrow$ **E = 74,2 kWh**

Coût : $C = 74{,}2 . 0{,}1 \Rightarrow$ **C = 7,42 euros**