Devoir surveillé – Diffusion Thermique

PREMIÈRE PARTIE : CONDUCTION THERMIQUE

Flux et transfert thermiques

1. Donner la définition du flux élémentaire thermique $d\phi_{\mathsf{th}}$ au travers un élément de surface $d\vec{S}$ en fonction du vecteur densité flux thermique $\overrightarrow{j_{\mathsf{th}}}$, ainsi que sa dimension $[d\phi_{\mathsf{th}}]$.

2. Donner la définition du flux thermique ϕ_{th} à travers une surface $\mathcal{S}$, en fonction du vecteur densité de courant thermique $\overrightarrow{j_{\mathsf{th}}}$, ainsi que sa dimension $[\phi_{\mathsf{th}}]$.

3. Donner la dimension du vecteur densité de courant thermique $\overrightarrow{j_{\mathsf{th}}}$.

4. Donner l'expression de la quantité de chaleur $\boldsymbol{\delta} Q := \delta^2 Q$ traversant un élément de surface $d\vec{S}$ entre l'instant t et $t + dt$.

5. On considère le système thermodynamique Σ constitué par un volume $\mathcal{V}$, délimité par une surface fermée $\mathcal{S}$. Exprimer la quantité de chaleur δQ reçue par le système Σ. En déduire le flux thermique ϕ_{th}.

Bilan thermique

6. Donner la définition de la capacité massique c_m d'une phase condensée.

7. Faire un bilan d'energie interne sur un volume élémentaire $d\tau$. En déduire la Loi de conservation associée.

8. Faire un bilan d'energie interne sur le système thermodynamique Σ. En déduire une Loi de conservation sous forme intégrale.

Équation de la diffusion thermique

9. Énoncer la Loi de Fourier. Donner l'unité $[\lambda]$ du coefficient de conductivité thermique λ.

10. À partir des Questions **8.** et **9.**, démontrer l'Équation de Diffusion.

11. Donner l'expression du coefficient de diffusion thermique D_{th}, en fonction de la masse volumique ρ, de la capacité massique c_m et de la conductivité thermique λ. Précisez son unité $[D_{\mathsf{th}}]$

SECONDE PARTIE : RÉSISTANCES THERMIQUES, SYMÉTRIE CYNLINDRIQUE

Géométrie cylindrique en régime stationnaire – On considère un conducteur cylindrique de rayon intérieur r_1 et de rayon extérieur r_2, de hauteur h. La partie intérieure est maintenue à la température T_1 et la température extérieure à T_2. On se place en régime stationnaire. On note λ la conductivité thermique et ϕ_{th} le flux thermique.

1. Donner l'expression de la température $T(r)$ dans le conduteur cylindrique.

2. Calculer le flux thermique ϕ_{th}.

3. En déduire la résistance thermique $R_{\mathsf{th}}^{\mathsf{cond}}$ entre les deux isothermes T_1 et T_2.

[1]Dimitri Vey, EISTI – Ecole Internationale des Sciences et Techniques de l'Information

TROISIÈME PARTIE : RÉSISTANCES THERMIQUES, FLUX CONDUCTO-CONVECTIF

Résistance et Conductance – On considère un régime permanent entre deux surfaces planes isothermes T_1 et T_2.

1. Donner l'expression de la résistance thermique (de conduction) $R_{\mathsf{th}}^{\mathsf{cond}}$ entre deux surfaces isothermes T_1 et T_2. En déduire l'expression de la conductance thermique (de conduction) $G_{\mathsf{th}}^{\mathsf{cond}}$.

2. Donner les unités $[R_{\mathsf{th}}]$ et $[G_{\mathsf{th}}]$.

La Loi de Newton – On considère une interface solide–liquide constituée par une paroi plane de surface $\mathcal{S}$, de température $T_\circ$. La température du fluide en convection est notée T_∞.

3. Énoncer la Loi de Newton.

4. En déduire la densité de flux de chaleur par convection j_{conv}.

5. Donner l'expression de la résistance thermique (de convection) $R_{\mathsf{th}}^{\mathsf{conv}}$ entre deux surfaces isothermes T_1 et T_2. En déduire l'expression de la conductance thermique (de convection) $G_{\mathsf{th}}^{\mathsf{conv}}$.

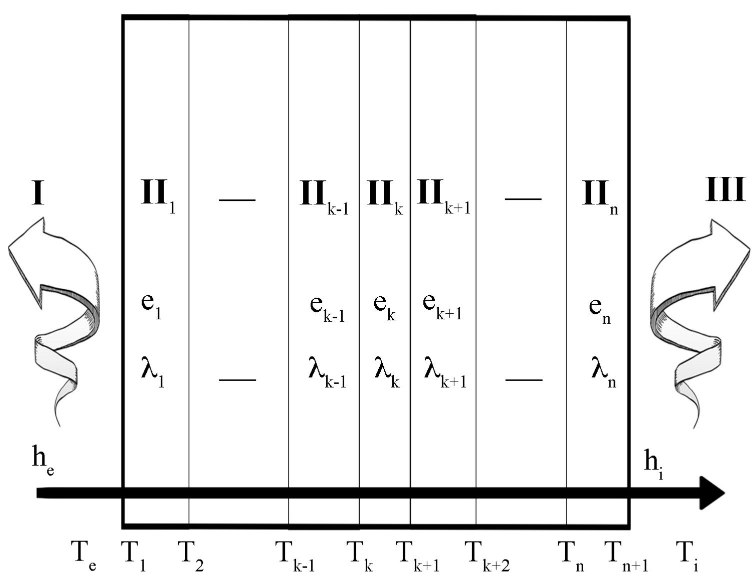

Figure 1: Le système thermique est donné par la réunion des zones **I** (extérieur), **II** (mur composite) et **III** (intérieur). Le mur composite est constitué de couches succésives $\{\mathbf{II}_k\}_{1\leq k\leq n}$, d'épaisseurs $\{e_k\}_{1\leq k\leq n}$ et de conductivités thermiques $\{\lambda_k\}_{1\leq k\leq n}$.

Mur composite et flux conducto-convectif – On considère un mur composite constitué de n couches $\{\mathcal{C}_k\}_{1\leq k\leq n}$ successives de caractéristiques (e_k, λ_k), où e_k est l'épaisseur et λ_k la conductivité thermique de la couche $\mathcal{C}_k$. La surface transverse des n couches est notée $\mathcal{S}$. Soient T_{e} la température externe et T_{i} la température interne. Nous supposons que les interfaces sont parallèles et isothermes, aux températures T_1 et T_{n+1} étant identifiées avec les températures de la paroi externe et interne, respectivement.

On note $\{T_k\}_{1\leq k\leq n}$ les températures des parois successives et que la diffusion thermique est unidimensionnelle, h_e le coefficient de transfert de convection à la paroie externe, h_i celui à la paroi interne. Soient ϕ_{th} et j_{th} le flux et le flux surfacique d'energie thermique entrant.

6. Exprimer les résistances thermiques $R_{(\mathbf{I})}$, $R_{(\mathbf{II})}$ et $R_{(\mathbf{III})}$ pour les zones $\mathbf{I}$ – $\mathbf{III}$.

7. En déduire la résistance thermique totale R_{th} et la conductance thermique totale G_{th} de l'ensemble du système thermique.

8. Exprimer le flux thermique ϕ_{th} en fonction de T_e, T_i, $\mathcal{S}$, h_i, h_e, $\{(e_k, \lambda_k)\}_{1\leq k\leq n}$.

9. En déduire la densité de flux thermique j_{th} en fonction de T_e, T_i, h_i, h_e, $\{(e_k, \lambda_k)\}_{1\leq k\leq n}$.