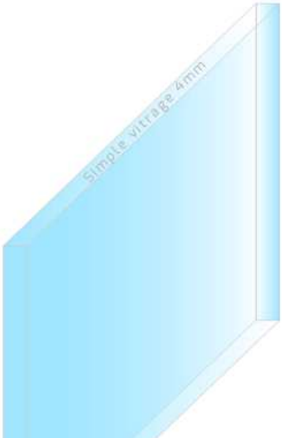
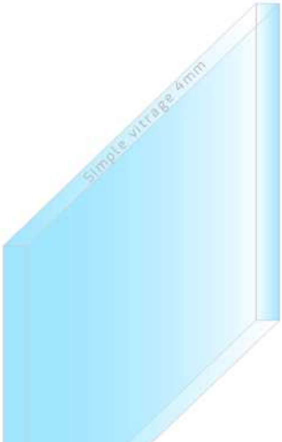
Conduction - Convection - Rayonnement



Conduction

Transfert d'énergie dans un milieu macroscopiquement au repos

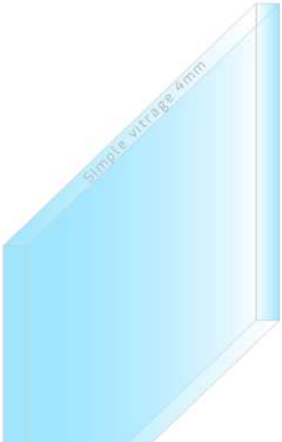
Conduction - Convection - Rayonnement



Convection

Transfert d'énergie dans par mouvement macroscopiquement d'un fluide

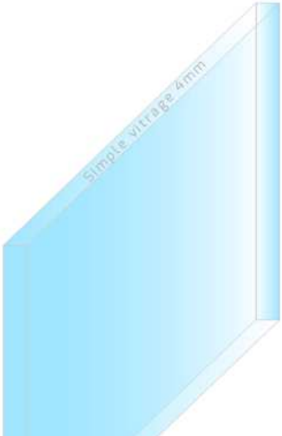
Conduction - Convection - Rayonnement

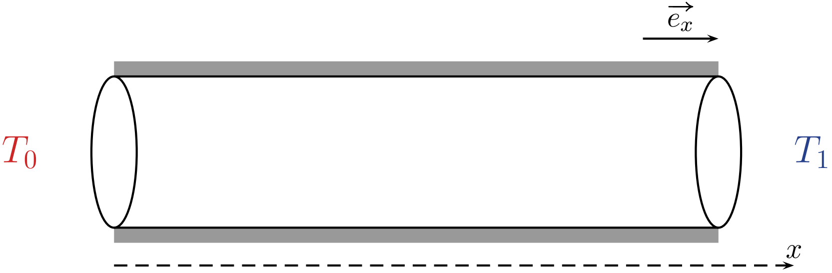


Rayonnement

Transfert d'énergie par propagation d'une onde électromagnétique

Conduction - Convection - Rayonnement





Les différents transferts thermiques

Modélisation de la conduction thermique

Système étudié

Flux thermique

Vecteur densité de courant thermique

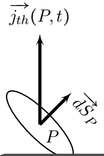
Loi de Fourier

Équation de la diffusion

Cas des régimes stationnaires

Pour un transfert thermique à travers une surface Σ et pendant une durée élémentaire dt, le flux thermique est tel que

$$\delta Q = \Phi(t).dt$$



Flux thermique

Le flux thermique à travers une surface

Σ **s'écrit**

$$\Phi(t) = \iint_{P \in \Sigma} \overrightarrow{j_{th}}(P,t).\overrightarrow{dS}_P$$

La densité de courant thermique $\overrightarrow{j_{th}}$ est donnée par la loi de Fourier

$$\overrightarrow{j_{th}}(P,t) = -\lambda.\overrightarrow{grad}T(P,t)$$

λ la *conductivité thermique*,en $W.m^{-1}.K^{-1}$

Les différents transferts thermiques

Modélisation de la conduction thermique

Système étudié

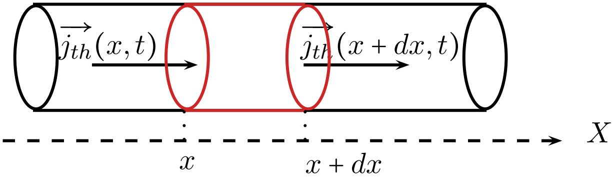
Flux thermique

Vecteur densité de courant thermique

Loi de Fourier

Équation de la diffusion

Cas des régimes stationnaires



Système étudié

Transferts

- Énergie apportée au système en x
- Énergie perdue par système en $x+dx$
- Énergie perdue par le système latéralement

Évolution de l'énergie pour le système

- Énergie interne à l'instant t
- Énergie interne à l'instant $t+dt$

Bilan énergétique

Thermodynamique

Eric Ouvrard

Les différents transferts thermiques

Modélisation de la conduction thermique

Équation de la diffusion

Bilan local d'énergie sans source interne

Bilan local d'énergie avec source interne

Équation de la diffusion

Cas des régimes stationnaires

$$\mu.c.\left(T(x,t+dt)-T(x,t)\right).dx+\left(j(x+dx,t)-j(x,t)\right).dt=0$$

Simplification d'écriture - Développements limités

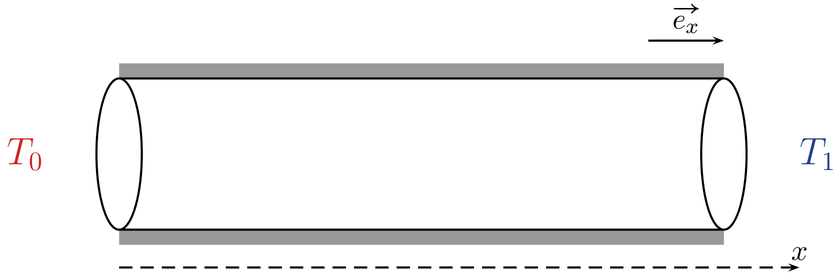
- $T(x,t+dt) \simeq T(x,t) + \dfrac{\partial T}{\partial \ldots}.d\ldots$
- $j(x+dx) \simeq j(x,t) + \dfrac{\partial j}{\partial \ldots}.d\ldots$

Ce qui amène à l'équation suivante

Bilan local d'énergie

Pour une diffusion unidimensionnelle en géométrie cartésienne, en l'absence de sources internes

✍ $$\mu.c.\frac{\partial T}{\partial t}+\frac{\partial j}{\partial x}=0$$



Source interne

Le milieu produit une énergie thermique caractérisée par
p_v : la puissance thermique crée par unité de volume en $W.m^{-2}$

On reprend l'étude en l'absence de source interne en modifiant le bilan des transferts

- Énergie apportée au système en x : $\delta Q_e = j(x,t).S.dt$
- Énergie perdue par système en $x + dx$: $\delta Q_s = j(x + dx, t).S.dt$
- Énergie perdue par le système latéralement : nul en présence de l'isolant

Pour obtenir une équation différentielle vérifiée par $T(x,t)$, on dispose désormais

- du bilan local d'énergie
- de la loi de Fourier
- Selon la loi de Fourier, $j(x,t) = -\lambda.\dfrac{\partial T}{\partial x}$
- Donc $\dfrac{\partial j}{\partial x} = \dfrac{\partial}{\partial x}\left(-\lambda.\dfrac{\partial T}{\partial x}\right) = -\lambda.\dfrac{\partial^2 T}{\partial x^2}$

Équation de la diffusion

Dans le cas unidimensionnel à géométrie cartésienne

$$✍ \qquad \mu.c.\frac{\partial T}{\partial t} - \lambda.\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = p_v$$

On généralise cette équation pour une diffusion quelconque

$$\frac{\partial T}{\partial t} - D.\Delta T = \frac{1}{\mu.c}p_v \;\; \texttt{avec} \;\; D = \frac{\lambda}{\mu.c}$$

Les différents transferts thermiques

Modélisation de la conduction thermique

Équation de la diffusion

Bilan local d'énergie sans source interne

Bilan local d'énergie avec source interne

Équation de la diffusion

Cas des régimes stationnaires

En régime stationnaire, $U(\Sigma, t + dt) = U(\Sigma, t)$

Conservation du flux

Il y a conservation du flux pour un système étudié en régime stationnaire

On considère le système étudié sans source interne, en régime stationnaire

Électrique	Thermique
	
Potensiel V	
Courant I	
Conductivité électrique σ	
Résistance électrique $R_e = \dfrac{L}{\sigma.S}$	

Les différents transferts thermiques

Modélisation de la conduction thermique

Équation de la diffusion

Cas des régimes stationnaires

Bilan global d'énergie

Résistance thermique