



# CONDUCTION

# Conduction

- **Conduction**: transfert d'énergie des particules les plus énergétiques d'une substance aux particules adjacentes moins énergétiques, comme conséquence de leurs interactions
  - Collisions entre molécules ou diffusion de celles-ci (gazes et liquides)
  - Vibration des atomes au sein du réseau (solides)
  - Translation d'électrons libres (solides conducteurs)
- **Loi de Fourier**:  $\vec{q} = -k\vec{\nabla}T$
- **$k$  (ou  $\lambda$ )**: **Conductivité thermique du matériau** (W/m/K)
- Flux échangé à travers une surface:

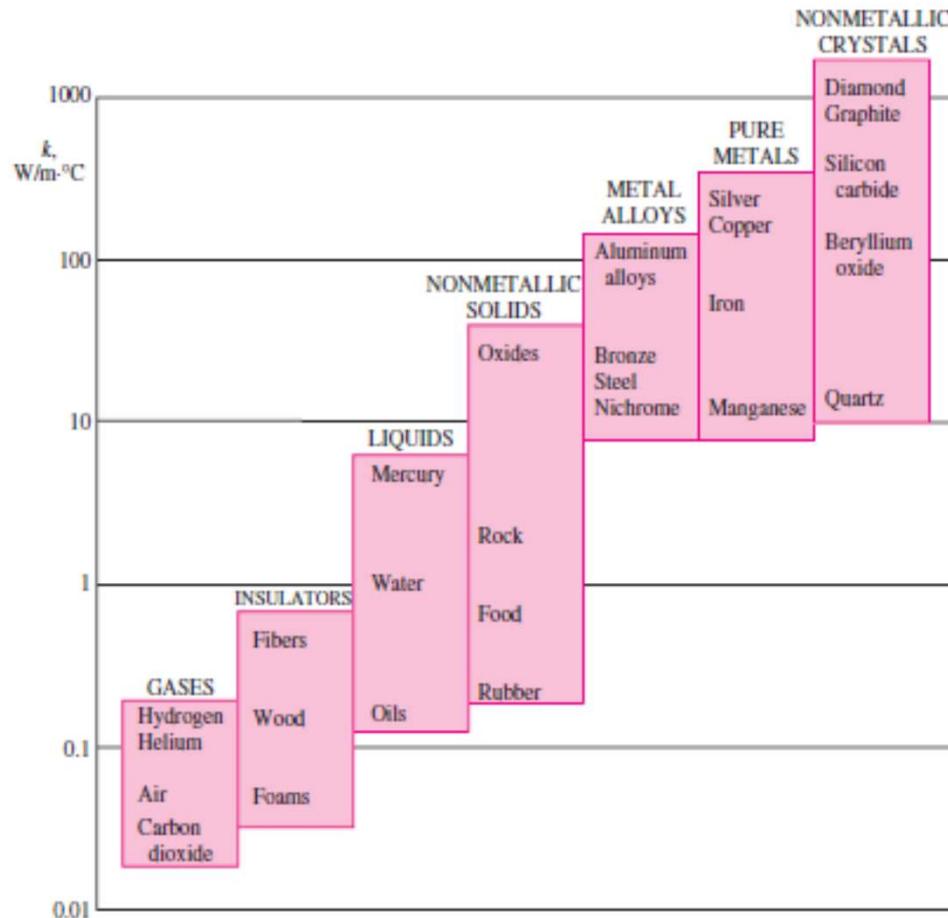
$$\dot{Q} = \iint_S \vec{q} \cdot \vec{n} dS = \iint_S (-k\vec{\nabla}T) \cdot \vec{n} dS$$

$$\dot{Q} = \iint_S -k \frac{\partial T}{\partial n} dS$$

$$\dot{Q} = -kA |\vec{\nabla}T|$$



# Conductivité thermique



The thermal conductivities of some materials at room temperature

Material	k, W/m · °C*
Diamond	2300
Silver	429
Copper	401
Gold	317
Aluminum	237
Iron	80.2
Mercury (l)	8.54
Glass	0.78
Brick	0.72
Water (l)	0.613
Human skin	0.37
Wood (oak)	0.17
Helium (g)	0.152
Soft rubber	0.13
Glass fiber	0.043
Air (g)	0.026
Urethane, rigid foam	0.026

# Equation indéfinie de la chaleur

- Hypothèse: milieu homogène en absence de mouvement (pas de convection)
- Bilan d'énergie: (E)-(S)+(P)=(A)

$$-\iint_S \vec{q} \vec{n}_{ext} dS + \iiint_V P dV = \iiint_V \rho \frac{\partial \hat{U}}{\partial t} dV$$

$$-\iiint_V (\vec{\nabla} \vec{q}) dV + \iiint_V P dV = \iiint_V \hat{c}_V \rho \frac{\partial T}{\partial t} dV$$

$$-\vec{\nabla} \vec{q} + P = \hat{c}_V \rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$\nabla(k \vec{\nabla} T) + P = \hat{c}_P \rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

Production de chaleur:

- Conversion d'énergie mécanique, chimique, électrique ou nucléaire en chaleur
- Rayonnement

Entrée nette de chaleur  
par conduction

Accumulation  
d'énergie interne

# Diffusivité thermique

$$k\Delta T + P = \hat{c}_p \rho \frac{\partial T}{\partial t}, \quad k \text{ constante}$$

$$\Delta T + \frac{P}{k} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t}$$

**Diffusivité thermique,  $\alpha$  (m<sup>2</sup>/s)**

$$\alpha = \frac{k}{\rho \hat{c}_p} = \frac{\text{Conduction de chaleur}}{\text{Stockage de chaleur}}$$

# Conditions initiales et conditions limites

- Condition initiale:  
 $T(x, y, z, 0) = f(x, y, z)$   
(non nécessaire si l'on considère un problème en régime permanent)
- Conditions limites:  
Température imposée:  $T|_S = T_i$   
Densité de flux imposé:  $\vec{q}|_S = \vec{q}_i$   
Flux par convection:  $\vec{q}|_S \cdot \vec{n}_{ext} = h(T_i - T_\infty)$   
Flux par rayonnement:  $\vec{q}|_S \cdot \vec{n}_{ext} = \epsilon\sigma(T_i^4 - T_\infty^4)$   
(possible d'avoir une combinaison des deux)  
Symétrie:  
Coordonnées cartésiennes:  $\left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_S = 0$   
Coordonnées cylindriques ou sphériques:  $\left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_S = 0$