Thermodynamique

Modèle du gaz parfait

Entités **ponctuelles**, **sans interaction** entre elles : valable à **faible pression**.

$$P\,V = n\,R\,T$$

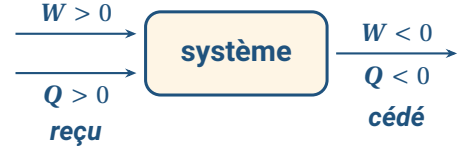
- P pression (Pa)
- V volume (m^3)
- n quantité de matière (mol)
- T température (K) : $T = \theta\,(°C) + 273{,}15$
- R constante du gaz parfait ($J{\cdot}mol^{-1}{\cdot}K^{-1}$)

Premier principe de la thermodynamique

Système **fermé**, au repos à l'échelle macroscopique. **Énergie interne U** : somme des énergies cinétiques et potentielles **microscopiques** des entités.

$$\Delta U = W + Q$$

W : travail (J)
Q : transfert thermique (J)



Système **incompressible** (solide, liquide) dont la température varie de ΔT :

$$\Delta U = C\,\Delta T = m\,c\,\Delta T$$

C : capacité thermique ($J{\cdot}K^{-1}$)
c : capacité massique ($J{\cdot}kg^{-1}{\cdot}K^{-1}$)

Les trois modes de transfert thermique

Le transfert va toujours du corps **chaud** vers le corps **froid**.

conduction de proche en proche, **sans déplacement de matière**

convection porté par le **déplacement d'un fluide** (liquide ou gaz)

rayonnement par **ondes électromagnétiques**, même **dans le vide**

Loi de Newton : échange avec un fluide

Flux **reçu** par un système à la température T, de surface S, placé dans un fluide à T_{ext} constante :

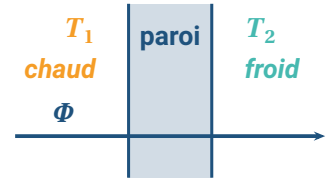
$$\Phi = h\,S\,(T_{ext} - T)$$

h : coefficient d'échange ($W{\cdot}m^{-2}{\cdot}K^{-1}$)

Flux thermique et résistance thermique

Le **flux thermique Φ** est une puissance (W). À travers une paroi de **résistance thermique R_{th}** ($K \cdot W^{-1}$), il va du chaud vers le froid.

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} \qquad \Phi = \frac{T_1 - T_2}{R_{th}}$$



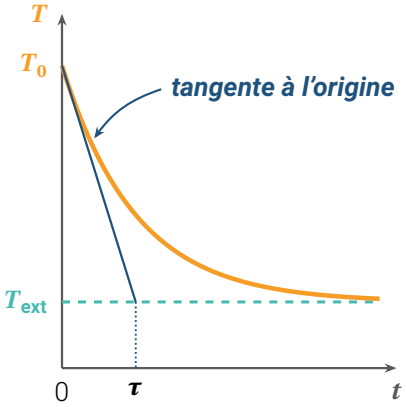
Plus R_{th} est **grande**, plus le flux est **faible** : la paroi isole mieux. Des parois **accolées** : les R_{th} s'ajoutent.

Température constante : flux **reçu** = flux **cédé**.

Bilan thermique et équation différentielle

1. Définir le **système** ; premier principe avec $W = 0$: $\Delta U = Q$.
2. Entre t et $t + \Delta t$: $\Delta U = C\,\Delta T$ et $Q = \Phi\,\Delta t = h\,S\,(T_{ext} - T)\,\Delta t$.
3. Diviser par Δt, puis faire tendre Δt vers 0.

$$\frac{dT}{dt} + \frac{T}{\tau} = \frac{T_{ext}}{\tau} \qquad \tau = \frac{C}{h\,S} = \frac{m\,c}{h\,S}$$



Solution, avec $T(0) = T_0$:

$$T(t) = T_{ext} + (T_0 - T_{ext})\,e^{-t/\tau}$$

Temps caractéristique τ (s) : la **tangente à l'origine** coupe l'asymptote T_{ext} à $t = \tau$. Équilibre thermique atteint vers $5\,\tau$.