THERMODYNAMIQUE- COURS

Modèle du gaz parfait :

Système thermodynamique : Un ensemble d'entités caractérisé par des grandeurs macroscopiques.

Grandeurs caractéristiques :

Aspect macroscopique	Aspect microscopique
Masse volumique $\rho = \frac{m}{V}$	Degré de proximité des entités
Température T (en °C) mesurée avec un thermomètre	Degré d'agitation des particules du fluide
Pression P (en Pa) mesurée par un manomètre	Degré de chocs des entités

Modèle du gaz parfait :Sytème idéal formé d'entités dispersées et désordonnées vérifiant deux hypothèses :

1) Les entités n'ont pas d'interaction entre elles
2) Le volume des entités est négligeable devant le volume de l'enceinte qui les contient.

Equation d'état du gaz parfait : Lien entre les différentes variables d'état à l'équilibre.

$\boldsymbol{PV = nRT}$ (P en Pa, V en m3, n en mol, R = 8,314 SI et T en K)

Bilan énergétique :

Energie interne U : Somme de toutes les énergies microscopiques au sein d'un système.

Pour un système incompressible (solide ou liquide) :

$\boldsymbol{\Delta U = C \times \Delta T}$

C : capacité thermique (en $J.K^{-1}$)
ΔU : variation d'énergie interne (en J)
$\Delta T = T_{finale} - T_{initiale}$: variation de température (en K)

Si $\Delta U < 0$, il y a transfert vers l'extérieur et si $\Delta U > 0$, il y a transfert vers l'intérieur du système.

On peut également nous donner une capacité thermique massique dans ce cas :

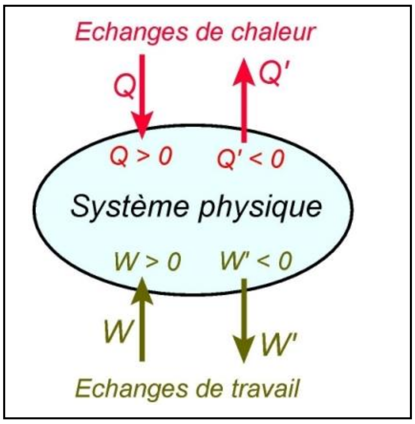
$\boldsymbol{\Delta U = m \times c \times \Delta T}$

c : capacité thermique massique (en $J.kg^{-1}.K^{-1}$)
ΔU : variation d'énergie interne (en J)
ΔT : variation de température (en K)
m : masse du système (en kg)

Premier principe de la thermodynamique :

$\boldsymbol{\Delta U = Q + W}$

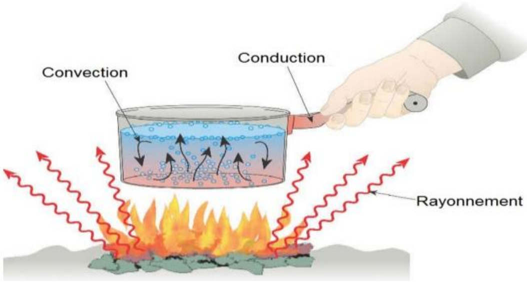
ΔU : variation d'énergie interne (origine microscopique) (en J)
Q : transfert thermique (chaleur) (en J)
W : Travail échangé avec l'extérieur (en J)
Avec pour un gaz sur un piston W = PSΔd (P : pression du gaz constante (en Pa) ; S : aire du piston (en m²) et Δd : déplacement du piston (en m)



Transferts thermiques : transfert du système le plus chaud vers le plus froid.

Il existe trois modes de transferts :

- **Conduction :** transfert de contact (solide)
- **Convection :** déplacement de matière au sein d'un fluide (liquide ou gaz)
- **Rayonnement :** sources électromagnétiques



Flux thermique Φ : C'est la vitesse du transfert thermique Q pendant une durée Δt (c'est donc une puissance)

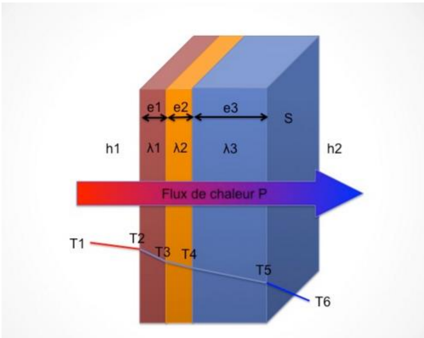
$\boldsymbol{\Phi = \frac{Q}{\Delta t}}$

Φ : flux thermique (en W)
Q : transfert thermique (en J)
Δt : durée du transfert (en s)

Transfert par conduction :
Dans le cas d'un transfert thermique uniquement dû à la conduction (parois planes), on a :

$\boldsymbol{\Phi = \frac{\lambda \times S}{e} \times \Delta T}$

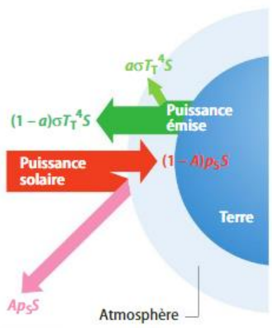
Φ : flux thermique (en W)
λ : conductivité thermique (en $W.m^{-1}.K^{-1}$) spécifique au matériau isolant
S : Surface d'échange du transfert thermique (en m²)
e : épaisseur de la paroi (en m)



Résistance thermique R_{th} :$\boldsymbol{R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}}$on a donc $\boldsymbol{\Delta T = R_{th} \times \Phi}$
Dans le cas où plusieurs matériaux sont utilisés comme isolant, les résistances thermiques s'ajoutent.

Transfert par rayonnement :
Loi de Stephan Bolztmann :$\boldsymbol{P = \sigma \times S \times T^4}$ c'est le calcul de la puissance rayonnée par un corps noir
P : la puissance rayonnée (en W)σ : Constante de Stefan = $5{,}67 \times 10^{-8} W.m^{-1}.K^{-1}$S : Surface du corps (en m²)
T : Température (en K)
Application à l'effet de serre : Le système Terre/atmosphère est assimilé à une boule d'aire **S**. Une partie de la puissance solaire reçue par le système est absorbé, une fraction de **1-A** (avec A l'albédo du système, nombre compris entre 0 et 1, plus le système est blanc, plus il se rapproche de 1). La terre émet également un rayonnement dont une fraction seulement est dissipée en dehors de l'atmosphère (fraction **1 –a**). A l'équilibre on obtient donc en utilisant la loi de Stephan :

$\boldsymbol{(1-A)p_S S = (1-a)\sigma {T_T}^4 S}$ avec T_T : température de la Terre en K ; pS : puissance thermique moyenne par unité de surface.



Transfert par conduction/convection :
On considère un système solide de température T plongé dans un fluide à une température T_h (thermostat soit un fluide à température constante). La puissance perdue ou gagné par ce solide est donnée par la loi de Newton.

Loi de Newton : $\boldsymbol{P_{th,cc} = hS(T_{th} - T)}$ avec h coefficient de transfert conducto-convectif exprimé en $W.K^{-1}.m^{-2}$

Evolution cinétique de la température :
Entre deux instant t et t+Δt l'énergie interne du système solide vaut : $\Delta U = C(T(t + \Delta t) - T(t))$

D'après le premier principe, il n'y a pas de travail donc $\Delta U = Q$ soit $C\big(T(t + \Delta t) - T(t)\big) = Q$

Si on divise par Δt, on obtient : $\frac{C(T(t+\Delta t)-T(t))}{\Delta t} = \frac{Q}{\Delta t}$

Or, $\frac{Q}{\Delta t} = P_{th,cc} = hS(T_{th} - T)$ donc on obtient : $\frac{C(T(t+\Delta t)-T(t))}{\Delta t} = hS(T_{th} - T)$

Lorsque Δt tend vers 0, on obtient l'équation différentielle : $\boldsymbol{C\frac{dT}{dt} = hS(T_{th} - T)}$

La solution est de la forme : $\boldsymbol{T(t) = T_{th} + (T_0 - T_{th})e^{-\frac{t}{\tau}}}$ avec T_0 température initiale du solide et $\boldsymbol{\tau = \frac{C}{hS}}$