Le premier principe de la thermodynamique

P1 – Chapitre 2

I. Systèmes thermodynamiques

1. Définition

- **Système élémentaire :** molécules de même composition, homogène et de même phase.
- **Système composite :** Réunion de plusieurs systèmes élémentaires.

2. Grandeurs extensives et intensives

- **Grandeurs intensives :** indépendant de la qté de matière (T, P)
- **Grandeurs extensives (G) :** dépendant de la qté de matière (n, V)

n, V, T, P	n, V, T, P
2n, 2V, T, P	

$G(t_2) - G(t_1) = \underbrace{G^r_{1\to2}}_{\text{reçu}} + \underbrace{G^p_{1\to2}}_{\text{produit}}$ donc $\boxed{dG = \delta G^r + \delta G^p}$

$\underline{G^p_{1\to2} = 0 \Leftrightarrow G \text{ est conservatrice}}$

3. Equilibre d'un système thermodynamique

$$\boxed{\text{Système élementaire à l'équilibre} \Leftrightarrow \forall\, G, \delta G^r = 0 \; et \; \delta G^p = 0}$$

Un système composite est à l'équilibre si tous ses systèmes élémentaires sont à l'équilibre.

4. Transformation d'un système

> **Transformation** : Ensemble des évènements qui se produisent dans le système entre deux états d'équilibre consécutifs.

5. Les divers systèmes

- **Système isolé :** Pas d'échange de grandeur extensive avec l'extérieur. $\forall\, G, \delta G^r = 0$
- **Système fermé :** Pas d'échange de masse avec l'extérieur. $\delta m^r = 0$
- **Système ouvert :** Echange de masse avec l'extérieur. $\delta m^r \neq 0$

II. Les énergies d'un système

Energies	**Formules et précisions**	
Energies cinétiques	$E_c = E_{c_{micro}} + E_{c_{macro}}$	Vitesses
Energies potentielles	$E_p = E_{p_{micro}} + E_{p_{macro}}$	Van der Waals, poids
Autres énergies	Energie de masse / chimique / électrique	
Energie interne d'un système	$\boxed{U = E - E_{c_{macro}} - E_{p_{macro}}}$ $U_f - U_i = E_f - E_i$ au repos	

III. Le travail des forces extérieures

1. Pression

Forces	**Travaux**	**Travail reçu**
$\overrightarrow{f_{ext}} = (-mg - P_a S - f_{op})\overrightarrow{e_z}$	$\delta W_{ext} = \overrightarrow{f_{ext}} \cdot \overrightarrow{dr}$	$\boxed{\delta W = \delta W_{ext} + \delta W_{frott}}$
$\overrightarrow{f_{frott}}$	$\delta W_{frott} = \overrightarrow{f_{frott}} \cdot \overrightarrow{dr} \leq 0$	
$\overrightarrow{f_{\Sigma\to p}}$	$\delta W_{\Sigma\to p} = \overrightarrow{f_{\Sigma\to p}} \cdot \overrightarrow{dr} = -\delta W$	

$\boxed{\delta W_{ext} = P_{ext} \cdot dV_{ext}}$ Si $dV_{ext} = -dV$, $\delta W_{ext} = -P_{ext} \cdot dV$

2. Traction

$$\delta W_{tract} = \overrightarrow{f_{tract}} \cdot \overrightarrow{dl}$$

3. Electrique

$$\delta W_{ext} = \varphi \cdot dq = \varphi \cdot i \cdot dt$$

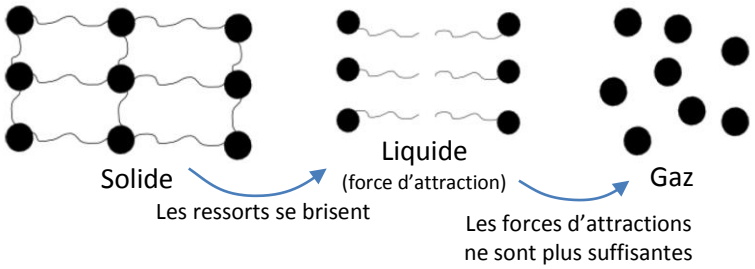
φ : tension aux bornes du générateur

IV. La chaleur

La **chaleur** (Q) est la quantité d'énergie échangée entre deux systèmes à l'échelle microscopique. (La chaleur n'est pas liée à la température)
Elle s'échange par **contact** ou **rayonnement** (IR).

L'agitation thermique :

Au zéro absolu, les particules sont immobiles. Plus on fournit d'énergie, plus les particules oscillent.



V. Le premier principe de la thermodynamique

Pour tout système fermé, il existe une grandeur extensive conservative appelée énergie du système dont la valeur E est une fonction des variables d'état.
($\Leftrightarrow E^p_{1\to 2} = 0$. On ne peut pas produire d'énergie.)

$$E(t_2) - E(t_1) = E^r_{1\to 2} = W_{1\to 2} + Q_{1\to 2} \quad \text{donc} \quad \boxed{dE = \delta E^r = \delta W + \delta Q}$$

VI. Les principaux types de transformation

$$\boxed{E_f - E_i = U_f - U_i = nC_{mv}(T_f - T_i)}$$

$$\boxed{E_f - E_i = W_{i\to f} + Q_{i\to f}}$$

$$\boxed{E_f - E_i = -\int_{V_i}^{V_f} (P_{ext} dV) + Q_{i\to f}}$$

Transformation	Définition	Conséquences	
Isotherme	$T = \text{Cte}$	$E_f - E_i = 0$	$W_{i\to f} = -Q_{i\to f}$
Isobare	$P = \text{Cte}$		
Adiabatique	$\delta Q = 0$	$Q_{i\to f} = 0$	$E_f - E_i = W_{i\to f}$
Isochore	$V = \text{Cte}$	$W_{i\to f} = 0$	$E_f - E_i = Q_{i\to f}$

VII. Travail des forces de frottement

$$E_f - E_i = \cancel{W^{op}_{i\to f}} + Q_{i\to f} = (U_f - U_i) + \underbrace{(E_{c_f} - E_{c_i})}_{= \cancel{W^{op}} + W^{frott}} + \underbrace{(E_{p_f} - E_{p_i})}_{= 0}$$

$$\boxed{U_f - U_i = Q_{i\to f} - \underbrace{W^{frott}_{i\to f}}_{<0}}$$

2 cas limites :

- Système adiabatique (isolé) : $Q_{i\to f} = 0$ $T \nearrow$
- Système isotherme : $U_f - U_i = 0$ $Q_{i\to f} < 0$ T cst