

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 | |

$$G(t_2) - G(t_1) = \underbrace{G_{1 \rightarrow 2}^r}_{\text{reçu}} + \underbrace{G_{1 \rightarrow 2}^p}_{\text{produit}} \quad \text{donc} \quad \boxed{dG = \delta G^r + \delta G^p}$$

$$\underline{G_{1 \rightarrow 2}^p = 0 \Leftrightarrow G \text{ est conservatrice}}$$

3. Equilibre d'un système thermodynamique

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

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

4. Transformation d'un système

Transformation : Ensemble des événements 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 | $\boxed{U = E - E_{c_{macro}} - E_{p_{macro}}}$ $U_f - U_i = E_f - E_i \quad \text{au repos}$ | |

III. Le travail des forces extérieures

1. Pression

| Forces | Travaux | Travail reçu |
|---|---|--|
| $\vec{f}_{ext} = (-mg - P_a S - f_{op})\vec{e}_z$ | $\delta W_{ext} = \vec{f}_{ext} \cdot \vec{dr}$ | $\boxed{\delta W = \delta W_{ext} + \delta W_{frott}}$ |
| \vec{f}_{frott} | $\delta W_{frott} = \vec{f}_{frott} \cdot \vec{dr} \leq 0$ | |
| $\vec{f}_{\Sigma \rightarrow p}$ | $\delta W_{\Sigma \rightarrow p} = \vec{f}_{\Sigma \rightarrow p} \cdot \vec{dr} = -\delta W$ | |

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

Le premier principe de la thermodynamique

P1 – Chapitre 2

2. Traction

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

3. Electrique

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

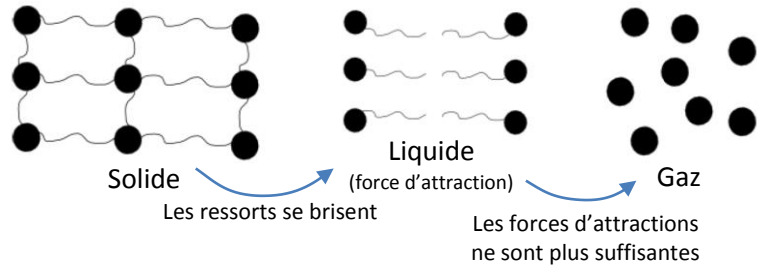
φ : tension aux bornes du générateur

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.
($\Leftrightarrow E_{1 \rightarrow 2}^p = 0$. On ne peut pas produire d'énergie.)

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

VI. Les principaux types de transformation

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

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

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

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

VII. Travail des forces de frottement

$$E_f - E_i = W_{i \rightarrow f}^{op} + Q_{i \rightarrow f} = (U_f - U_i) + \underbrace{(E_{cf} - E_{ci})}_{= W^{op} + W^{frott}} + \underbrace{(E_{pf} - E_{pi})}_{= 0}$$

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

- 2 cas limites :
- Système adiabatique (isolé) : $Q_{i \rightarrow f} = 0$ $T \nearrow$
 - Système isotherme : $U_f - U_i = 0$ $Q_{i \rightarrow f} < 0$ $T \text{ cst}$