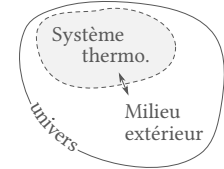


# Système thermodynamique

**Système**

- ouvert** échange matière et énergie avec le milieu extérieur
- fermé** pas d'échange de matière mais échange d'énergie
- isolé** pas d'échange de matière ni d'énergie



**Variables d'état**

Grandeurs qui caractérisent l'état d'un système thermo.

**Intensives**

- Température ( $T$ )
- Concentration ( $c$ )
- Pression ( $p$ )

**Extensives**

- Volume ( $V$ )
- Quantité de matière ( $n$ )
- Masse ( $m$ )

**Fonction d'état**  
Fonction mathématique de variables d'état

$d\vec{F} = p dS \vec{n}$

À l'équilibre thermodynamique, les variables d'état sont indépendantes du temps, elles vérifient une équation d'état

**Équation d'état d'une phase condensée incompressible, indilatable**

$V = nV_m$  (volume molaire)

solide ou liquide

**Énergie interne**

Énergie microscopique contenue dans le système

**Inclut**

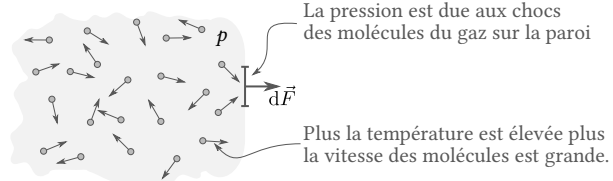
- Énergie cinétique microscopique
- Énergie d'interaction entre particules

**Exclut**

- Énergie cinétique macroscopique
- Énergie d'interaction avec le milieu extérieur

## Gaz parfait

Un gaz parfait est composé de particules ponctuelles sans interaction à distance.



**Équation d'état d'un gaz parfait**

$$pV = nRT$$

volume ( $m^3$ )      quantité de matière (mol)      température (K)

pression (Pa)       $8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

### Vitesse quadratique moyenne

$$u = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$$

$$\langle E_c \rangle = \frac{1}{N} \sum_i \frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} m u^2$$

Lien avec la température

$$\langle E_c \rangle = \frac{1}{2} m u^2 = \frac{3}{2} k_B T$$

Constante de Boltzman  $k_B = \frac{R}{N_A} = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

### Énergie interne

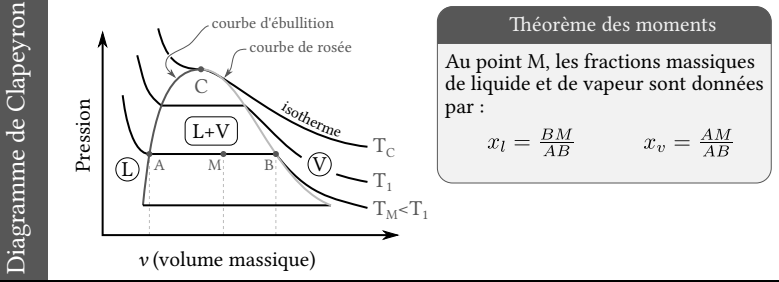
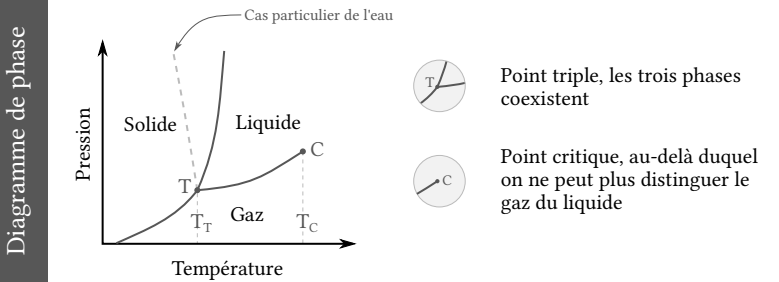
Énergie interne (J)  $U = \frac{3}{2} n R T$

Capacité thermique à volume constant  $C_V$   
quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de 1 K

$$C_{V,m} = C_V/n = \frac{3}{2} R \approx 12,5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

Il faut 12,5 J pour élever la température d'une mole de GP monoatomique de 1K (si son volume reste constant)

# Équilibre liquide-vapeur



# Transformation Thermodynamique

## Transformation thermo

- Une transformation thermodynamique peut être
- V** **isochore** : le volume du système reste constant
  - P** **isobare** : la pression du système reste constante
  - T** **isotherme** : la température du système reste constante (transformation lente)
  - p** **monobare** : la pression extérieure reste constante
  - T** **monotherme** : la température extérieure reste constante
  - **adiabatique** : pas d'échange de chaleur avec l'extérieur (transformation rapide)

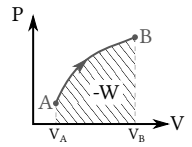
### Travail des forces de pression

Lors d'une transformation élémentaire, le travail fourni par les forces de pression est :

$$\delta W = -p_{ext} dV$$




Pour une transformation quasistatique ( $p = p_{ext}$ ) entre deux points A et B, on a :

$$W = - \int_{V_A}^{V_B} p dV$$



aire sous la courbe  $p(V)$

### Transferts thermiques

<p><b>Conduction</b></p>  <p>La chaleur est transportée de proche en proche dans la matière</p>	<p><b>Convection</b></p>  <p>La chaleur est transportée par la mise en mouvement de la matière</p>	<p><b>Rayonnement</b></p>  <p>Un corps chauffé émet un rayonnement qui est absorbé par un autre corps</p>
--	--	--