

Chapitre 24 - Le système thermodynamique

M. Hebding

mathieu-hebding.fr

Avril 2025

La thermodynamique étudie les systèmes macroscopiques constitués d'un nombre de particules N très grand (de l'ordre de 10^{20}). Les fluctuations sont de l'ordre de $1/\sqrt{N} \approx 10^{-10}$.

Nous ne pouvons mesurer que les **effets moyens** et les fluctuations microscopiques sont négligeables.

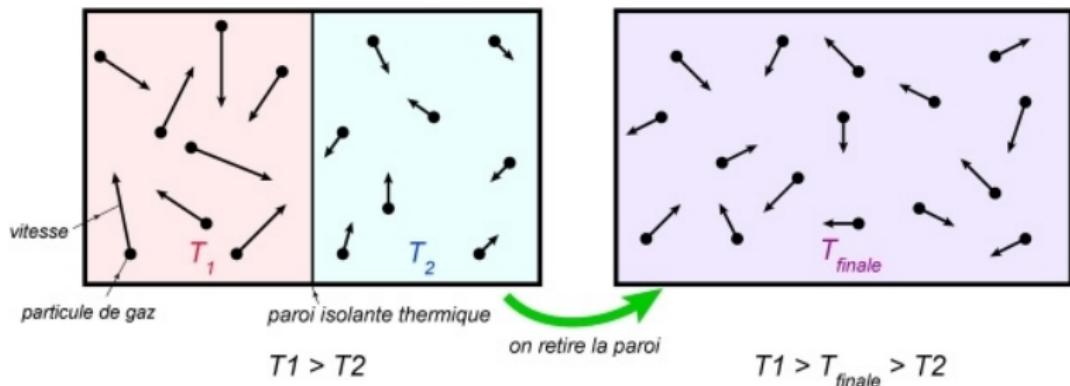
1 mL d'air sous P_{atm} et T_{amb} :

$$N = 2,7 \cdot 10^{19} \text{ molécules/cm}^3$$

Libre parcours moyen ℓ :

$$\ell = 680 \text{ nm}$$

Degré du vide	$P(\text{hPa})$	Densité/cm ³	ℓ
Pression atm.	1013	$2,7 \cdot 10^{19}$	680 nm
Vide relatif	$300 - 1$	$10^{19} - 10^{16}$	$0,32 - 95 \mu\text{m}$
Vide poussé	$10^{-3} - 10^{-7}$	$10^{13} - 10^9$	$9,5 \text{ cm} - 0,95 \text{ km}$



$$\langle E_c \rangle = N \frac{3}{2} k_B T$$

Avec $k_B = R/N_A = 1,38 \cdot 10^{-23}$ SI. Pour $N = 10^{20}$ et $T = 20$ °C
on trouve :

$$\langle E_c \rangle \approx 0,6 \text{ J}$$

La vitesse quadratique moyenne au carré ($v^*{}^2$) est la moyenne des carrés de la vitesse (et non le carré de la moyenne).

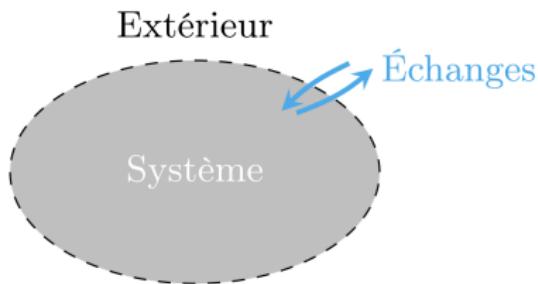
$$\langle E_c \rangle = N \frac{1}{2} m v^*{}^2$$

Donc :

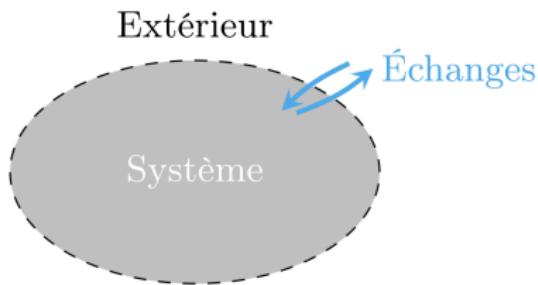
$$v^* = \sqrt{\frac{k_B T}{m}} = \sqrt{\frac{RT}{M}}$$

Avec $m = M/N_A$ et $M = 28,8 \cdot 10^{-3}$ kg.mol $^{-1}$ on arrive à :

$$v^* \approx 500 \text{ m.s}^{-1}$$



Échange	Paroi
matière	perméable
énergie thermique	diatherme
volume	déformable
rien	?



Système	Matière	Énergie
Ouvert	V	V
Fermé	X	V
Isolé	X	X

Soit un mélange gazeux de deux gaz A et B :

- volume V
- pression P
- température T
- quantité de matière n_A et n_B
- énergie interne U
- masse volumique ρ

Soit un mélange gazeux de deux gaz A et B :

- volume V : E
- pression $P = F/S$: I
- température T : I
- quantité de matière n_A et n_B : E
- énergie interne U : E
- masse volumique ρ : I

Tout rapport de E devient I ($\rho, v, V_m, M, x, w\dots$)

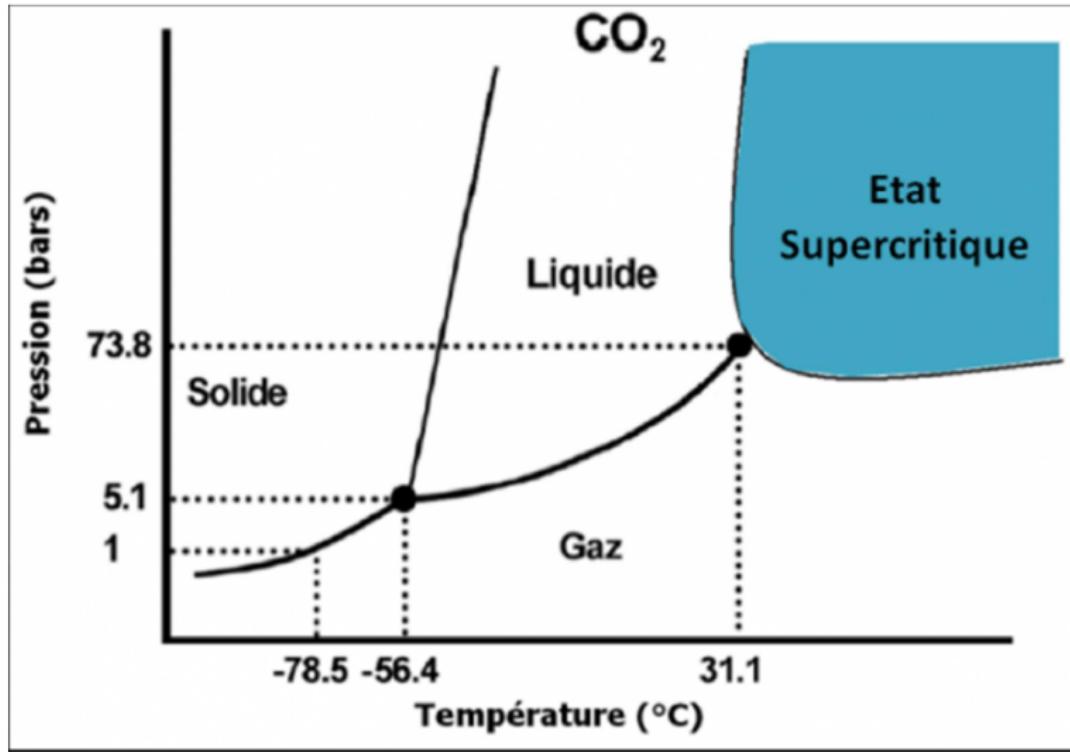
$$PV = nRT$$

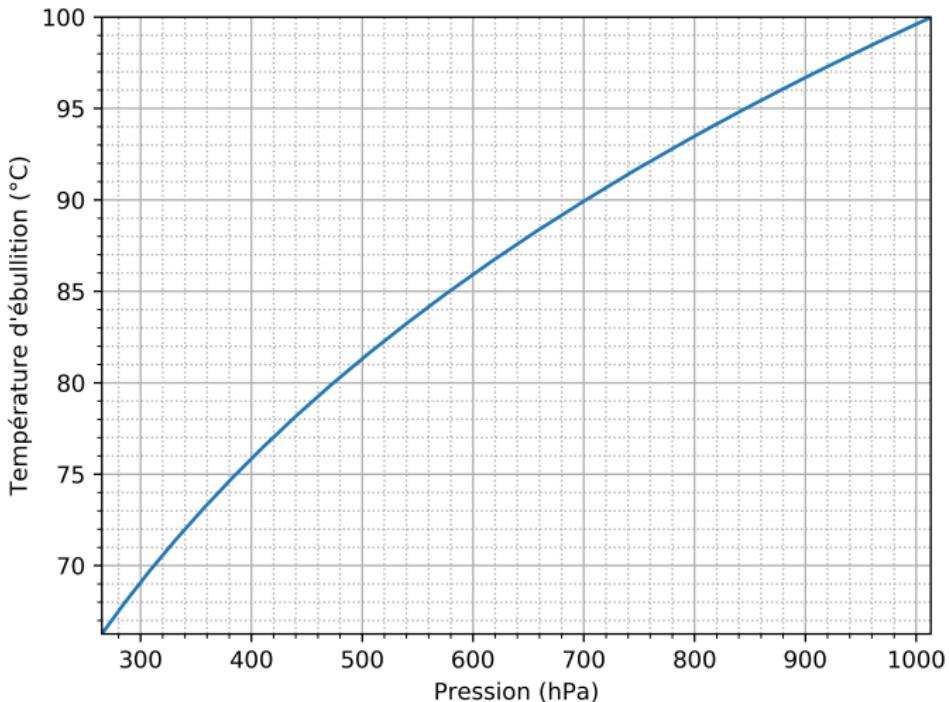
Pressure (Pa) Moles (mol) Temperature (K)
Volume (m³) R=8.314 (J/mol/K)

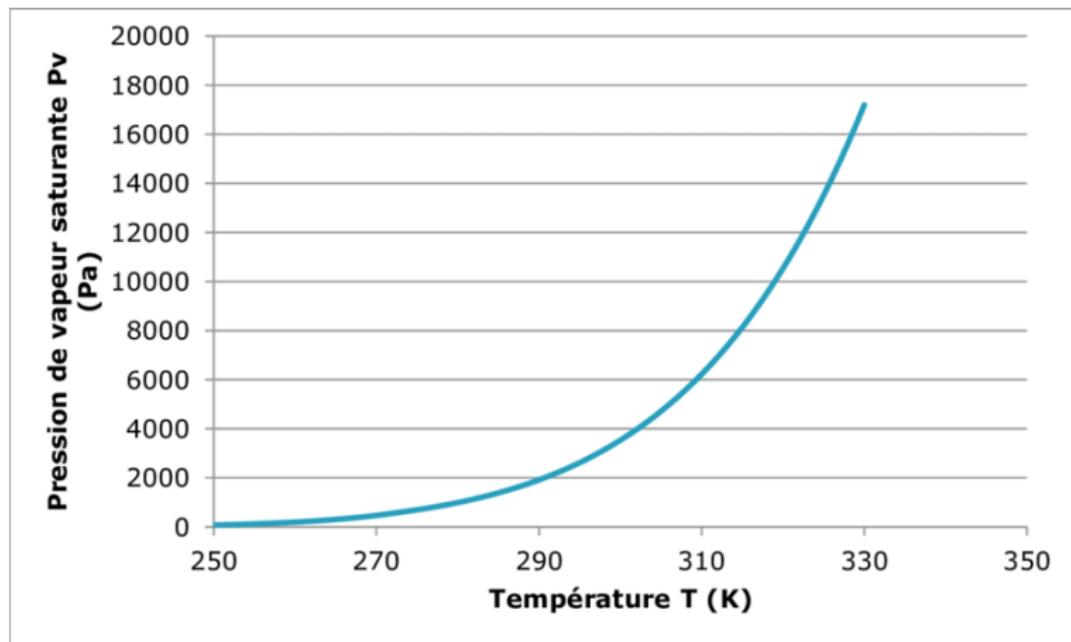
Un système est à l'équilibre thermodynamique si l'ensemble des ses variables d'état n'évolue pas et s'il n'échange ni matière ni énergie avec l'extérieur.

Conditions d'équilibre :

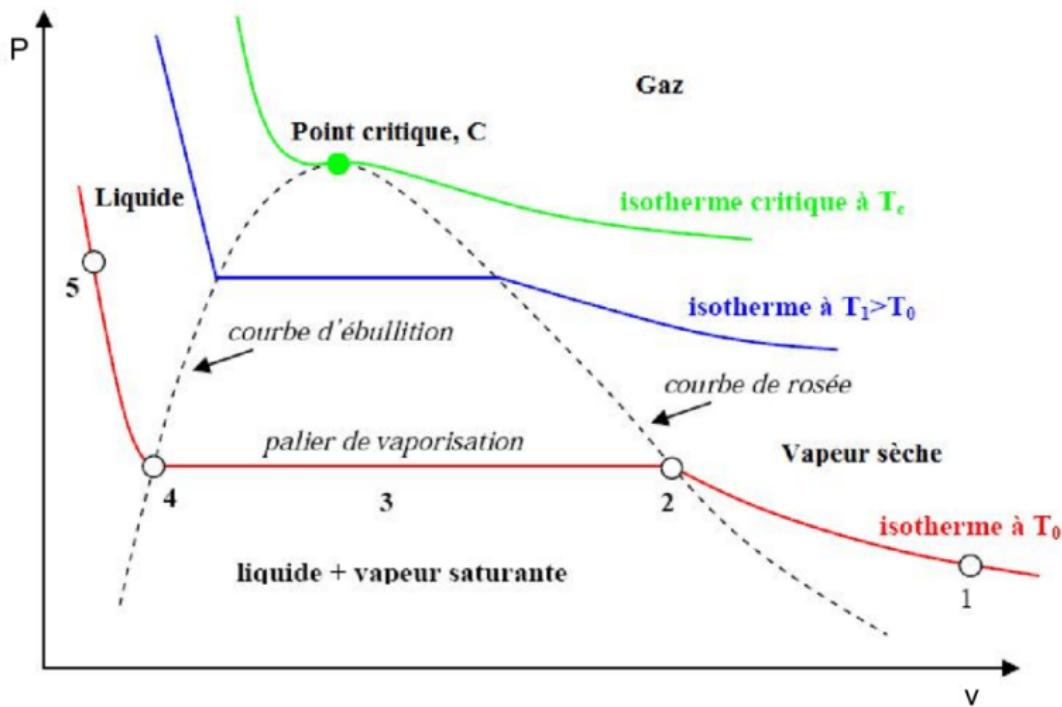
- équilibre de diffusion
- équilibre mécanique
- équilibre thermique

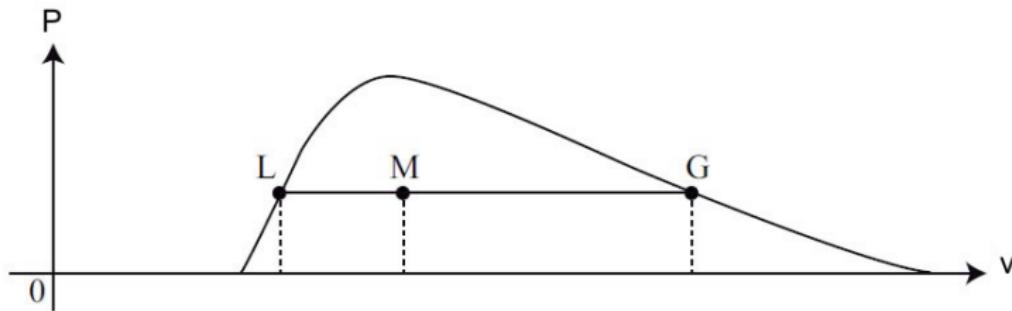






C'est le nombre de paramètres intensifs qu'il est nécessaire de connaître pour décrire quantitativement le système en équilibre (**indépendance**, formule de Gibbs).





Notations :

- fraction molaire x
- fraction massique w

