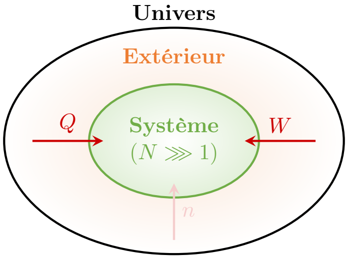
Thermodynamique

Système isolé
aucun échange

Système fermé
aucun échange de matière

Système ouvert
échanges possibles



Convention égoïste

Transfert thermique Q
conduction, convection, rayonnement

Travail W
forces de pression W_p
autres W_u

Équilibre thermodynamique

Équilibre thermique	**Équilibre thermique**	**Équilibre de diffusion**
T uniforme	P uniforme	μ uniforme
$T = T_{\text{ext}}$ si contact thermique	$P = P_{\text{ext}}$ si paroi mobile	$\mu = \mu_{\text{ext}}$ si système ouvert

Fonctions d'état

Énergie interne U	**Enthalpie H**	**Entropie S**
$U = \mathcal{E}_{\text{c,micro}} + \mathcal{E}_{\text{p,micro}}$	$H = U + PV$	$\mathrm{d}U = T\mathrm{d}S - P\mathrm{d}V + \mu \mathrm{d}n$

Transformations

Transformation		**Relation utile (GP)**	**Travail W_p**
quelconque		$PV = nRT$	$-\displaystyle\int_{V_i}^{V_f} P_{\text{ext}} \mathrm{d}V$
monobare	$P_{\text{ext}} = \text{cste}$		$-P_{\text{ext}} \Delta V$
isobare	$P = \text{cste}$	$\dfrac{T}{V} = \text{cste}$	$-P \Delta V$
monotherme	$T_{\text{ext}} = \text{cste}$		
isotherme	$T = T_{\text{ext}} = \text{cste}$	$PV = \text{cste}$	$-nRT_{\text{ext}} \ln \dfrac{V_f}{V_i}$
isochore	$V = \text{cste}$	$\dfrac{P}{T} = \text{cste}$	0
quasistatique/réversible			$-\displaystyle\int_{V_i}^{V_f} P \mathrm{d}V$
adiabatique	$Q = 0$		ΔU (1^{er} pp)
adiabatique réversible (GP)	$\Delta S = 0$	$PV^{\gamma} = \text{cste}$ (Laplace)	ΔU (1^{er} pp)

Premier principe

Cas général	**Cas courant**	**Monobare + éq. E.I./E.F.**
$\Delta \mathcal{E}_{\text{m}} + \Delta U = W_{\text{n.c.}} + Q$	$\Delta U = W + Q$	$\Delta H = W_u + Q$

Deuxième principe

$$\Delta S = S_{\text{éch}} + S_{\text{créée}} \quad \text{avec} \quad S_{\text{éch}} = \frac{Q}{T_{\text{ext}}} \quad \text{et} \quad S_{\text{créée}} \geqslant 0 \quad (S_{\text{créée}} = 0 \text{ si irréversible})$$

Modèles

	GP	PCII
Équation d'état	$PV = nRT$	$V = \text{cste}$
Capacités thermiques	$C_\text{v} = \left.\dfrac{\partial U}{\partial T}\right\|_V$ et $C_\text{p} = \left.\dfrac{\partial H}{\partial T}\right\|_P$	
	$C_\text{p} = C_\text{v} + nR \qquad \gamma = \dfrac{C_\text{p}}{C_\text{v}}$ $C_\text{v} = \dfrac{nR}{\gamma - 1}$ et $C_\text{p} = \dfrac{\gamma nR}{\gamma - 1}$	$C_\text{v} = C_\text{p} = C$
Cas notables	GPM : $C_\text{v} = \dfrac{3}{2}nR\,;\; C_\text{p} = \dfrac{5}{2}nR$	capacité thermique massique $c = \dfrac{C}{m}$
	GPD : $C_\text{v} = \dfrac{5}{2}nR\,;\; C_\text{p} = \dfrac{7}{2}nR$	$c_\text{eau} = 4{,}18\,\text{kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
Énergie interne et enthalpie	$\Delta U = C_\text{v}\Delta T$ et $\Delta H = C_\text{p}\Delta T$	$\Delta U = \Delta H = C\Delta T$
Entropie	$\Delta S = \dfrac{nR\gamma}{\gamma - 1}\ln\dfrac{T_f}{T_i} - nR\ln\dfrac{P_f}{P_i}$ $\Delta S = \dfrac{nR}{\gamma - 1}\ln\dfrac{T_f}{T_i} + nR\ln\dfrac{V_f}{V_i}$ $\Delta S = \dfrac{nR}{\gamma - 1}\ln\dfrac{P_f}{P_i} + \dfrac{nR\gamma}{\gamma - 1}\ln\dfrac{V_f}{V_i}$	$\Delta S = C\ln\dfrac{T_f}{T_i}$

Transitions de phase

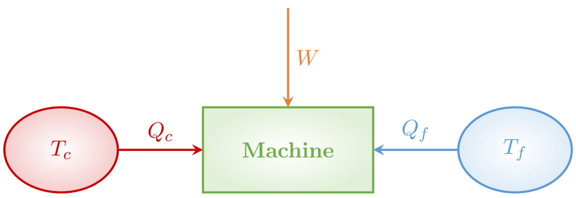
Enthalpie massique $\Delta_{1\to 2}h$

$$\Delta_{1\to 2}h = h_2 - h_1$$

Entropie massique $\Delta_{1\to 2}s$

$$\Delta_{1\to 2}s = s_2 - s_1 = \frac{\Delta_{1\to 2}h}{T_{1\to 2}}$$

Machines thermiques



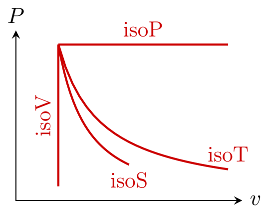
Fonctionnement cyclique

$$\Delta U = 0 \text{ et } \Delta S = 0$$

Inégalité de Clausius

$$\frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} \leqslant 0$$

Diagramme de Clapeyron (GP)



	W	Q_c	Q_f	η ou e	Carnot
Moteur	$-$	$+$	$-$	$\eta = -\dfrac{W}{Q_c}$	$1 - \dfrac{T_f}{T_c}$
Réfrig.	$+$	$-$	$+$	$e = \dfrac{Q_f}{W}$	$\dfrac{T_f}{T_c - T_f}$
PAC	$+$	$-$	$+$	$e = -\dfrac{Q_c}{W}$	$\dfrac{T_c}{T_c - T_f}$