Fiches thermodynamique:

- 1^{er} principe thermo

$$\boxed{\Delta U = W + Q}$$

- $W = -\int_A^B p_{ext} \cdot dV$ = aire sous courbe $p = f(V)$

- $\delta Q = m\, c_v\, dT$

⚠ Transfert thermique est microscopique et désordonné
Travail est macroscopique et ordonné

- Théorie cinétique du gaz parfait

$$\boxed{p = \frac{1}{3} m v^2 n^*}$$ avec $n^* = N/V$

↳ $$\boxed{\frac{1}{2} m v^2 = \frac{3}{2} k_B T} \Leftrightarrow \boxed{U = \frac{\ell}{2} n R T}$$

- Phénomènes de transports

$$\vec{j} = d^3N / d^2S\, dt\ \vec{u} \Rightarrow \boxed{\operatorname{div} \vec{j} + \partial n / \partial t = 0}$$

- Fick : $\boxed{\vec{j} = -D\, \overrightarrow{\text{grad}}\, n}$

↳ $$\boxed{-D \Delta n + \frac{\partial n}{\partial t} = 0}$$

↳ $n(x) = ax + b$ en permanent

- Libre parcour moyen

$\bar{\ell}$ tq $n^* \bar{\ell} . \sigma = 1$ $\Rightarrow$ $\boxed{\bar{\ell} = \frac{1}{n^* \sigma}}$

$\Rightarrow$ $\boxed{D = -\frac{1}{3} v \bar{\ell}}$

- Diffusion thermique :

$j_Q = \delta Q / dS dt$ $\Rightarrow$ $\boxed{div \, \vec{j_Q} + \rho c \, \partial T / \partial t = 0}$

- Fourier : $\boxed{\vec{j_Q} = -\lambda \, \vec{grad} \, T}$

Dth : diffusivité thermiQ

$\Rightarrow$ $\boxed{-D_{th} \Delta T + \frac{\partial T}{\partial t} = 0}$

Resistance thermique : $\boxed{R_{th} = \frac{T_2 - T_1}{j_Q . S} = \frac{1}{\lambda} . \frac{L}{S}}$

- Premier principe : $\Delta U + \Delta E_c + \overset{\text{negligé}}{\cancel{\Delta E_p}} = W + Q + W_u$

↳ le poids est pris en compte dans ΔE_p

↳ pour gp et φ cond : $\boxed{\Delta U = n . C_{vmol} . \Delta T}$

• Transforma° monobare

$\Delta U = W + Q = P_2 V_2 - P_1 V_1 + Q$

$\Rightarrow$ $\boxed{\Delta H = Q}$ et $\boxed{\frac{\partial H}{\partial t} = C_p}$

monobare

Fiche Thermodynamique II

- Coefficient adiabatique γ

$U = n \frac{\ell}{2} RT$ $\qquad$ $H = n \frac{\ell + 2}{2} RT$

$\Rightarrow$ $C_{pmol} - C_{vmol} = R$

$$\boxed{\gamma = \frac{C_{pmol}}{C_{vmol}} = \frac{\ell + 2}{\ell}}$$

$\longrightarrow$ $\boxed{dU = \frac{nR}{\gamma - 1} dT}$ $\qquad$ $\boxed{dH = \frac{nR\gamma}{\gamma - 1} dT}$

- Transfo isotherme

$\Delta U = 0$ $\qquad$ $\boxed{W = -Q = nRT_0 \ln(V_i / V_f)}$

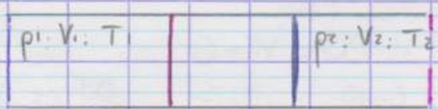
- Transfo adiab rev :

$$\boxed{pV^{\gamma} = cste}$$

- Detente Joule - Gay Lussac

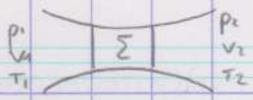
$\boxed{\Delta U = 0}$ $\qquad$ ($T_i = T_f$ par gaz parfait)

- Detente Joule - Thompson

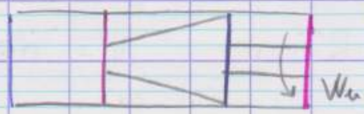


$\Delta U = W = -p_2 V_2 + p_1 V_2$

$\Leftrightarrow$ $\boxed{\Delta H = 0}$

- Tuyère 

$\Delta H + \Delta E_c = 0$ (On cherche à augmenter E_c)

- Turbine 

$$\boxed{\Delta H = W_u = \frac{\gamma n R}{\gamma - 1} \Delta T}$$ ($\Delta T < 0 \Rightarrow W_u < 0$)

- 1^{er} principe industriel :

$$\boxed{\Delta H = Q + W_u}$$ ($W_u = 0 \Leftrightarrow$ ss parties mobiles)

- 2^{nd} principe de la thermodynamique

$$\boxed{\Delta S = S_e + S_c}$$ avec $S_e = \sum Q_i / T_i$, $S_c \geq 0$ ($= 0$ si rev)

$S = k_B \ln(\Omega)$

- dans un cycle $S_e = \sum Q_i / T_i \leq 0$ ($=$ pour rev)

- Identité thermodynamique :

$$\boxed{dU = TdS - pdV}$$

- Methode étude du second principe
  - Trouver l'état final (T; p; V ...)
  - $S_e = \sum Q_i / T_i$ ($\Delta U = W + Q$)
  - Calcul ΔS ($dS = dU/T + pdV/T$)
  - $S_c = \Delta S - S_e$

Fiche revision Thermodynamique IV

* Calculs de variations d'entropies

- Phase condensee : $\boxed{\Delta S = m c_v \ln(T_2/T_1)}$

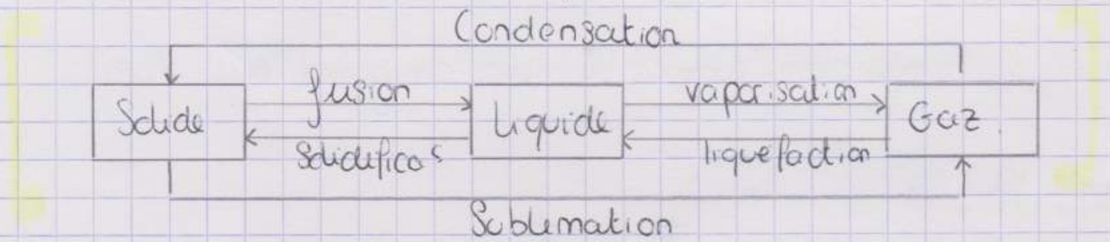
- Thermostat : $\boxed{\Delta S = Q_{source}/T_0}$

- Gaz parfait : $\boxed{\Delta S = \frac{nR}{\gamma-1} \ln(T_2/T_1) + nR \ln(V_2/V_1)}$

  ↳ en adiab rev $\Delta S = 0 \Rightarrow TV^{\gamma-1} = cste$

- Detente Joule Gay Lussac : $\Delta S = S_{ge} = nR \ln(V_2 + V_1 / V_1)$

- Changement d'état du corps pur.



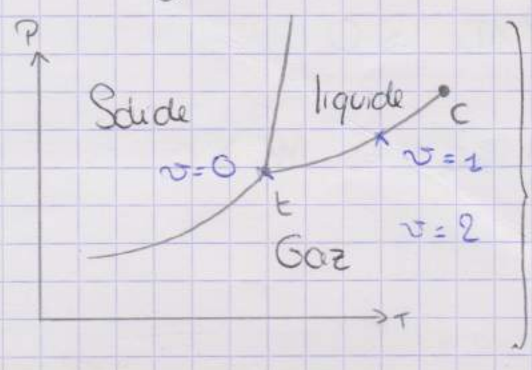
- Pendant chg^t etat T et p sont constants

  ↳ Clapeyron : $\boxed{\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T \Delta V}}$

  ↳ $\boxed{\Delta H = Q_{CE} = L_{CH}}$

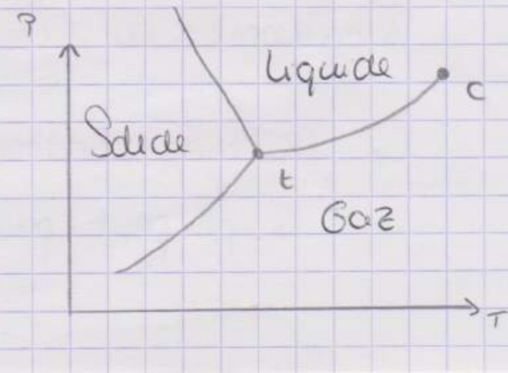
  ↳ $\boxed{dH = TdS + Vdp} \Rightarrow \boxed{\Delta S = \frac{\Delta H}{T}}$

- Diagramme d'etat



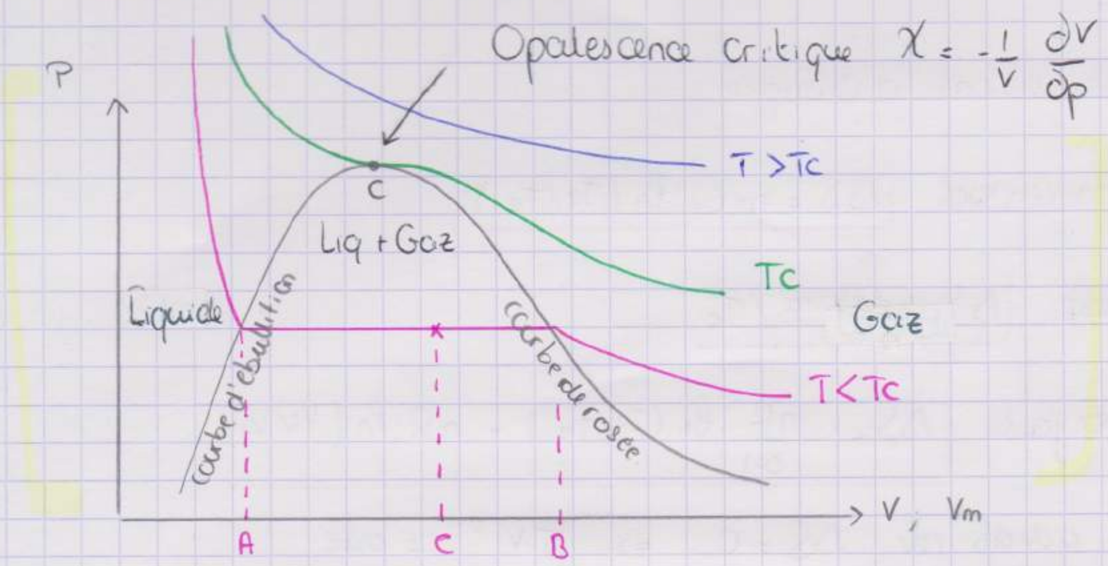
Cas réel

Cas H_2O



- Isotherme d'Andrews

Opalescence critique $\chi = -\frac{1}{V}\frac{\partial V}{\partial p} \rightarrow +\infty$



↳ Theorème moment : $x_g = \frac{AC}{AB}$

↳ Stockage des fluide : si sur courbe ebullition : petit $\Delta T \Rightarrow$ gros $\Delta p \Rightarrow$ explosion

- Calorimetrie avec changement etat

↳ regarder si temperature compatible avec changement etat total

- Statique des fluides

- element meso dans fluide : $\boxed{\vec{F} = p \cdot \vec{S}}$

↳ $\boxed{\frac{dp}{dz} = -\mu g}$

- φ condensee : $P_B = P_A + \mu g h$

- Gaz parfait isotherme : $p(z) = p_0 e^{-\frac{mgz}{k_B T}}$ / Boltzmann.

- Poussee d'archimède : $\vec{\Pi} = -\mu_{eau} \cdot V \cdot \vec{g}$ (opposé au poid).

- Machine Thermique Ditherme :

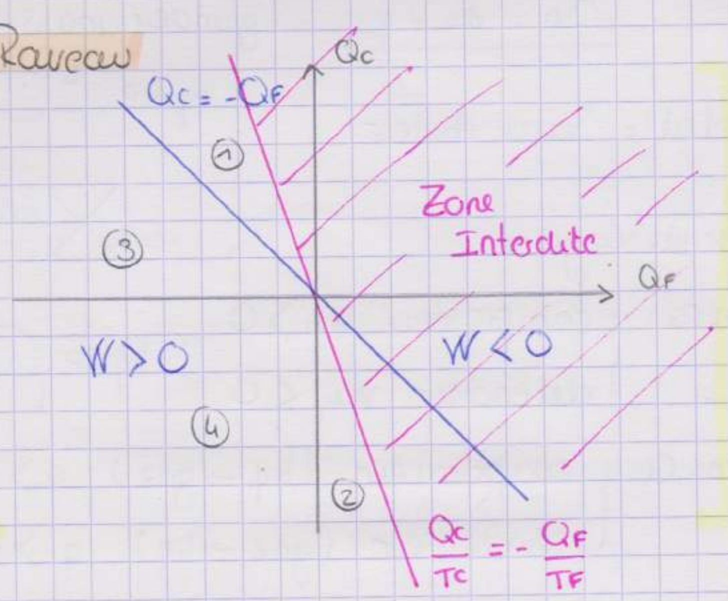
- Innegalite de Clausius : $\boxed{S_e = \sum Q_i / T_i \leq 0}$

↳ Machine monotherme : $\Delta U = W + Q = 0 \Rightarrow W > 0$

$\Rightarrow$ ne peut pas fournir de travail

Fiche revision thermodynamique V

- Diagramme Raveau



① $W<0$; $Q_F>0$; $Q_C>0$: Moteur thermique

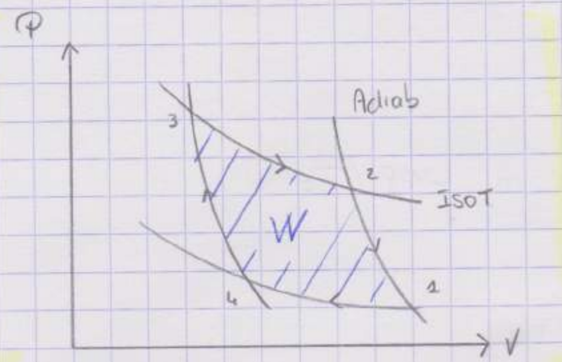
② $W>0$: $Q_F>0$: $Q_C<0$: Machine frigorifique

③ $W>0$: $Q_F<0$: $Q_C>0$:

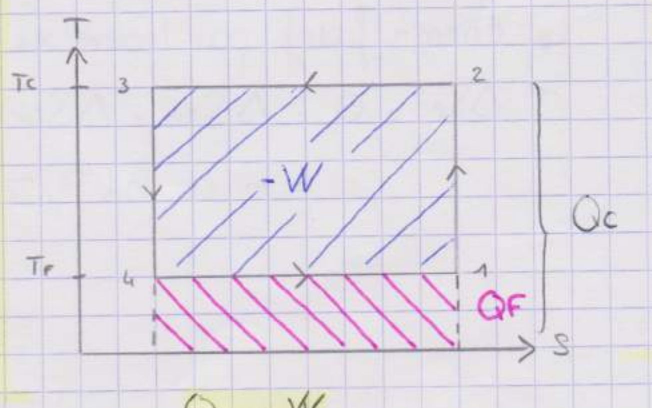
↳ aucun interet, mais augmente cinétique (seche cheveux, four)

- Cycle Carnot gaz parfait

- 2 isothermes rev. $dP/dV = -P/V$
- 2 adiab rev : $dP/dV = -\gamma P/V$



Interet : $\delta Q = TdS$



$Q = -W$

$$\Rightarrow \eta = \frac{-W}{Q_C} \leq 1 - \frac{T_F}{T_C} = \eta_C$$

- Machine frigo : $W>0$; $Q_F>0$; $Q_C<0$ $\quad e = \frac{Q_F}{W} = \frac{T_f}{T_C - T_f}$

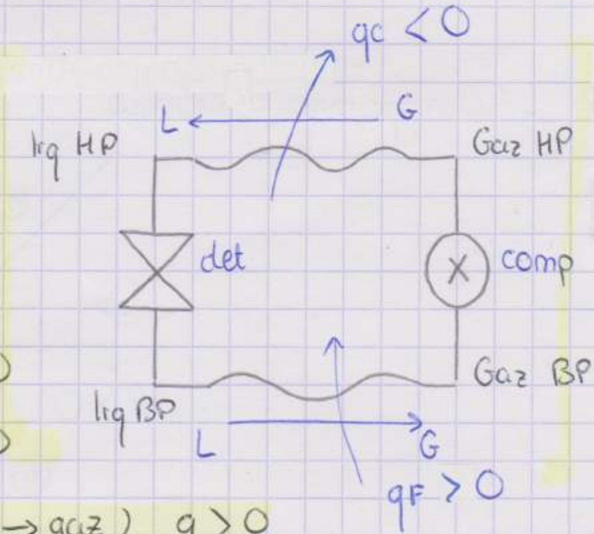
- Pompe chaleur : $W>0$; $Q_F>0$; $Q_C<0$ $\quad e = -\frac{Q_C}{W} = \frac{T_C}{T_C - T_f}$

⚠ Efficacité e peut-être > 1.

- Machine frigo à changement d'état

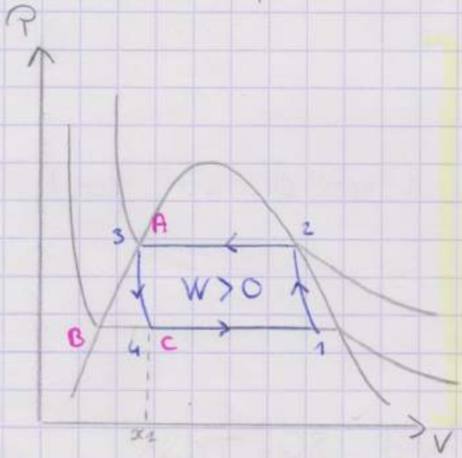
- 1er principe indus $\boxed{\Delta h = w_u + q}$

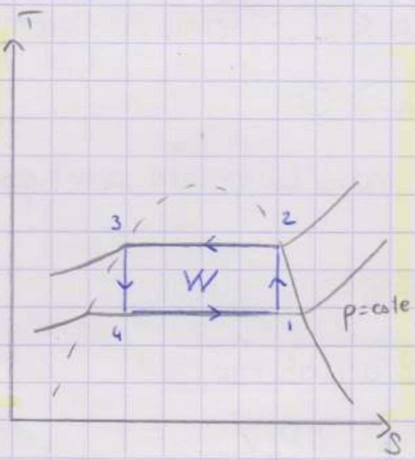
  ↳ change^t état = Source chaleur

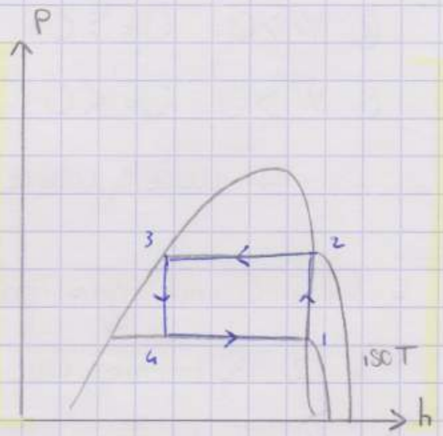


- Modélisation des échangeurs
  - échangeur méca : $\begin{cases} \text{compresseur } w_u > 0 \\ \text{détendeur } w_u < 0 \end{cases}$
  - échangeur therm Q : $\begin{cases} \text{évaporateur (liq} \rightarrow \text{gaz) } q > 0 \\ \text{condenseur (gaz} \rightarrow \text{liq) } q > 0 \end{cases}$

- Diagramme par modélisa^t cycle







↳ Chemin fictif pour trouver x_1

$$\Delta S_{AC} = 0 = \Delta S_{AB} + \Delta S_{BC}$$

$$= m \cdot c_e \ln(T_F / T_C) + x_1 \cdot m \cdot L_{vap} / T_F$$