RÉVISIONS PHYSIQUE

Thermodynamique

Hugo Salou MPI⋆

Physique Thermodynamique 1

1er principe : $\Delta \mathcal{E}_{tot} = W + Q$ pour un système fermé

forces ext. ↙ ↳ chaleur

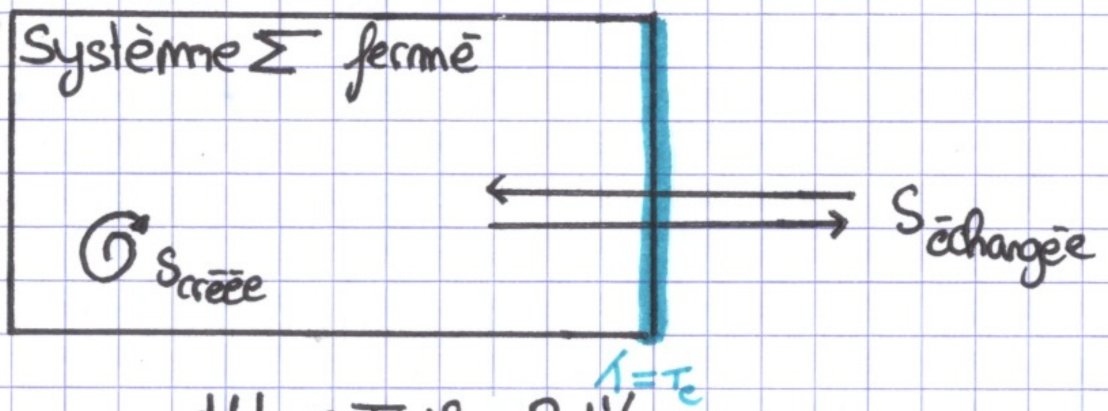
$= \Delta U + \Delta \mathcal{E}_c$

Entropie : (Second principe) $\Delta S = \underbrace{S_{\text{échangée}}}_{} + \underbrace{S_{\text{créée}}}_{\geq 0}$ pour un système fermé

$S_{éch} = \dfrac{Q}{T_e}$

réversible $\Leftrightarrow S_{\text{créée}} = 0$

T_e température à la frontière du système



$dU = TdS - PdV$

Enthalpie : $H = U + PV$ $\qquad dH = TdS + VdP$

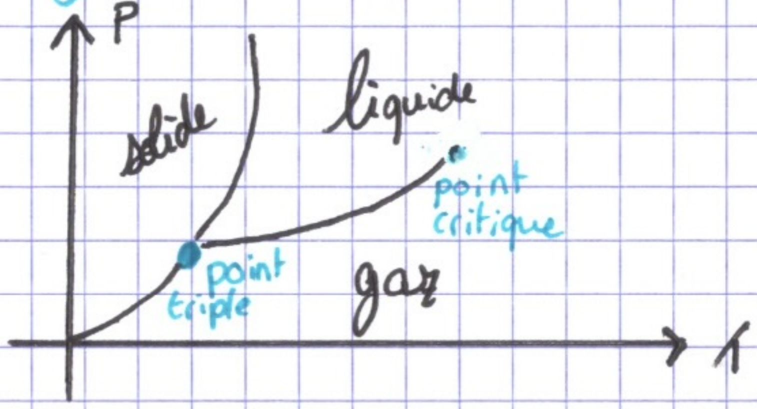
Machines thermiques $\Delta U_{cycle} = 0$; $\Delta S_{cycle} = 0$.

Efficacité : $\eta = \dfrac{\text{ce qui nous intéresse}}{\text{ce qui coûte}}$

Théorème de Carnot : $\eta \leq \eta_{\text{réversible}}$ → machine de Carnot

pour une machine ditherme

Diagramme de phases.

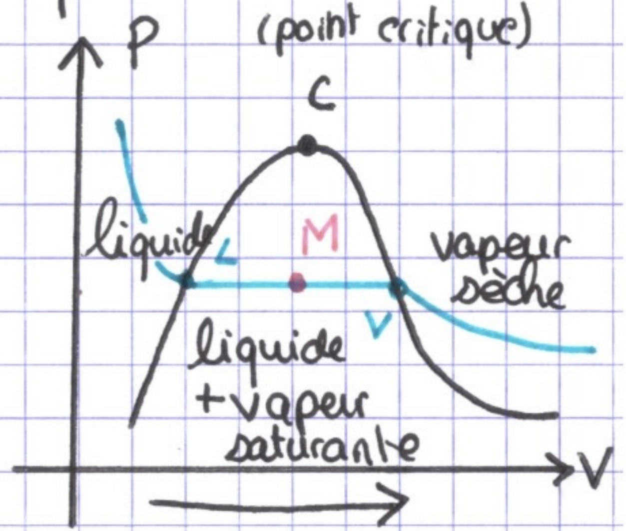


Pour un changement de phase,

$$\Delta s = \frac{\Delta h}{T}$$

où s et h sont les entropies et enthalpies massiques.

Transformation liquide $\rightleftarrows$ vapeur :



fraction massique en vapeur :

$$x_{vap}^{(M)} = \frac{ML}{VL} = \frac{v_M - v_L}{v_V - v_L}$$

$$h_M = x_{vap}\, h_V + \underbrace{(1 - x_{vap})}_{\text{fraction massique en liquide}}\, h_L$$

Machines thermiques (suite) :

pour une machine à N thermostats

inégalité de Clausius : $\displaystyle\sum_{i=1}^{N} \frac{Q_i}{T_i} \leq 0$

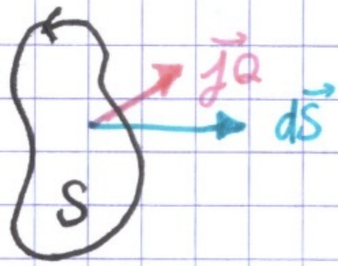
pour un moteur ditherme : $\eta = \dfrac{|W|}{|Q|}$

pour une pompe à chaleur : $\eta = \dfrac{|Q|}{|W|}$

Physique Thermodynamique 2

flux thermique : $\varphi = \dfrac{\delta Q}{dt}$

densité de courant thermique : $\vec{j}_Q \cdot d\vec{S} = d\varphi$



$$\varphi = \iint_S \vec{j}_Q \, d\vec{S}$$

$$dU = \delta Q_{éch} + \delta Q_{int} \qquad (1^{er} \text{ principe})$$
$$= C\,dT \qquad \text{et} \quad \delta\varphi_{int} = p_v \, d\tau$$

puissance volumique

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} + \mathrm{div}(\vec{j}_Q) = p_v$$

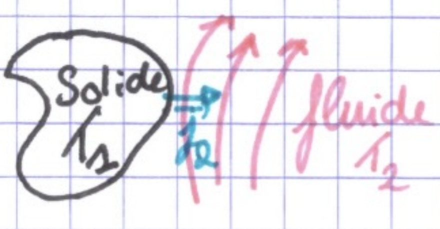
Loi de Fourier : $\vec{j}_Q = -\lambda \, \overrightarrow{\mathrm{grad}}(T)$

λ : conductivité thermique

Equation de la diffusion

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D_{th} \cdot \underbrace{\Delta T}_{\text{Laplacien}} + \underbrace{\frac{p_v}{\rho c}}_{\text{source}} \quad \text{où } D_{th} = \frac{\lambda}{\rho c}$$

Loi de Newton :



$$j_Q = \underbrace{h}_{\geq 0}(T_1 - T_2)$$

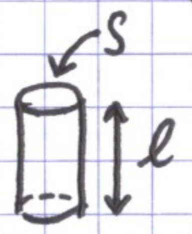
coefficient de transfert thermique

En régime permanent, $\varphi = c^{te}$; on en déduit $\vec{j}_Q$;

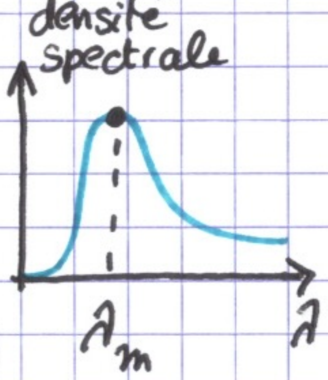
On détermine λ par intégration de la loi de Fourier.

Résistance thermique $R_{th} = \dfrac{\Delta T}{\varphi} \leftrightarrow R = \dfrac{U}{I}$.

Pour un cylindre : $R_{th} = \dfrac{\ell}{\lambda S}$



On peut associer les résistances en parallèle, ou en séries et calculer des résistances équivalentes avec les formules électriques.



Loi de Wien : $\lambda_m \cdot T = 3 \text{ mm}\cdot\text{K}$

Loi de Stefan : $\varphi(T) = \sigma T^4$

avec $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}\ \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$