

Machines thermiques

Niveau : 1^{er} année BCPST

Pré requis : 1^{er} et 2nd principe de la thermodynamique

Introduction

→ ~~Pas~~ Assez large BCPST
pour les moteurs faire en TD.

Intro-bis.

~~Si on a~~ Quand l'hiver vient : chauffage.

En été : une limonade bien fraîche : frigo

Machines thermiques au quotidien : ms comment elles font ?

I / Machines thermiques idéale.

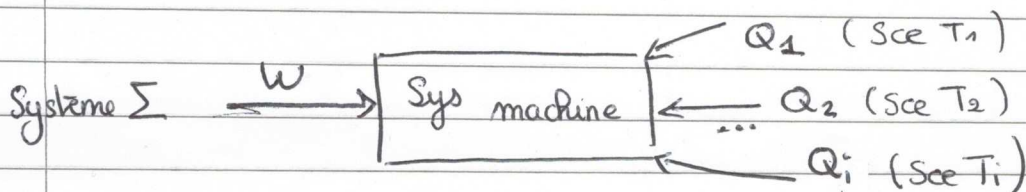
1) Définitions et bilan.

Machine thermique : tout dispositif dans lequel un sys fluide qualifié "d'agent thermique" subit une transformation cyclique, ce qui permet une conversion continue d'énergie.

Le fluide permet les échanges énergétiques entre les divers organes de la machine et le milieu ext

Moteur thermique : une machine thermique qui fournit globalement du $\bar{w}$ au milieu ext au cours d'un cycle ($w < 0$) machine à vapeur, moteur

Récepteur thermique : une machine thermique qui reçoit globalement du $\bar{w}$ du milieu ext au cours du cycle ($w > 0$) PAC, frigo



dc le moteur moteur est impossible
 ms récepteur monothermes existe: radiateur! (électrique)
 transfert thermique ($Q < 0$) tout en recevant un travail
 d'origine électrique ($W > 0$)

3) Machines diathermes.

cycle diatherme: machine effectue des transferts thermiques ac
 une scs chaude et une froide $T_2 < T_1$.

Avec ce qu'on a vu précédemment:

$$W + Q_1 + Q_2 = 0 \quad \text{et} \quad \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$$

Diagramme de Paveau on fixe T_1 et T_2 .

$$\hookrightarrow Q_1 = f(Q_2).$$

chaque machine sous la droite $Q_1 = -\frac{T_1}{T_2} Q_2$

moteur au dessus de la droite $Q_1 = -Q_2$
 récepteur au dessous de " " "

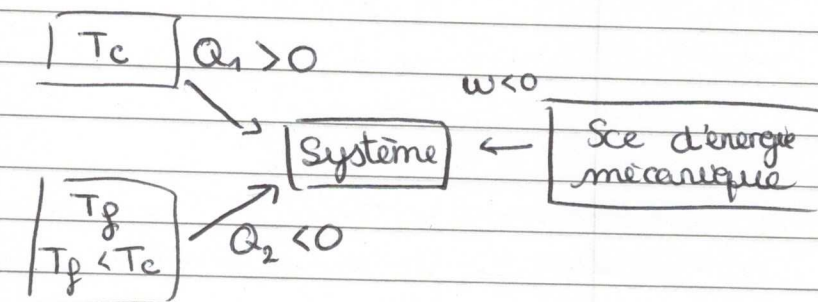
Pr un moteur = $Q_1 > 0$ (énergie thermique reçue de la scs chaude)
 $Q_2 < 0$ (" " en partie restituée à la scs
 froide la $\neq = W$)

Pr un récepteur $Q_2 < 0$ sans intérêt -

II) Moteur de Carnot.

a) Principe de Carnot

Pr qu'un sys décrit
 un cycle moteur,
 il doit nécessairement
 échanger de l'énergie
 thermique ac au Θ
 2 scs à des températures



$\neq$ en prélevant de l'énergie thermique à la scs chaude, et en
 restituant une partie à la scs froide.

b) Rendement

$$\eta = \frac{-W}{Q_1}$$

Le 1^{er} principe : $-W = Q_1 + Q_2$

$$\eta = 1 + \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0 \quad \text{donc} \quad \frac{Q_2}{Q_1} \leq -\frac{T_2}{T_1} \quad (\text{car } Q_1 > 0)$$

$$\eta \leq 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Si réversible $\eta_{\text{rev}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

Si irréversible $\eta_{\text{irrev}} < \eta_{\text{rev}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

c) Modélisation du cycle de Carnot

2 isothermes T_1 et T_2 .

2 adiabatiques réversibles (deux isentropiques)

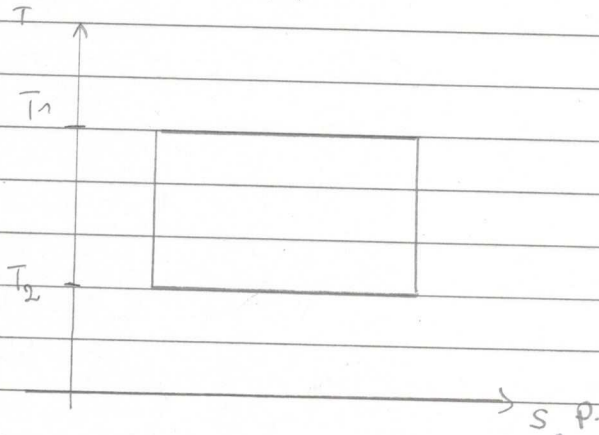
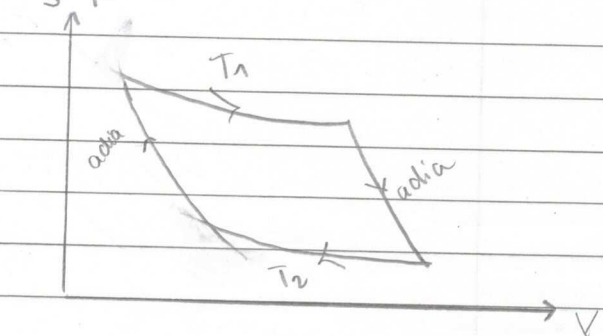


Diagramme de Clapeyron

isotherme $PV = \text{cte}$
adiabatique rev $PV^\gamma = \text{cte}$



III 7 Machines thermiques réelles

a) Machine frigorifique

a) Principe de fonctionnement

Schema Figure 26.8 p 976

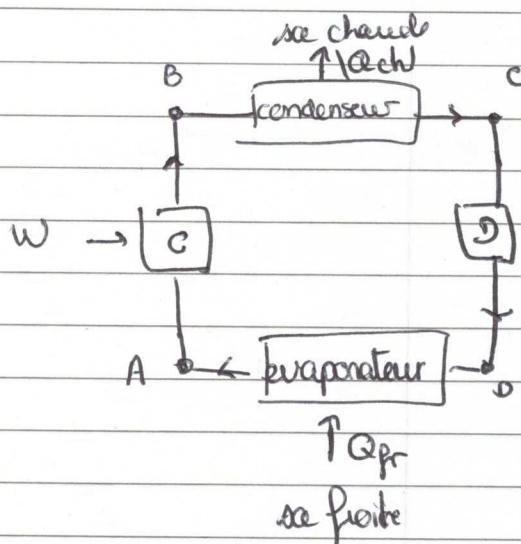
Compresseur C

- reçoit du travail
- pas d'échange thermique (T fluide aug.)

Condenseur : cède de la chaleur à la source chaude

Détendeur D ne reçoit pas w ni chaleur
 $T \downarrow$

Évaporateur : reçoit de la chaleur.



b) 1^{er} principe pr un fluide en écoulement.

fluide en écoulement lent

h : enthalpie massique

u : énergie massique

v : volumiq massique

P : pression

w : travail massiq

q : transfert ~~mas~~ thermiq massiq

e : entrée

s : sortie

Σ fermé : contient une masse m de fluide

Écoulement permanent : l'état du fluide en un pt donné de la canalisation est le même à chaque instant. Ainsi ds Σ à l'état final, le fluide qui est à l'int de l'élément achf a exactement les m^êm prop que celui qui se trouve au m^êm

endroit de Σ à l'état initial.

fig 26.9 p 980.

Variat° d'énergie interne de Σ entre état ini & final
du à une masse m de fluide :

$$\Delta U = mu_s - mu_e$$

- fluide s'écoule lentement de variat° E_c négligeable devant ΔU
 $\Delta E_c \approx 0$.

Travail des forces de pression: $W = P_e (mv_e) - P_s (mv_s)$

Travail utile $W_u = mw_u$

Transfert thermique $Q = mq$

$$\text{dc } \Delta U + \Delta E_c = W_{\text{pression}} + W_u + P.$$

$$mu_s - mu_e = P_e (mv_e) - P_s (mv_s) + mw_u + mq$$

$$\text{dc } u_s - u_e = P_e v_e - P_s v_s + w_u + q$$

$$\underbrace{(u_s + P_s v_s)}_{h_s} - \underbrace{(u_e + P_e v_e)}_{h_e} = w_u + q$$

$$h_s - h_e = w_u + q.$$

$$\boxed{\Delta h = w_u + q}$$

On peut l'appliquer aux 4 éléments de la machine.

• Compresseur : $\Delta h_{AB} = h_B - h_A = w_{\text{comp.}}$

• Condenseur : $\Delta h_{BC} = q_{\text{ch.}}$

• détenteur : $\Delta h_{CD} = 0$

• Evaporateur : $\Delta h_{DA} = q_{\text{fr}}$

efficacité : $e_{\text{frige}} = \frac{q_F}{w_{\text{comp}}} = \frac{h_A - h_D}{h_D - h_A}$

c) diagramme de frigoris.

ordonnée : Pression (log p) avoir ⊕ sur le diagramme)
 abscisse : enthalpie
 (P, h).

zone équilibre liq-g vapeur.

C. pt critique

on peut avoir 2 info. 26.10.

↳ isobare isenthalpique

isotherme : mhe en vapeur = cte.

26.11

26.12.

Cas d'un frigo. $T_{ch} = 298K$ $T_f = 263K$.

26.13: $e_{\text{frigo}} = \frac{1452 - 313}{1680 - 1452} = 5,00 \pm 0,09$

$$e_{\text{frigo rev}} = \frac{T_f}{T_{ch} - T_f} = 7,51.$$

$$e_{\text{frigo}} < e_{\text{frigo rev}}.$$