

LP.28 MAchines thermiques

Marion

30/09/21

Niveau :PCSI

Pré-requis :

- Transformations thermodynamiques (isothermes, adiabatiques, réversible) (PCSI)
- Premier et second principe en système fermé (PCSI)
- Diagramme de Clapeyron CPCSI)

Difficultés :

- Signe des échanges thermiques et travail

Activité :

- TD Determination du rendement du moteur à explosion

Biblio :

—

Plan proposé

1	Machines dithermes	2
1.1	Application du premier et second principes de la thermodynamique	2
1.2	Différents types de machines thermiques	2
2	Étude de la pompe à chaleur (PAC)	2
2.1	Principe	2
2.2	Coefficients de performance	2

Intro pédagogique

PCSI, après le cours thermo
Difficultés de convention recepneur

Leçon

Intro

Entourés de machines thermiques dans la vie de tous les jours (frigo, moteur, etc)
Principe machine thermique : Convertir une forme d'énergie en une autre

L. Titre

- Transfert thermique → travail (moteurs)
- Travail → transfert thermique d'un corps froid vers un corps chaud (machines frigorifiques)

Fonctionnement : on fait subir à un fluide, de manière cyclique une succession de transformations thermodynamiques durant lesquelles l'échange du travail W et de la chaleur avec une ou plusieurs sources de chaleur

$$T_c > T_f$$

1 Machines dithermes

1.1 Application du premier et second principes de la thermodynamique

Système : fluide [cycle carré pour $P=f(V)$]

1er principe : $\Delta U = W + Q_c + Q_f = 0$ car cycle

2nd principe : $\Delta S = S_{ech} + S_{cre}$

$$\Delta S = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} + S_{cre} = 0 \text{ car cycle}$$

Or $S_{cre} \geq 0$ Donc Inégalité de Clausius-Carnot : $\frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} < 0$

1.2 Différents types de machines thermiques

Digramme de Raveau ($Q_c = f(Q_f)$). On trace inégalité de Clausius et signe du travail ($W=0$ pour $Q_c = -Q_f$). 5 zones apparaissent

Zones A et D possibles et intéressantes

****Lancement Manip pompe à chaleur****

2 Étude de la pompe à chaleur (PAC)

2.1 Principe

On modélise le cycle thermo sur le diagramme de Clapeyron (évaporateur et condenseur)

2.2 Coefficients de performance

Coefficient de performance COP = efficacité :

$$\text{COP} = \frac{\text{gain}}{\text{dpense}}$$

$$\text{Pour la PAC : } \text{COP}_{PAP} = \frac{-Q_c}{W}$$

Premier principe : $W + Q_c + Q_f = 0$

Second Principe réversible : $\frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} = 0$

$$\text{COP}_{\text{réversible}} = \frac{T_c}{T_c + T_f} \quad \textbf{Efficacité de Carnot}$$

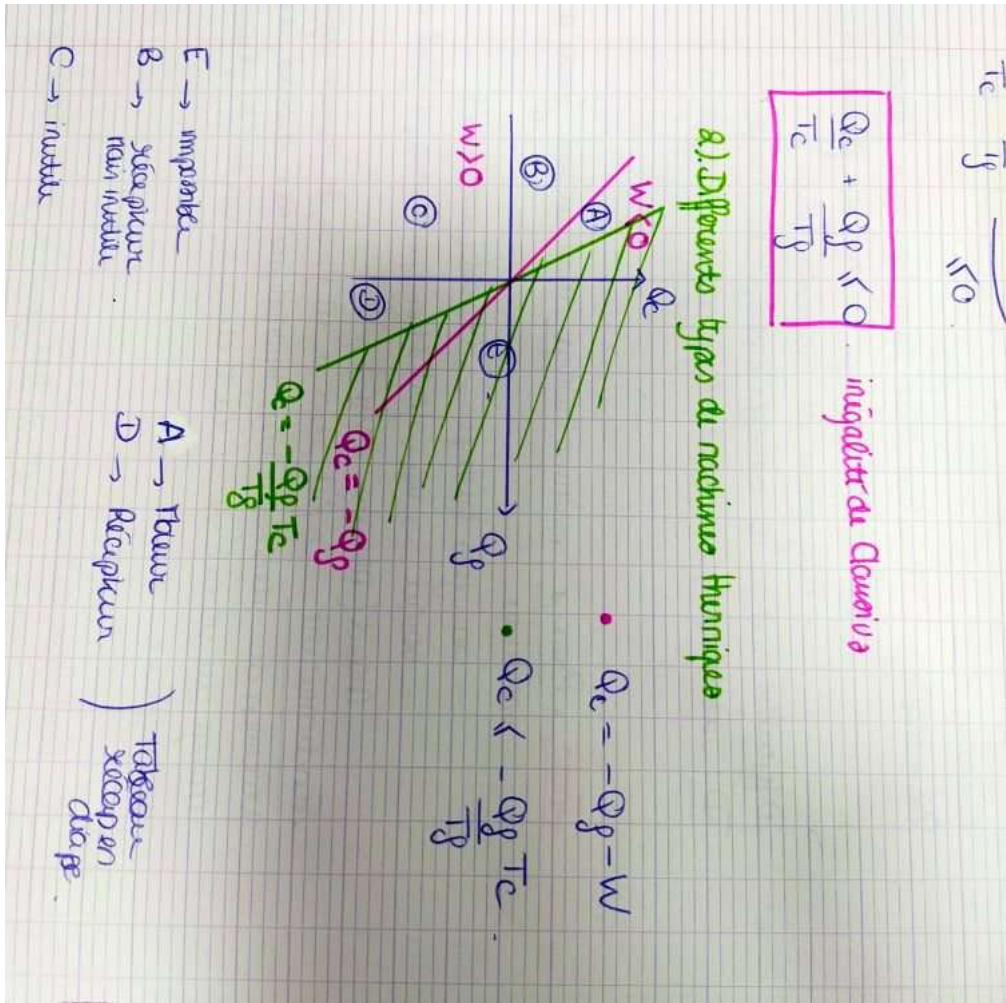


Figure 1 – Diagramme de Raveau

Evolution du COP de la PAC : $\text{COP}_{PAP} = \frac{-Q_c}{W}$

$$W = 0.8 \times P \times t$$

Premier principe eau chaude : $-Q_c = Q_{eau} = m \times c \times (T_c - T_f)$ avec c 4.18 kJ/kg/°C

****Résultat manip : COP = 0.7 ± 0.4**** très inférieur au rendement de Carnot (3.93) :
incertitudes et pertes

Conclusion

Ecoulement en système ouvert à voir après

Questions/Réponses

Questions	Réponses
<i>Unité de la température</i>	Kelvin !!
<i>Quels applications pour la pompe à chaleur</i>	Il faut faible différence de température
<i>Lancer au début de la leçon la manip</i>	Pour linéariser il faut des temps long
<i>GUM??</i>	
<i>Questions sur les types d'incertitudes</i>	Aiguille (triangulaire) différente de digital (rectangle)
<i>Explications de manip</i>	Compresseurs et détendeurs dans les bacs
<i>Normal d'avoir plus chauffé la source chaude que refroidit la source froide</i>	Logique car travail
<i>Quel fluide</i>	Fréon car eau pas très adapté (éroder) et il faut des changements d'état
<i>Reversible?</i>	Hypothèse
<i>D moteur à explosion</i>	Cycle de beau de Rochat et diagramme de Caalpeyron
<i>Attention chaleur différent de température</i>	Transfert thermique
<i>Machine monotherme</i>	N'existe pas plus démo
<i>Attention def un peu large (avec electricité par ex, pas machine thermique)</i>	

Si source chaude froide ?

Je reviens vers vous à propos de la question posée hier sur ce qui se passe pour la PAC si la source chaude est initialement plus froide que la source froide.

La première réponse (et on pourrait s'arrêter là) est que cela correspond à une zone du diagramme de Raveau qui n'est pas intéressante puisque l'on fournit un travail mécanique pour induire un transfert thermique d'une source plus chaude vers une source plus froide. Autant les mettre directement en contact.

Maintenant, que se passe-t-il si l'eau est initialement plus chaude dans le bac "froid" de la PAC de la collection ? D'après la notice (<http://materiel-physique.ens-lyon.fr/BDD/job/BDD/Notices/N000-048.pdf>) il est possible sur cette maquette de mesurer les 4 températures aux 4 "angles" du diagramme, c'est à dire par exemple avant et après l'entrée dans l'évaporateur (la source froide). Il me semble que dans la leçon, c'est plutôt les températures de l'eau des bacs qui ont été mesurées. Je pense que lorsque la PAC est démarrée (avec $T_{\text{bac}_{chaud}} = T_{\text{bac}_{froid}}$) les températures du fluide en sortie des bacs ne sont pas identiques à celle des bacs (sinon l'aire du cycle serait nulle). D'où le fait qu'il n'est pas très intéressant je pense de faire des mesures immédiatement après avoir lancé la manip. De la même manière je suppose que si $T_{\text{bac}_{chaud}} < T_{\text{bac}_{froid}}$, la machine parviendrait probablement à refroidir le bac froid et réchauffer le bac chaud puisque l'on n'aurait pas $T_{\text{sortie}_{\text{bac}_{froid}}} = T_{\text{bac}_{froid}}$ (si c'était le cas, le cycle serait retourné dans le diagramme et ça ne pourrait pas fonctionner).

<i>Succession de transformation pour que ca soit réversible? Cycle de Carnot?</i>	Cycle de Carnot : 2 isothermes et 2 adiabatiques réversibles et on met les isothermes lentes, pour équilibre thermique. Pour rendement de Carnot. Mais long en temps
<i>Pas Q_f dans le rendement?</i>	Rechauffer les sources froides, pas de problème
<i>Comparaisons avec d'autres cycles</i>	
<i>Thermocouples??</i>	2 fils différents avec des métaux différents, et du coup variation de comportement à la chaleur. Ils sont soudés à un endroit et il y a une différence de pression en fct de la différence de température. Il faut une autre soudure de ref dans l'appareil

Debrief

Tracer Raveau en réfléchissant à la pente. Attention, si on maîtrise "trop", on est trop rapide

Moteur de Stirling dangereux, à préparer en avance.

Intro pédagogique courte.

Ecrire les termes puis les valeurs numériques entre =

Attention degré kelvin.

Présenter clairement le système étudié!!