

## 21.MACHINES THERMIQUES

Plan (Cliquer sur le titre pour accéder au paragraphe)

\*\*\*\*\*

21.MACHINES THERMIQUES .....	1
I. INTRODUCTION .....	1
II. INSUFFISANCE DU PREMIER PRINCIPE .....	1
III. BILAN ENERGETIQUE ET ENTROPIQUE .....	1
III.1. Bilan énergétique .....	1
III.2. Bilan entropique .....	1
IV. CYCLE DITHERME : NE FAISANT INTERVENIR QUE DEUX SOURCES DE CHALEUR .....	2
V. LE CYCLE DE CARNOT .....	2
V.1. Définition .....	2
V.2. Le rendement .....	3

\*\*\*\*\*

### I. INTRODUCTION

**Une source de chaleur** : échange une énergie thermique avec un système de manière isotherme et réversible

$$\Delta S_{source} = \frac{-Q}{T_E}$$

avec  $Q$  : quantité de chaleur reçue par le système  
 $T_E$  : température de la source de chaleur.

**Une source d'énergie mécanique** : échange un travail  $W$  avec un système de façon adiabatique et réversible.

**Machine thermique** : Tout dispositif dans lequel un fluide subit une transformation cyclique.

### II. INSUFFISANCE DU PREMIER PRINCIPE

Un transfert thermique ne peut jamais s'effectuer intégralement (sans dépense d'énergie) d'une source froide vers une source chaude.

Un système en contact avec une seule source de chaleur ne peut, au cours d'un cycle, que recevoir du travail et fournir de la chaleur.

### III. BILAN ENERGETIQUE ET ENTROPIQUE

#### III.1. Bilan énergétique

Soit  $Q_i$  la chaleur reçue par le système lorsqu'il est en contact avec une source de chaleur à la température  $T_i$ .

$$\Delta U_{cycle} = 0 = W + \sum_i Q_i$$

#### III.2. Bilan entropique

Puisque le système décrit un cycle  $\Delta S_{cycle} = 0$  or  $\Delta S = \sum_i \frac{Q_i}{T_i} + S^P$  donc  $\sum_i \frac{Q_i}{T_i} \leq 0$

Cette dernière inégalité constitue l'inégalité de Clausius lors d'échanges thermiques avec des sources de température constante.

Si les échanges thermiques se font avec des sources de température variable l'inégalité se traduit par :

$$\int_{\text{cycle}} \frac{\delta Q}{T_e} \leq 0$$

Les inégalités se transforment en égalité lors de transformations réversibles.

#### IV. CYCLE DITHERME : NE FAISANT INTERVENIR QUE DEUX SOURCES DE CHALEUR

Soit une **source chaude** à la température  $T_C$ , le système reçoit de la part de la source chaude la quantité de chaleur  $Q_C$ .

Soit une **source froide** à la température  $T_F$ , le système reçoit de la part de la source froide la quantité de chaleur  $Q_F$ .

**Premier principe :**

$$\Delta U = 0 = W + Q_C + Q_F$$

**Deuxième principe :**

$$\frac{Q_C}{T_C} + \frac{Q_F}{T_F} \leq 0$$

A partir de ces deux équations on définit deux types de machines intéressantes :

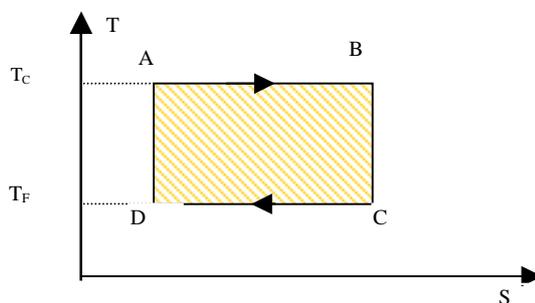
Le **moteur** :  $W < 0, Q_C > 0, Q_F < 0$

La **pompe à chaleur** et le **réfrigérateur** :  $W > 0, Q_C < 0, Q_F > 0$

#### V. LE CYCLE DE CARNOT

##### V.1. Définition

C'est un cycle ditherme réversible, il est constitué de 2 transformations isothermes, de températures égales aux températures des sources et de deux adiabatiques séparant les deux isothermes.



$$Q_C = T_C \Delta S_{AB} > 0$$

$$Q_F = T_F \Delta S_{CA} < 0$$

La chaleur échangée par le cycle  $Q_C + Q_F$  est représentée par l'aire hachurée par le cycle elle est comptée ici positivement si le cycle est décrit dans le sens horaire, le cycle est alors moteur. Elle est comptée négativement si le cycle est décrit dans le sens trigonométrique, le cycle est alors récepteur.

Le diagramme (T,S) est appelé *diagramme entropique*, contrairement au diagramme de Clapeyron, il n'est pas nécessaire de connaître l'équation d'état du fluide pour le tracer.

### V.2. Le rendement

Le *rendement* d'une machine thermique est défini par :  $\eta = \text{gain} / \text{dépense}$

Cas du *moteur ditherme*

$$\eta = -W / Q_c = 1 + Q_F / Q_c$$

$$\eta_{\text{rév}} = 1 - \frac{T_F}{T_c} \quad \text{et} \quad \eta_{\text{irrév}} < 1 - \frac{T_F}{T_c}$$

Cas du *réfrigérateur ditherme*

$$\eta = Q_F / W = - \frac{Q_F}{Q_C + Q_F}$$

$$\eta_{\text{irrév}} < \frac{T_F}{T_C - T_F}$$

Cas de la *pompe à chaleur*

$$\eta = -Q_c / W = \frac{Q_c}{Q_C + Q_F}$$

$$\eta_{\text{irrév}} < \frac{T_c}{T_C - T_F}$$