

## Definition

On distingue deux types de machines thermiques :

les machines **réceptrices** dont font partie les réfrigérateurs et les pompes à chaleur (ou PAC). Le principe de ces machines est de convertir de l'énergie d'origine mécanique en transfert thermique.

les **moteurs** dont le but est la conversion d'énergie thermique en travail mécanique.





Figure – Machine réceptrices usuelles : réfrigérateur, climatisation, pompe à chaleur



Figure – Moteur à essence usuel pour tondeuse à gazon ou de paquebot.

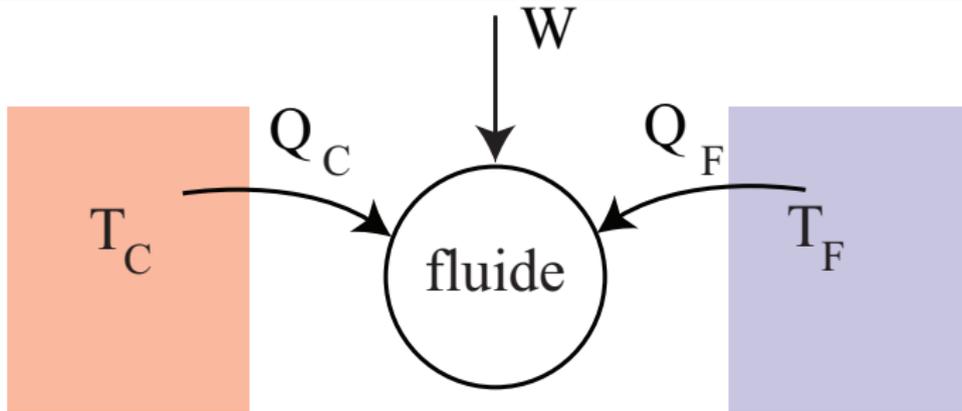


Figure – Représentation symbolique d'une machine thermique ditherme

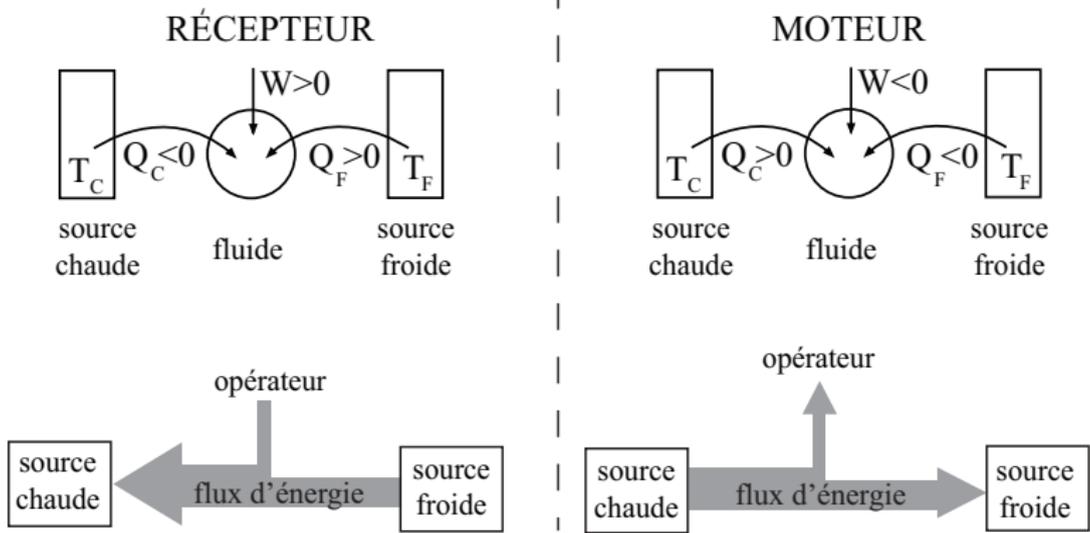


Figure – Illustration des transferts d'énergie dans une machine thermique

## Definition

On définit un **rendement** pour un moteur comme étant le rapport de la quantité d'énergie récupérée sous forme de travail par celle dépensée en chauffage  $Q_C$  :

$$\eta_{\text{moteur}} = \frac{-W}{Q_C}$$

## Definition

L' **efficacité** pour les machines réfrigérantes (noté  $e_F$ ) et les machines chauffantes de type pompe à chaleur (noté  $e_C$ ) est le rapport entre le transfert thermique utile  $Q_F$  (respectivement  $Q_C$ ) et le travail mécanique noté  $W$ .

$$e_F = \frac{Q_F}{W} \quad \text{et} \quad e_C = \frac{-Q_C}{W}$$



Moteur thermique  
 $\eta \sim 0,3$



Réfrigérateur  
 $e_F \sim 3$



Pompe à chaleur  
 $e_C \sim 3$

Figure – Rendement et efficacité des machines usuelles

## Exemple

*On*

*dépose une masse  $m = 100 \text{ g}$  d'eau liquide à  $\theta_1 = 20^\circ \text{C}$  dans un congélateur dont la température intérieure est de  $\theta_2 = -20^\circ \text{C}$ .*

*1 - Pour un congélateur usuel d'efficacité  $e_F = 3$ , déterminer l'énergie consommée.*

*2 - Si le congélateur consomme une puissance électrique de  $250 \text{ W}$ , déterminer le temps nécessaire à la transformation. Commenter.*

*Données :*

*capacité thermique de l'eau liquide :  $c_{liq} = 4,18 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$*

*capacité thermique de l'eau - glace :  $c_{gl} = 2,06 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$*

*enthalpie massique fusion de la glace :  $l_F = 330 \text{ kJ.kg}^{-1}$*





Figure – Projet Tessera Solar, abandonné en 2010. Production théorique de 850 MW

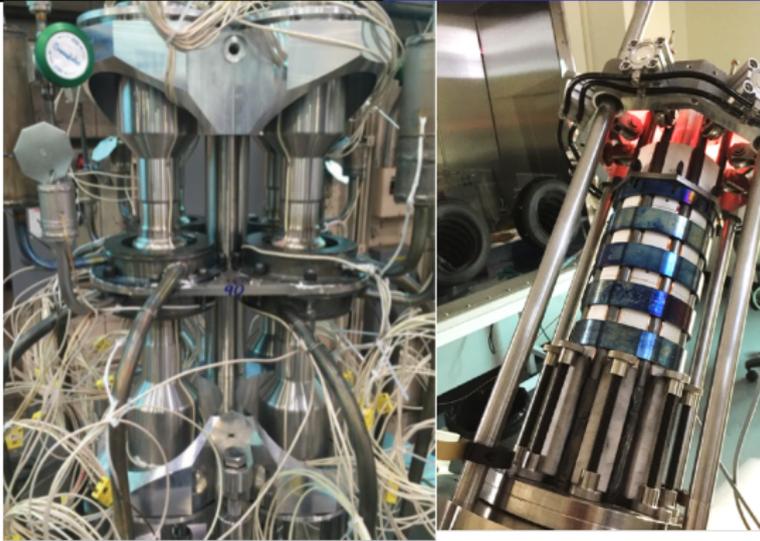


Figure – Kilopower project, Nasa, générateur électrique nucléaire de type Stirling, 2017

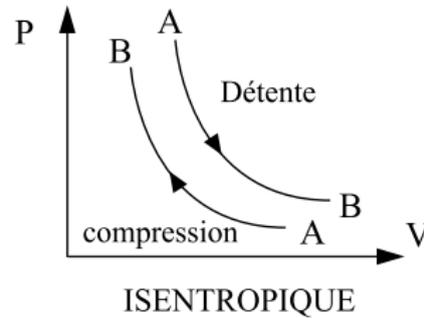
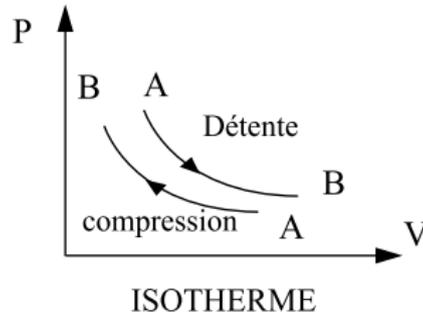
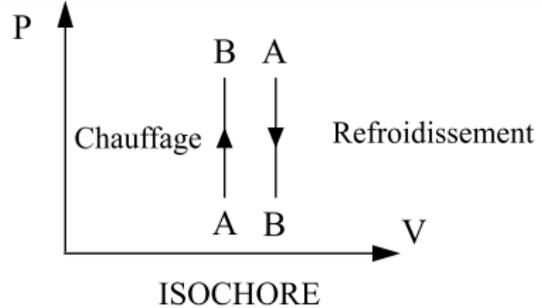
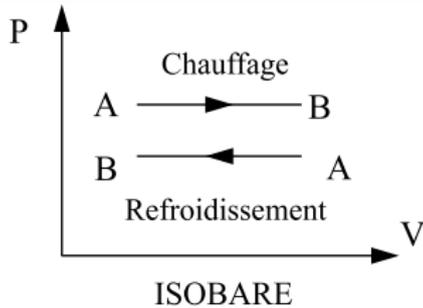


Figure – Les différentes transformations

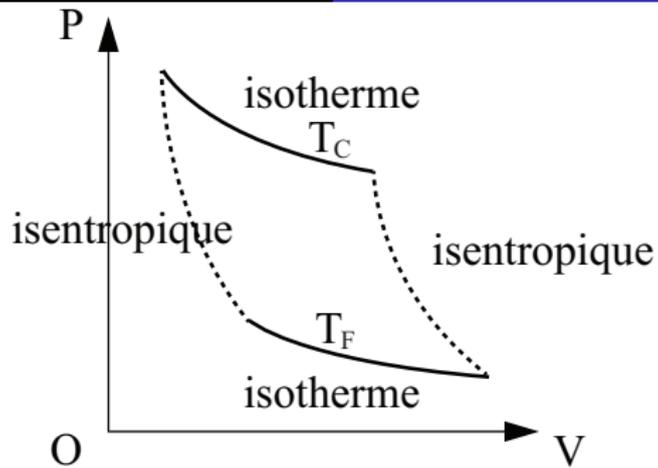


Figure – Cycle de Carnot

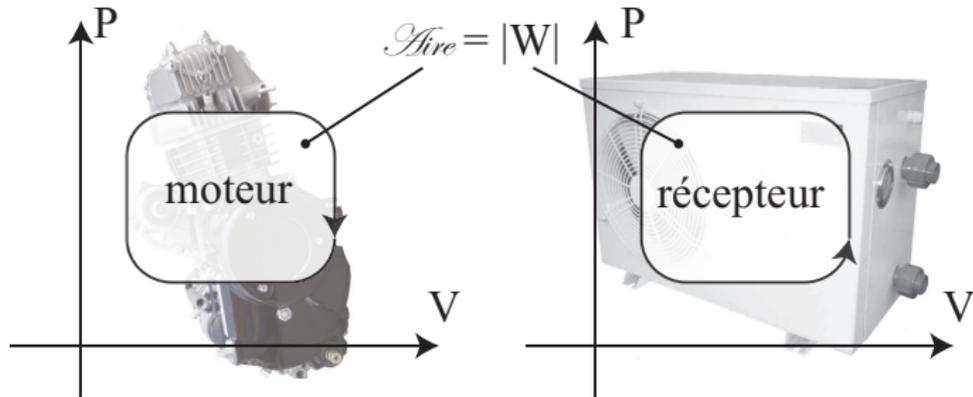
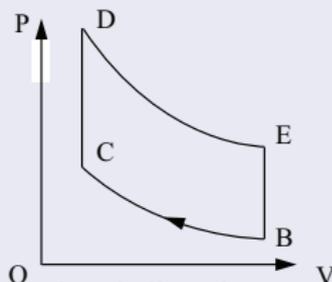


Figure – Cycles moteur et récepteur

## Exemple

D'après Centrale 04, CCP 10

Le cycle d'un moteur à explosion peut s'écrire de manière idéalisée par le cycle de Beau de Rochas ci-contre, comprenant deux transformations isochores et deux adiabatiques réversibles pour un gaz parfait. On notera  $\alpha = V_B/V_C$ , la quantité de chaleur due à l'explosion est reçue au cours de la transformation CD



- 1 - Le diagramme représentant le cycle thermodynamique renseigne-t-il sur le caractère moteur de la machine étudiée ?
- 2 - Préciser les relations liant  $P$  à  $V$  pour les transformations BC et DE du cycle.
- 3 - Définir le rendement  $\eta$  du cycle en fonction des quantités de chaleur reçues par le système au cours des transformations  $Q_{CD}$  et  $Q_{EB}$ . Établir l'égalité :  $\eta = 1 - \alpha^{1-\gamma}$ .
- 4 - Calculer  $\eta$  pour un moteur à essence de taux de compression  $\alpha = 10$ . On suppose que  $\gamma = 1,4$  pour le mélange air-essence.

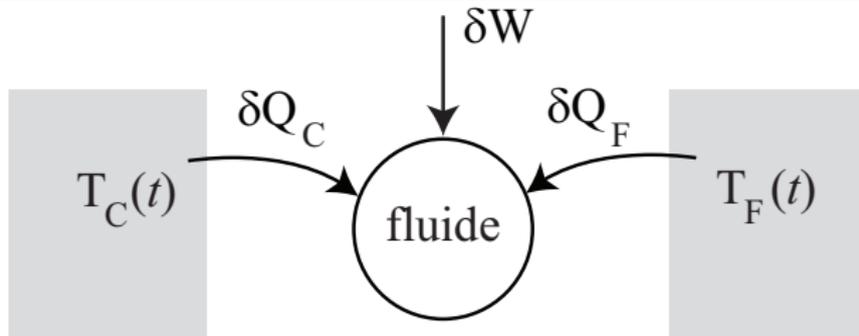


Figure – Représentation d'une machine pour un cycle considéré comme une transformation infinitésimale

## Exemple

D'après Oral CCP 15

Un moteur de Stirling fonctionne grâce à une masse  $m_1 = 100$  g d'eau chaude à la température  $\theta_C(t = 0) = 60^\circ\text{C}$ . Ce moteur fonctionne de manière réversible entre la source d'eau chaude et l'air extérieur de température constante  $\theta_F = 20^\circ\text{C}$ .

- 1 - Déterminer un critère d'arrêt pour le moteur.
  - 2 - Déterminer le travail maximal récupérable par cette machine.
- Données :  $c_{\text{liq}} = 4,18 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

