

PREPARATION À L'EXAMEN

Si vous avez des questions:

Envoyez moi un email: anna.sfyrla@unige.ch

Ou

Venez demander!!

7/1/2019 – 11/1/2019

10:30 – 12:00

213 B – 2ème étage

École de physique

(de preference après avoir envoyé un email!)

THERMODYNAMIQUE

1^{er} principe de la thermodynamique

Travail, chaleur et énergie interne

Transformations d'état

Cycles et machines thermiques

Rendement d'une machine thermique

Cycle de Carnot

Moteur de Stirling

2^{ème} principe de la thermodynamique, Entropie

PGC-11

TRANSFORMATION ADIABATIQUE

$$Q=0 \quad \Delta U=Q+W$$

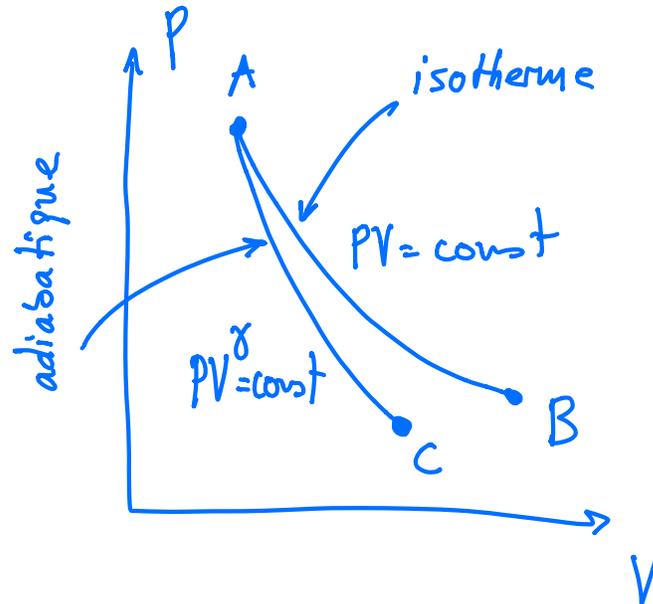
$$\Delta U=W$$

$$PV^\gamma = \text{const}$$

$$TV^{\gamma-1} = \text{const}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

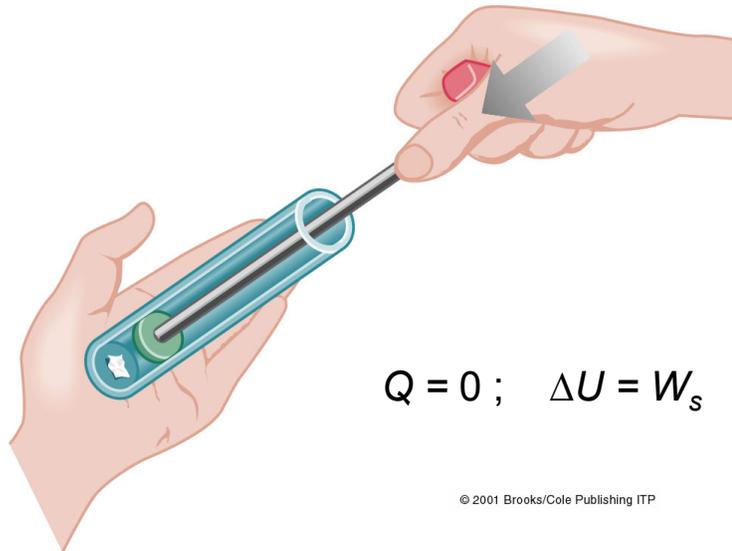
$$(Q = nC_v \Delta T)$$



EXEMPLE

Si le gaz est comprimé, du travail s'effectue sur le gaz ($W_s > 0$) et son énergie interne augmente de même que T . Dans un moteur diesel, la compression adiabatique rapide de l'air par un facteur ~ 20 résulte en une élévation de température telle que lorsque l'essence y pénètre, le mélange s'enflamme spontanément.

Seringue de feu : en comprimant rapidement le gaz dans l'éprouvette avec un piston, le morceau de coton s'enflamme spontanément en raison de l'élévation de température.



$$Q = 0 ; \quad \Delta U = W_s$$

RÉSUMÉ DES TRANSFORMATIONS

Pour tout: $\Delta U = Q + W$

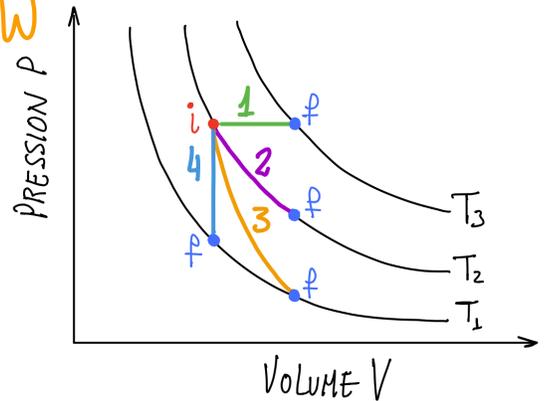
$$\Delta U = n C_v \Delta T$$

1) $P = \text{const}$ Isobare $Q = n C_p \Delta T$ $W = -P \cdot \Delta T$

2) $T = \text{const}$ Isotherme $Q = -W = nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$ $\Delta U = 0$

3) $PV^\gamma = \text{const}$ Adiabatique $Q = 0$ $\Delta U = W$

4) $V = \text{const}$ Isochore $Q = \Delta U = n C_v \Delta T$
 $W = 0$



$$W = -\int P dV$$

$$\Delta U = Q + W$$

Le diagramme ci-dessous décrit la transformation d'un gaz quand une chaleur Q est fournie. Pour le processus montré, laquelle des relations suivantes est correcte :

- a. $Q_A > Q_B$
- b. $Q_A = Q_B$
- c. $Q_A < Q_B$

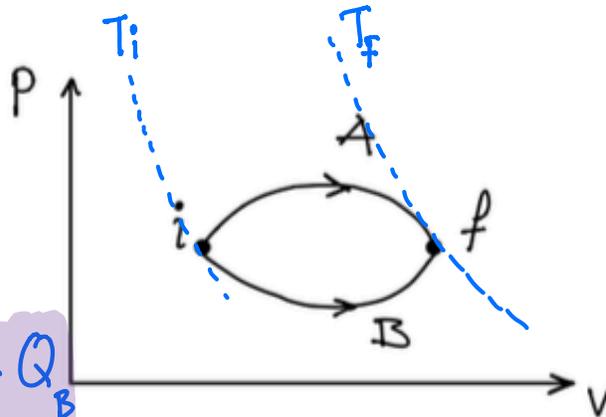
$$\begin{aligned}\Delta U_A &= \Delta U_B \\ |W_A| &> |W_B| \\ W_A &< W_B\end{aligned}$$

$$Q = \Delta U - W$$

$$Q_A = \Delta U_A - W_A$$

$$Q_B = \Delta U_B - W_B$$

$$\Delta U_A - W_A > \Delta U_B - W_B \Rightarrow Q_A > Q_B$$



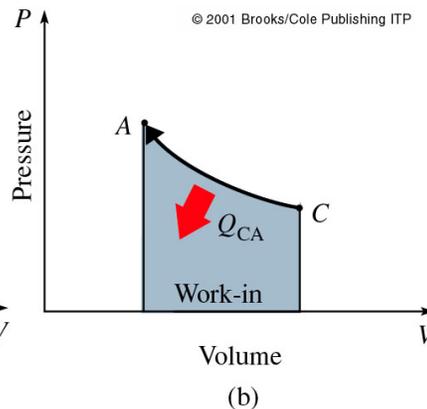
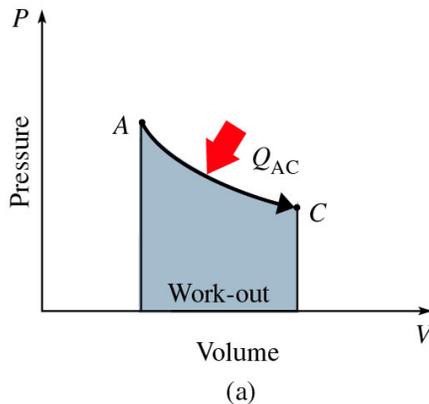
CYCLES THERMIQUES

Dans ce qui suit, nous ne considérons que des transformations réversibles et nous voulons que le système revienne à son état initial après les transformations : $\Delta U = 0$.

Le diagramme dans le plan $P - V$ représente alors un cycle.

$$W_{A \rightarrow C} = - \int P dV < 0 \quad Q = -W_{Ac} > 0$$

$$W_{C \rightarrow A} = - \int P dV > 0 \quad Q = -W_{CA} < 0$$



© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP

$$W_{TOT} = W_{AC} + W_{CA} = 0$$

CYCLES THERMIQUES

• **A → B** : $W < 0$

$T \uparrow \Rightarrow \Delta U \uparrow$

chaleur qui entre
 $Q_{AB} = \Delta U_{AB} - W_{AB} > 0$

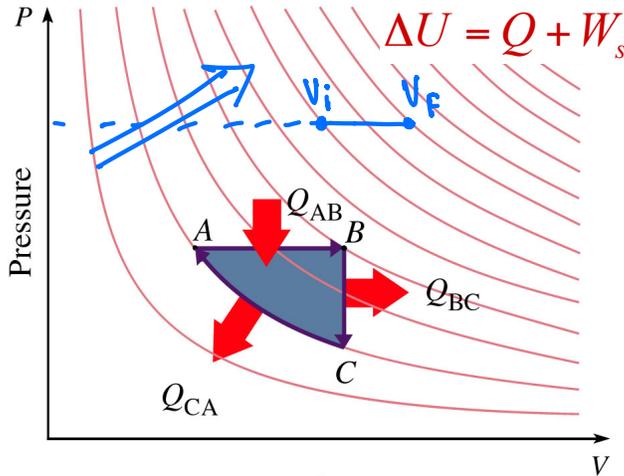
• **B → C** :

$W = 0$

$\Delta U < 0$ ($T_B > T_C$)

$Q_{BC} = \Delta U_{BC} < 0$

chaleur cédée par le système



• **C → A** Isotherme $\Delta U = 0$

$W > 0$

$Q < 0$

↓
 perte de chaleur

$\Delta U_{ABCA} = 0$ parcours fermé

MOTEURS THERMIQUES

Un moteur thermique est un dispositif cyclique qui convertit l'énergie thermique en travail qu'il cède à l'extérieur.

$$T = \text{const} \quad \Delta U = 0$$

Travail entre reservoir à T_H et

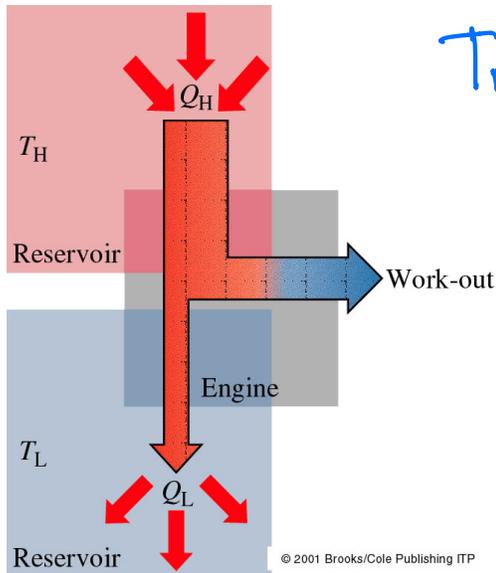
$$T_L \quad Q_H > 0$$

$$Q_L < 0$$

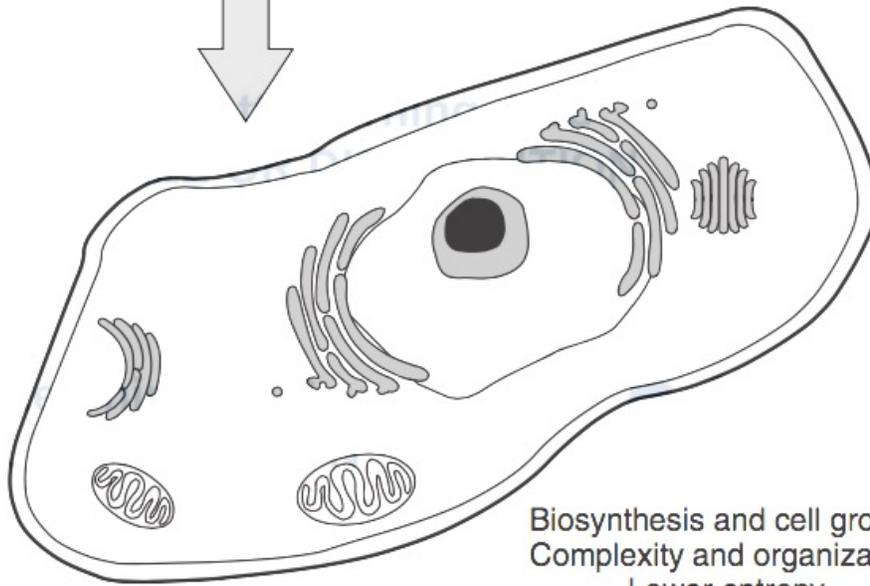
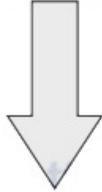
Chaleur absorbée

$$Q_H + Q_L = Q > 0$$

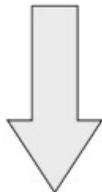
$$W = -Q$$



Energy and matter enter
from surroundings

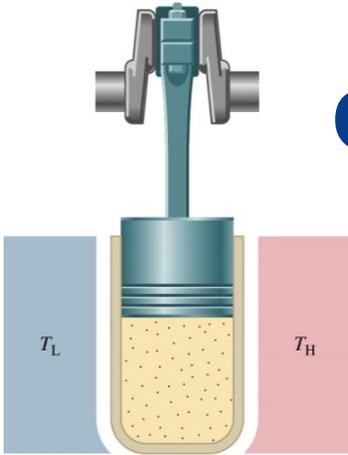


Biosynthesis and cell growth
Complexity and organization
Lower entropy



Waste matter and heat
leave to surroundings

CYCLE DE CARNOT



© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP

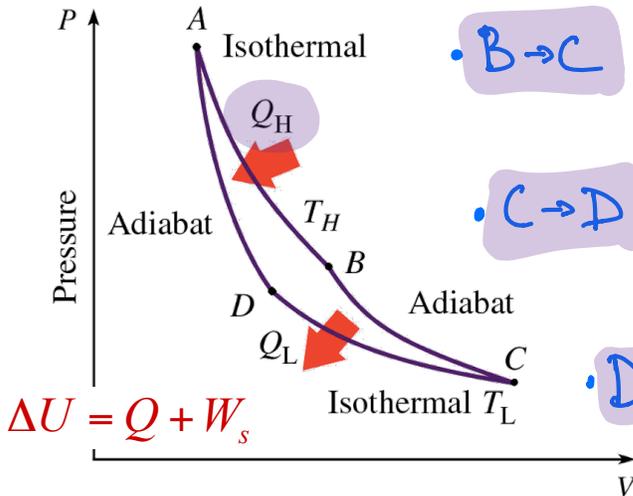
Le cycle de Carnot est un cycle idéal qui ne correspond à aucun moteur réalisable, fonctionnant selon un cycle réversible.

• $A \rightarrow B$ détente isotherme $\Delta U = 0$
 $W < 0$
 $Q_H > 0$

• $B \rightarrow C$ détente adiabatique P, V, T changent
 $Q = 0$ $W = \Delta U < 0$

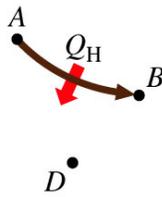
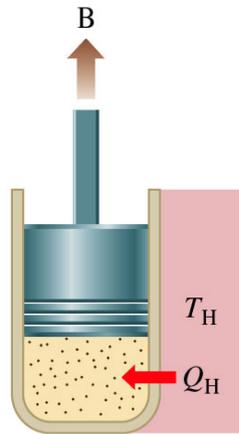
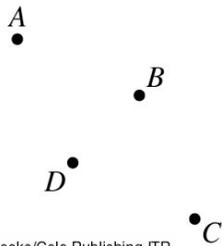
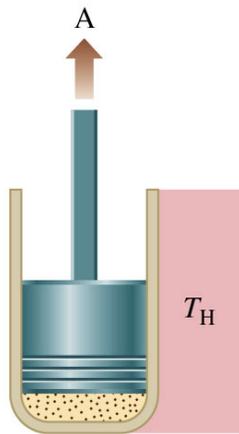
• $C \rightarrow D$ compression isotherme $\Delta U = 0$
 $W > 0$ $Q_L < 0$

• $D \rightarrow A$ compression adiabatique
 $Q = 0$ $W = \Delta U > 0$

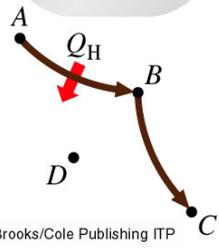
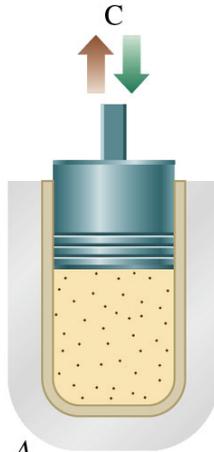


© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP

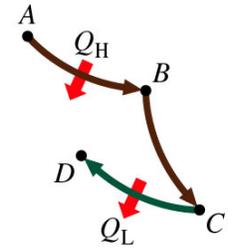
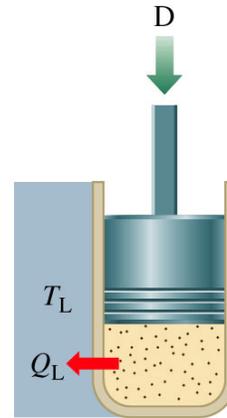
Volume



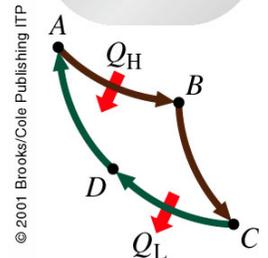
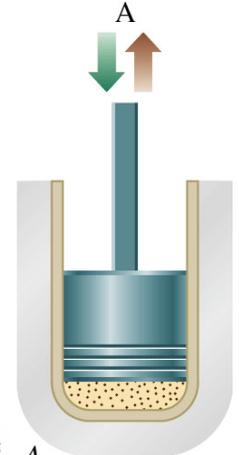
1. détente isotherme



2. détente adiabatique



3. compression isotherme



4. compression adiabatique

RENDEMENT D'UNE MACHINE THERMIQUE

$$r = \frac{\text{Énergie disponible sortante}}{\text{Énergie entrante}} = \frac{\text{Énergie utile}}{\text{Énergie fournie}}$$

Carnot ----> rendement maximal.

$$r = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

RENDEMENT DU CYCLE DE CARNOT

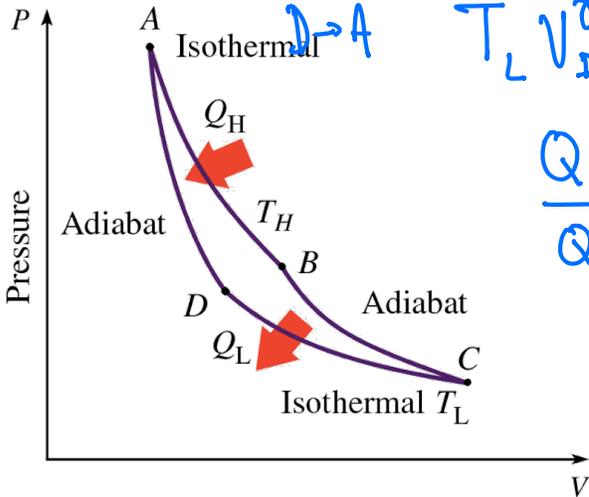
$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$\frac{Q_L}{Q_H} = \frac{nRT_L \ln \frac{V_C}{V_D}}{nRT_H \ln(V_B/V_A)} \quad (1)$$

$$B \rightarrow C \quad T_H V_B^{\gamma-1} = T_L V_C^{\gamma-1}$$

$$D \rightarrow A \quad T_L V_D^{\gamma-1} = T_H V_A^{\gamma-1}$$

$$\Rightarrow \frac{V_C}{V_D} = \frac{V_B}{V_A} \quad (2)$$



$$\frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$\eta = 1$ IMPOSSIBLE

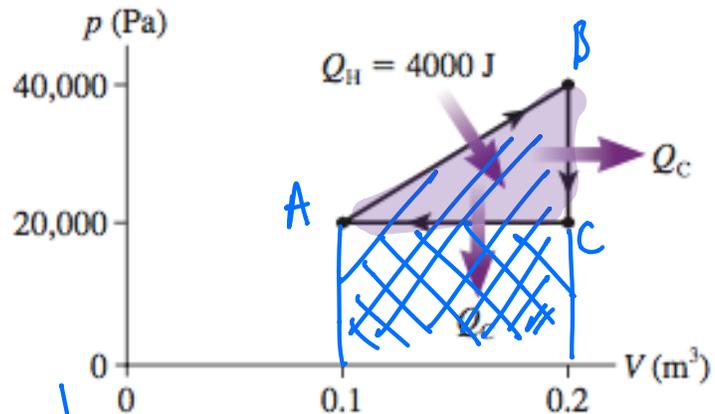
$$r = \frac{W}{Q_H}$$

$$Q_H = 4000 \text{ J}$$

QUESTION

Trouver le rendement de la machine décrite par le diagramme P-V dessus.

- (a) 0.10
- (b) 0.50
- (c) 0.25
- (d) 4
- (e) On peut dire puisqu'on ne connaît pas Q_C



$$|W| = |W_{AB} + W_{AC}| = |W_{AB}| - |W_{AC}|$$

$$|W| = \left(\frac{1}{2} \times 20.000 \times 0.1 \right) \text{ J} = 1000 \text{ J}$$

$$r = \frac{1000}{4000} = 0,25$$

QUESTION

Est-ce que la machine à côté est possible à construire?

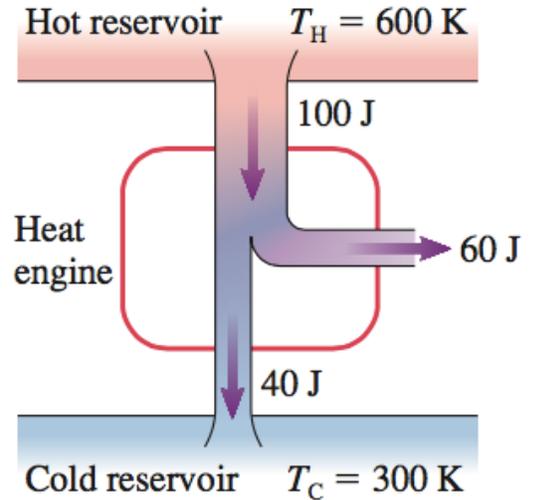
(a) Oui

(b) Non

(c) On ne peut pas dire

$$\eta_{\text{machine}} = \frac{W}{Q_H} = \frac{60 \text{ J}}{100 \text{ J}} = 0.6$$

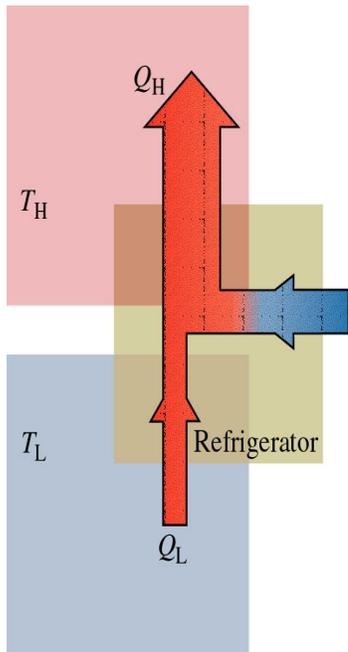
$$\eta_{\text{ideal}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{600} = 0.5$$



$\eta_{\text{machine}} > \eta_{\text{ideal}}$
 \Rightarrow PAS POSSIBLE!

RÉFRIGÉRATEURS ET CLIMATISEURS

Réfrigérateur \approx moteur thermique marchant à l'envers



$$W = Q = Q_H - Q_L$$

coefficient de performance

$$\eta = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$$

$$N_c = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$