

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

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

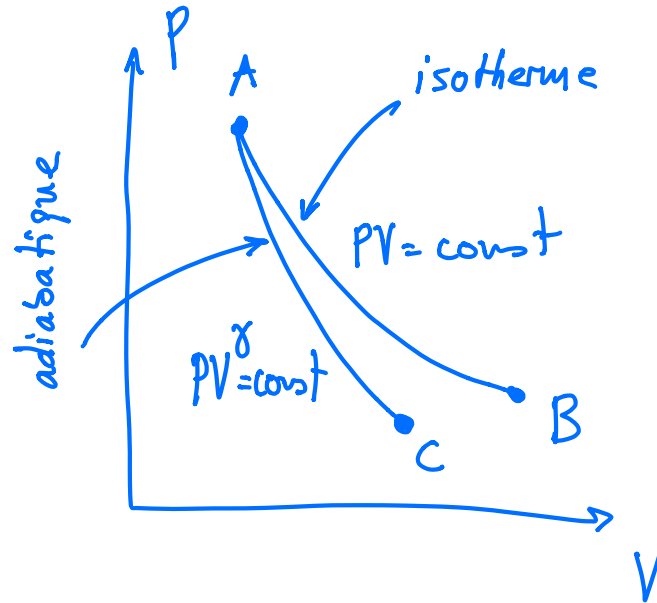
$$\Delta U=W$$

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

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

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

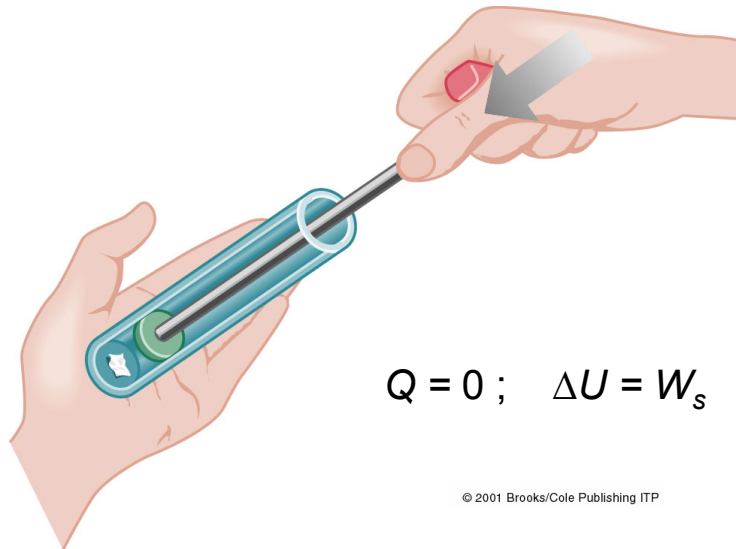
$$(Q = nC_v \Delta T)$$



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: $\Delta U = Q + W$

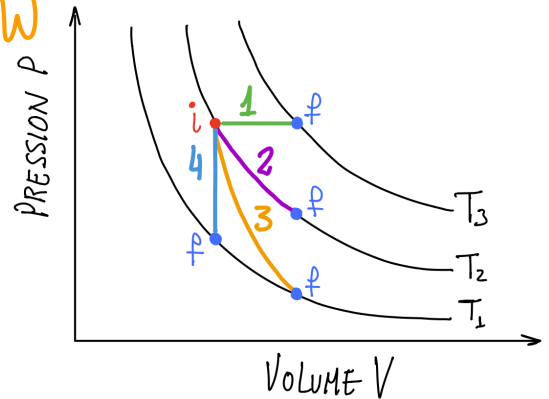
$$\Delta U = n C_v \Delta T$$

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. $Q_A < Q_B$

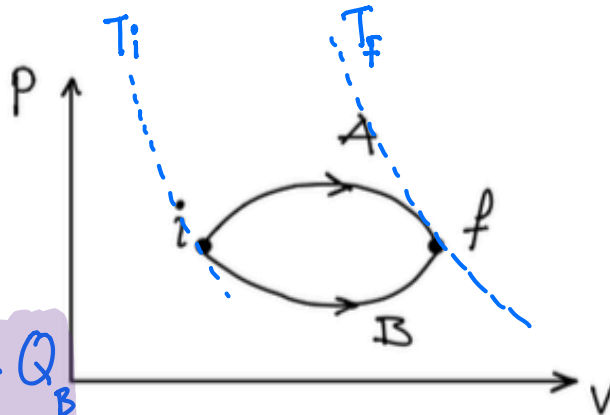
$$\begin{aligned}\Delta U_A &= \Delta U_B \\ |W_A| &> |W_B| \\ W_A &< W_B\end{aligned}$$

$$Q = \Delta U - W$$

$$Q_A = \Delta U_A - W_A$$

$$Q_B = \Delta U_B - W_B$$

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



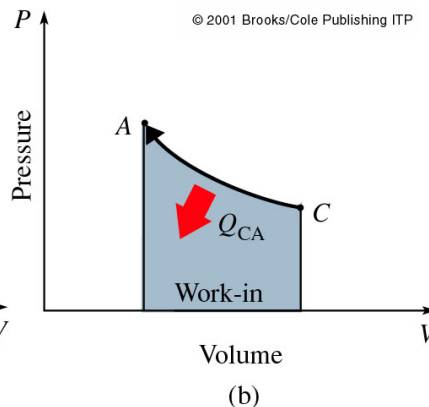
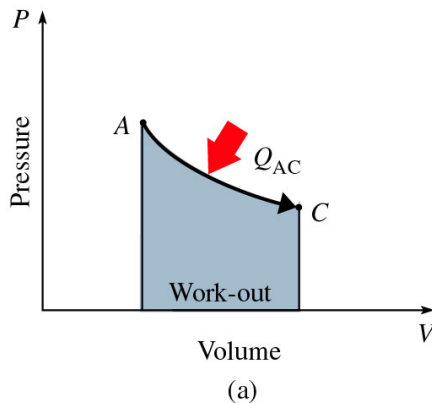
CYCLES THERMIQUES

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

• $A \rightarrow B$: $W < 0$

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

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

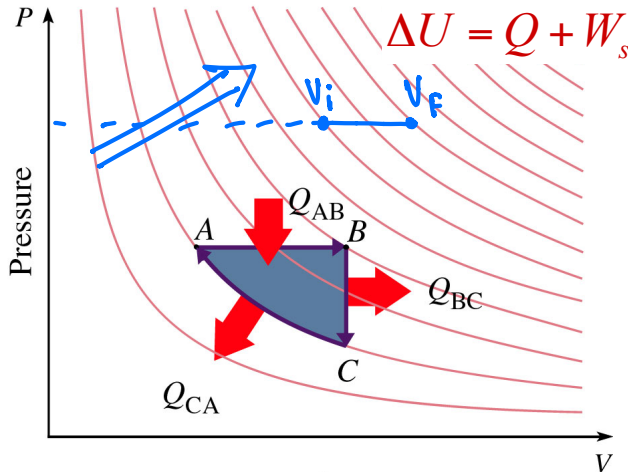
• $B \rightarrow C$:

$W = 0$

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

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

chaleur cédée par le système



• $C \rightarrow A$ 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

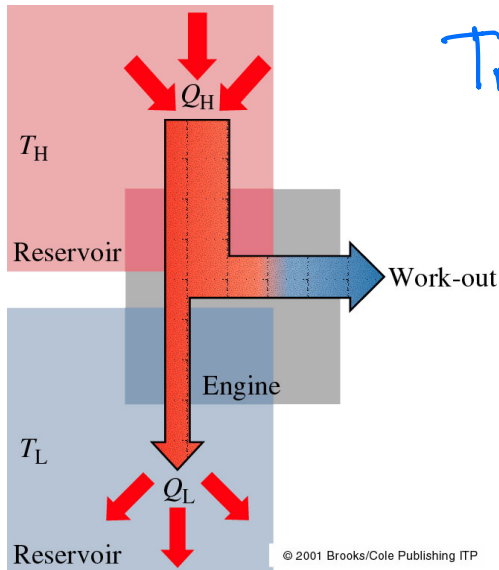
$$T_L \quad Q_H > 0$$

$$Q_L < 0$$

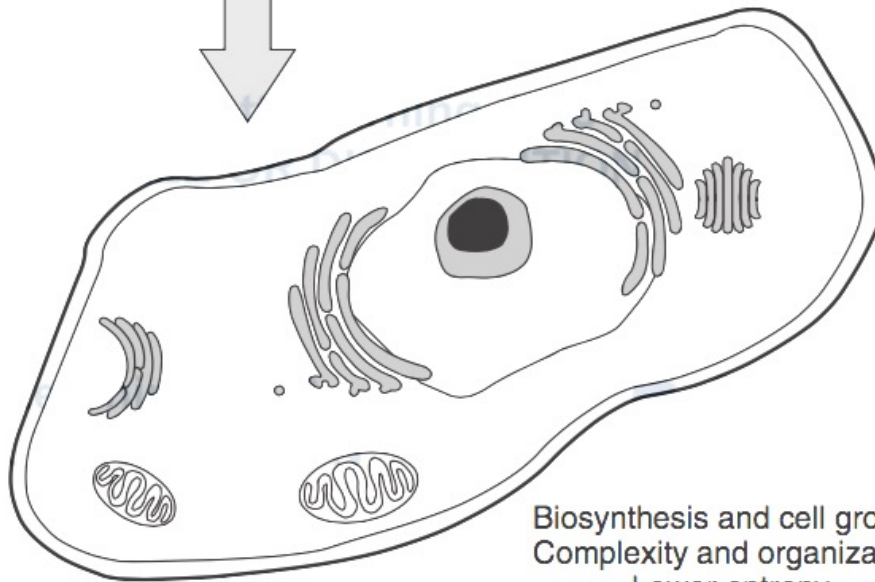
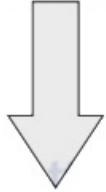
Chaleur absorbée

$$Q_H + Q_L = Q > 0$$

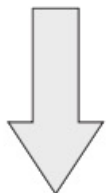
$$W = -Q$$



Energy and matter enter
from surroundings

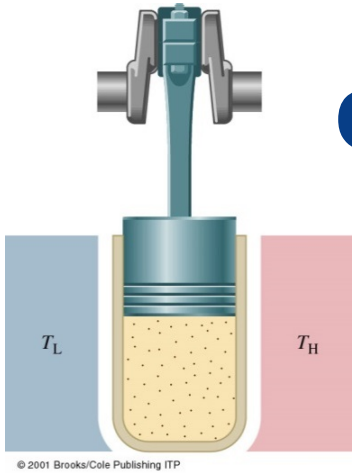


Biosynthesis and cell growth
Complexity and organization
Lower entropy



Waste matter and heat
leave to surroundings

CYCLE DE CARNOT



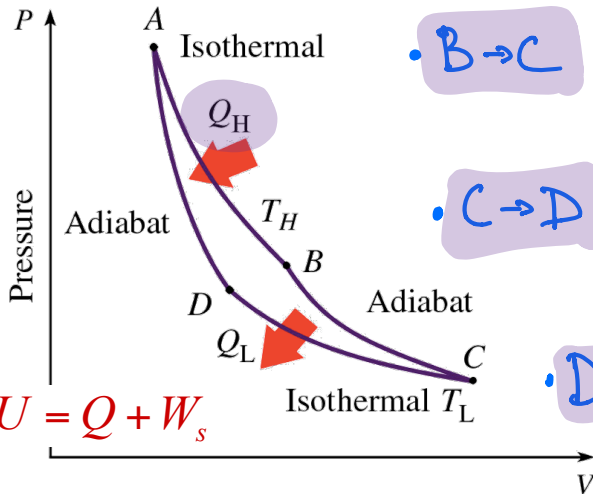
Le cycle de Carnot est un cycle idéal qui ne correspond à aucun moteur réalisable, fonctionnant selon un cycle réversible.

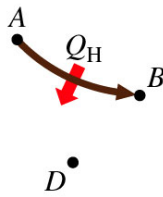
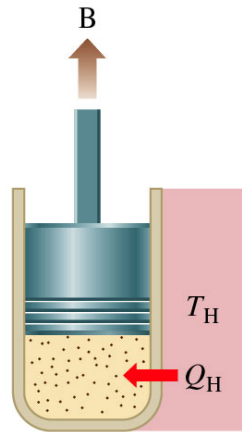
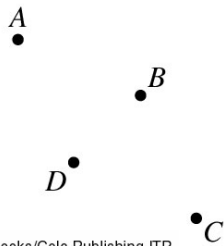
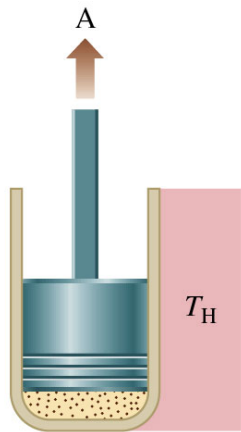
• **A → B** détente isotherme $\Delta U = 0$
 $W < 0$
 $Q_H > 0$

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

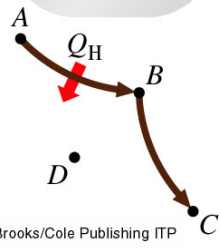
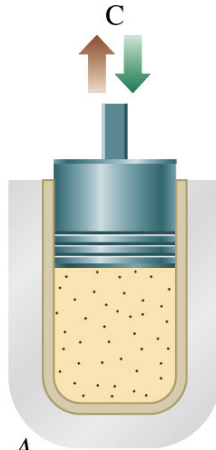
• **C → D** compression isotherme $\Delta U = 0$
 $W > 0$ $Q_L < 0$

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

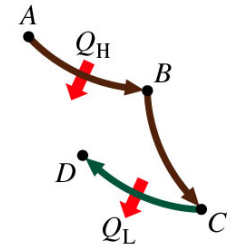
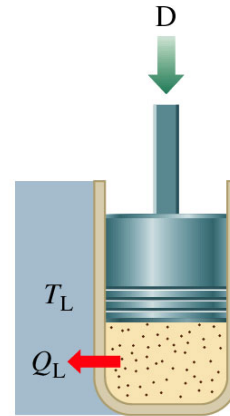




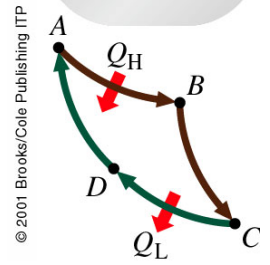
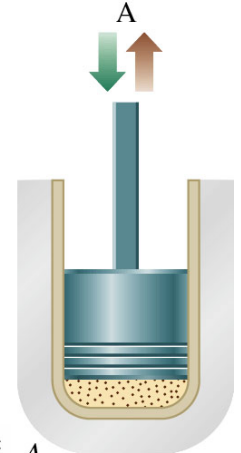
1. détente isotherme



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

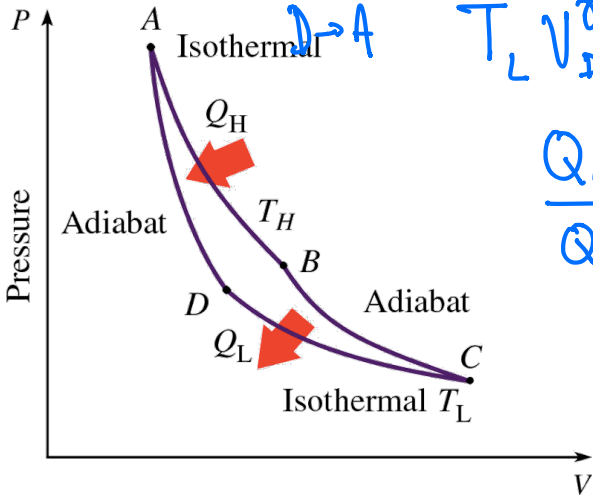
$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

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

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

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

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



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

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

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

$\eta = 1$ IMPOSSIBLE

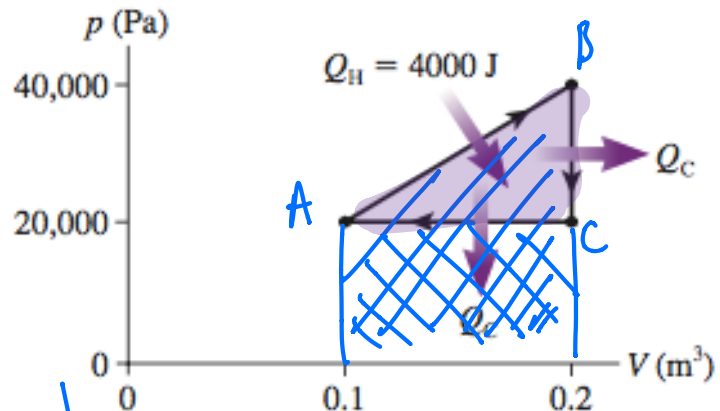
$$r = \frac{W}{Q_H}$$

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

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?

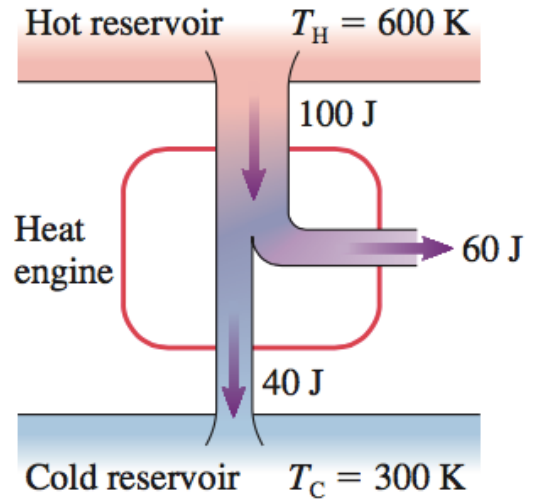
(a) Oui

(b) Non

(c) On ne peut pas dire

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

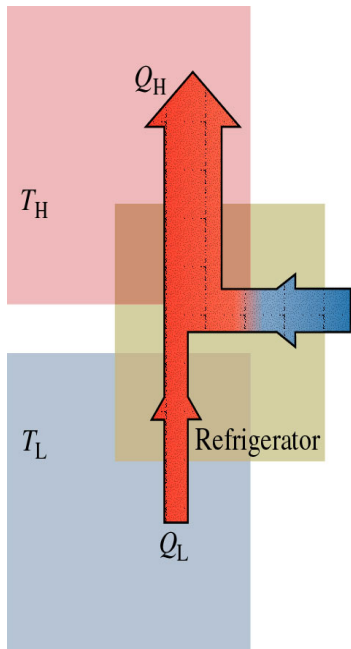
$$\eta_{\text{ideal}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{600} = 0.5$$



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

RÉFRIGÉRATEURS ET CLIMATISEURS

Réfrigérateur \approx moteur thermique marchant à l'envers



$$W = Q = Q_H - Q_L$$

coefficient de performance

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

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