

SERIE D'EXERCICES N° 28 : THERMODYNAMIQUE : MACHINES THERMIQUES

Exercice 1 : cycle de Carnot.

Un gaz parfait décrit un cycle de Carnot réversible. Etablir le rendement du moteur thermique en fonction de T_1 , température de la source chaude, et de T_2 , température de la source froide.

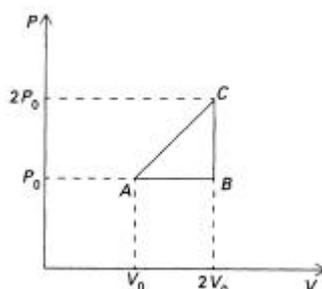
Exercice 2 : cycle triangulaire.

On considère le cycle réversible ci-dessous décrit par un gaz parfait.

1. Dans quel sens ce cycle doit-il être parcouru pour que le fonctionnement soit de type moteur ?

2. Calculer le rendement en fonction de $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ supposé constant.

Application numérique : $\gamma = 1,4$.

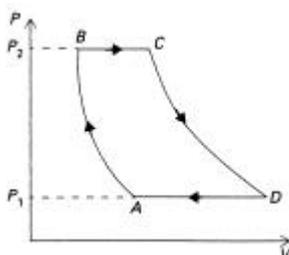


Exercice 3 : cycle de Brayton.

Un cycle de Brayton est formé de deux adiabatiques et de deux isobares alternées, ainsi que représenté ci-dessous. Le cycle est supposé réversible, il est décrit dans le sens moteur par un gaz parfait. Pour ce gaz parfait, γ est supposé constant.

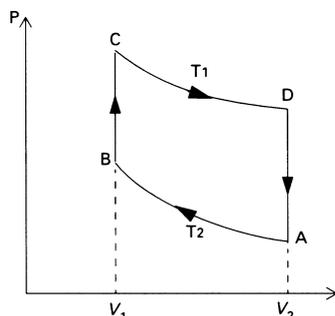
On pose $a = \frac{P_2}{P_1}$. Calculer le rendement en fonction de a et γ .

Application numérique : $a = 8$; $\gamma = 1,4$.



Exercice 4 : cycle de Stirling.

Un cycle de Stirling est formé de deux isothermes et de deux isochores alternées, ainsi que représenté ci-dessous. Le cycle est supposé réversible ; il est décrit dans le sens moteur par un gaz parfait. Pour ce gaz parfait γ est supposé constant.



1. En fonction des températures T_1 et T_2 , du taux de compression $a = \frac{V_2}{V_1}$ et de n , R et γ , établir les expressions :

- de la quantité de chaleur Q_1 reçue par le système au cours d'un cycle moteur réversible ;
- de la quantité de chaleur Q_2 cédée par le système au cours d'un cycle moteur réversible ;
- du rendement thermodynamique de ce cycle.

2. Quelle est l'expression du rendement du cycle de Carnot réversible correspondant (c'est à dire utilisant des sources dont les températures sont égales aux températures extrêmes précédentes) ?

3. Comparer les deux rendements et montrer que le sens de l'inégalité est indépendant des valeurs numériques des paramètres.

Exercice 5.

On veut réguler la température du chauffe-eau d'un bungalow (c'est à dire la maintenir fixe) à $T_2 = 333 \text{ K}$ en utilisant le site où il se trouve : air extérieur chaud à $T_1 = 310 \text{ K}$ et eau froide d'un lac à $T_3 = 285 \text{ K}$. On utilise à cet effet un moteur ditherme réversible fonctionnant entre l'air extérieur et le lac, fournissant l'énergie nécessaire à une pompe à chaleur réversible fonctionnant entre le chauffe-eau du bungalow et le lac. En appelant Q_1 le transfert thermique reçu par le moteur de l'air extérieur et Q_2 le transfert thermique réellement reçu par le chauffe-eau du bungalow, déterminer l'efficacité thermique d'un tel dispositif : $e = \frac{Q_2}{Q_1}$.

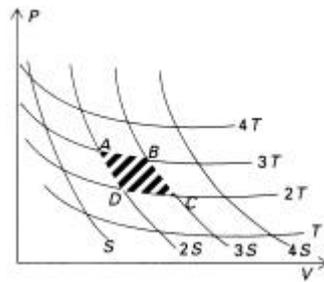
Exercice 6.

Un local, de capacité thermique à pression constante $\mu = mc = 4.10^3 \text{ kJ.K}^{-1}$, est initialement à la température de l'air extérieur $T_1 = 305 \text{ K}$. Un climatiseur, qui fonctionne de façon cyclique réversible ditherme (l'air extérieur et le local), ramène la température du local à 20°C ($T_2 = 293 \text{ K}$) en une heure. Quelle puissance électrique moyenne P a dû recevoir ce climatiseur ?

Exercice 7.

On considère, dans le diagramme de Clapeyron, et pour un système quelconque, les isentropiques et isothermes réversibles ci-dessous.

Comparer les aires des différents rectangles curvilignes tels que ABCD définis par deux isentropiques consécutives et deux isothermes consécutives.



Réponses.

Exercice 1.

$$r = 1 - \frac{T_2}{T_1} .$$

Exercice 2.

1) Moteur : sens indirect. 2) $r = \frac{\gamma-1}{3(\gamma+1)} = 0,055 .$

Exercice 3.

$$r = 1 - a^{(1-\gamma)/\gamma} = 0,448 .$$

Exercice 4.

1.a)b) $Q_1 = n R (T_1 \ln a + \frac{T_1 - T_2}{\gamma - 1}) > 0$ et $Q_2 = n R (- T_2 \ln a + \frac{T_2 - T_1}{\gamma - 1}) < 0 .$ 1.c) $r = 1 - \frac{T_2 \ln a + (T_1 - T_2)/(\gamma - 1)}{T_1 \ln a + (T_1 - T_2)/(\gamma - 1)} .$

2) $r_c = 1 - \frac{T_2}{T_1} .$ 3) $r < r_c .$

Exercice 5.

$$e = \frac{T_3/T_1 - 1}{T_3/T_2 - 1} = 0,559 .$$

Exercice 6.

$$W = \mu (T_2 - T_1 - T_1 \ln \frac{T_2}{T_1}) \text{ et } P = \frac{W}{\Delta t} = 269 \text{ W} .$$

Exercice 7.

L'aire d'un cycle représente $|W|$ en diagramme (P,V) comme en diagramme (T,S) : aires égales.