

ENSI LIMOGES

EPREUVE DE PHYSIQUE

THERMODYNAMIQUE

1 H30

TRAVAIL MOTEUR: APPLICATION À UNE MACHINE FRIGORIFIQUE

TRAVAIL MOTEUR

Dans une machine thermique (turbine ou compresseur par exemple), utilisant l'évolution d'un fluide pour produire ou recevoir du travail, le travail $\delta W = -p dv$ échangé avec le milieu extérieur comporte une partie δW_m appelée travail moteur et une partie $-d(pv)$ qui correspond aux actions de la pression à l'entrée et à la sortie de la machine.

$$\delta W = \delta W_m - d(pv)$$

δW_m est le travail élémentaire effectif reçu ou fourni par le fluide au niveau de la machine.

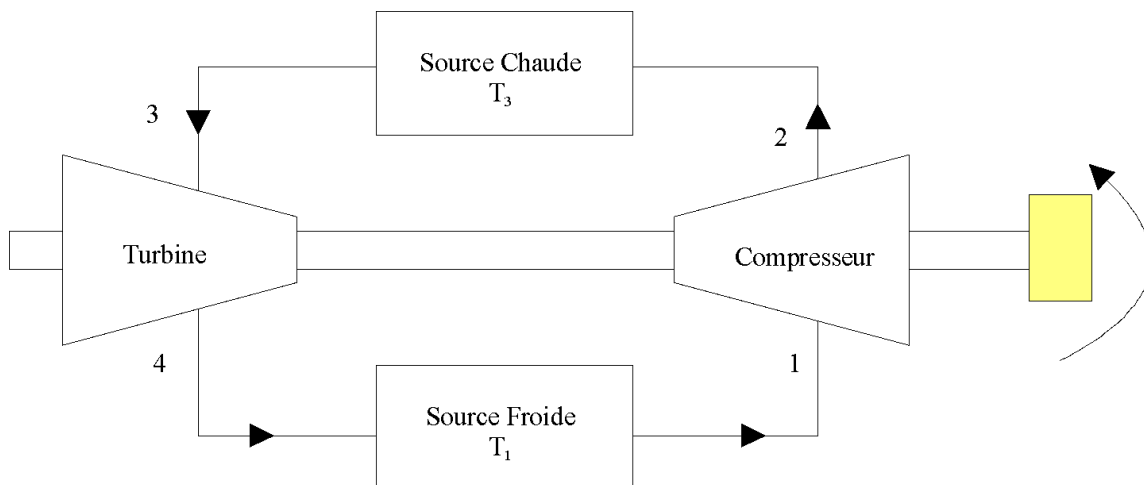
Montrer que pour une transformation adiabatique réversible mettant en jeu une mole de gaz parfait :

$$\delta W_m = \gamma \delta W = C_p dT$$

où $\gamma = C_p / C_v$ rapport des capacités thermiques molaires à pression constante et à volume constant, est considéré comme constant.

MACHINE FRIGORIFIQUE

On se propose de maintenir dans un local une température constante T_1 à l'aide d'une machine frigorifique utilisant comme source chaude l'air extérieur de température supposée constante T_3 . Pour réaliser une telle machine, on monte, sur un arbre commun, un compresseur et une turbine. L'installation est schématisée ci-après.



C'est une machine réversible ditherme où le fluide parcourant le cycle subit les transformations suivantes:

1-2 compression adiabatique

2-3 refroidissement isobare, le fluide se met progressivement en équilibre thermique avec la source chaude

3-4 détente adiabatique

4-1 chauffage isobare le fluide se met progressivement en équilibre thermique avec la source froide.

Le fluide est de l'air assimilé à un gaz parfait.

Données numériques:

Température de la source chaude:

$$T_3 = 293 \text{ K}$$

Température de la source froide:

$$T_1 = 263 \text{ K}$$

Rapport de pression du compresseur

$$p_2 / p_1 = 7$$

Constante des gaz parfaits:

$$R = 8.31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Rapport des capacités thermiques molaires

$$\gamma = 7/5$$

Nombre de moles:

$$n = 1$$

1) Étude énergétique des phases de compression et de détente.

- calculer les températures T_2 et T_4 du fluide après compression et après détente.
- Exprimer et calculer le travail moteur W_{mc} du compresseur et le travail moteur W_{mt} de la turbine.
Quelle est l'énergie mécanique échangée au cours d'un cycle ?
- Calculer, pour les quatre transformations du cycle, le travail échangé avec l'extérieur et comparer le travail total avec celui obtenu à la question 1-b.

2) Étude thermique du cycle.

Exprimer et calculer les quantités de chaleur Q_1 et Q_3 échangées au cours d'un cycle respectivement avec la source froide et la source chaude.

3)

Vérifier le premier principe de la thermodynamique et calculer le coefficient d'efficacité de cette machine.

4)

Tracer dans le diagramme p-v l'allure du cycle décrit par le gaz en précisant sur le schéma les températures des points de rencontre des différentes transformations.

5)

On amène dans le local maintenu à la pression atmosphérique 1 kg d'eau pris à la température ambiante T_3 .
Combien de cycles la machine doit-elle effectuer pour transformer, en une heure, cette eau en 1 kg de glace à T_1 ?
Quelle est la puissance électrique consommée ?

Données numériques:

Chaleur latente de fusion de la glace à la pression atmosphérique:	$L_f = 335 \text{ kJ.kg}^{-1}$
Capacité thermique massique de l'eau:	$C_e = 4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Capacité thermique massique de la glace:	$C_g = 2,1 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$