

TD 5 : Second principe de la thermodynamique - - cycles moteurs et inverses

Exercice 1 : Cycle inverse

On veut retirer $Q_1 = 100 J$ de chaleur à un réservoir à la température $T_1 = 200 K$ en transférant cette chaleur vers un autre réservoir à la température $T_2 = 300 K$. Les réservoirs sont suffisamment grands pour que les températures ne soient pas modifiées par l'échange de chaleur. Pour réaliser cette échange on utilise une machine frigorifique M qui fait un cycle durant l'échange (la machine revient à son état initial). La machine consomme du travail W et rejette une quantité de chaleur Q_2 au réservoir 2.

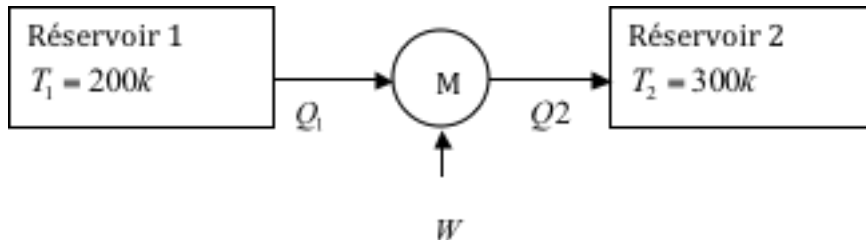


FIGURE 1 – Schéma du fonctionnement de la machine frigorifique M .

- Pourquoi la variation d'entropie de la machine est-elle nulle ?
- A l'aide du premier principe de la thermodynamique exprimer Q_2 en fonction de Q_1 et W .
- Calculer la variation d'entropie totale et en déduire la valeur minimum du travail.

Exercice 2 : Cycle et moteur de Stirling

Le moteur de Stirling a la caractéristique principale de former un système fermé : le fluide est contenu dans une enceinte fermée et est chauffé par une source thermique. La combustion est donc externe, ce qui est en fait un des avantages de ce moteur : la diversité des combustibles utilisables pour son fonctionnement. Son deuxième avantage est son efficacité, qui peut être optimale en théorie. C'est l'objectif de cet exercice de le démontrer. Un cycle de Stirling est formé de deux isothermes et de deux isochores alternées, ainsi que représenté sur la figure 2.

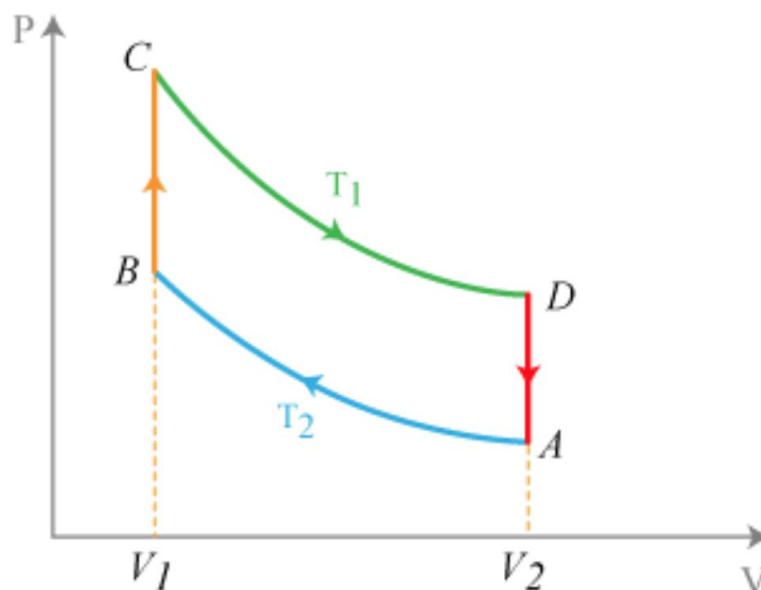


FIGURE 2 – Cycle de Stirling.

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 (voir figure), du taux de compression $a = V_2/V_1$, de la masse m , de r et de $\gamma = (c_v + r)/c_v$, établir les expressions :

- (a) de la quantité de chaleur Q_1 reçue par le système au cours d'un cycle moteur réversible;
- (b) de la quantité de chaleur Q_2 cédée par le système au cours d'un cycle moteur réversible;
- (c) du travail produit par le système au cours d'un cycle moteur réversible (on donnera deux façons d'obtenir cette expression);
- (d) du rendement thermodynamique de ce cycle.

(2) Quelle est l'expression du rendement du cycle de Carnot correspondant? Comparer les deux rendements obtenus.

(3) Supposer qu'un régénérateur parfait permette de récupérer entièrement l'énergie nécessaire au réchauffage isochore au cours du refroidissement isochore. Comparer à nouveau le rendement de ce moteur de Stirling à celui du cycle de Carnot.

Exercice 3 : Chauffe-eau thermodynamique à accumulation

La solution retenue pour la production d'eau chaude sanitaire d'une habitation est la technologie d'une pompe à chaleur (PAC) aérothermique fonctionnant avec le R134a comme fluide frigorigène. La PAC utilise l'air de la cave à la température constante de $11^\circ C$ afin de maintenir à la température de $55^\circ C$ l'eau d'un ballon d'accumulation. Calculer le "rendement" thermodynamique théorique (ou COP : coefficient de performance) de ce chauffe-eau thermodynamique.