
Travaux dirigés de Thermodynamique 6 : Machines Thermiques 1

École Centrale Pékin

2019-2020 - Année 3

APPLICATION DU COURS

Exercice 1 : Questions courtes

1. Dans la conversion chaleur-travail d'un moteur, d'où vient le fait qu'il existe un rendement limite strictement inférieur à 1 ?
2. Calculer l'efficacité maximale d'une pompe à chaleur. Pourquoi cette efficacité tend-elle vers $+\infty$ lorsque les deux sources tendent vers une température identique ?
3. On considère une voiture qui avance à l'aide d'un gaz mis successivement en contact avec un récipient d'eau froide et un récipient d'eau chaude, isolés du reste de l'univers. Comment évolue le rendement au cours de la transformation ? La voiture va-t-elle s'arrêter (on considère qu'il y a des frottements) ?

S'ENTRAÎNER

Exercice 2 : Réfrigérateur à absorption*

On souhaite réaliser un réfrigérateur qui ne nécessite pas de moteur. Pour cela on met en contact une machine thermique avec l'intérieur du réfrigérateur (la source froide), l'extérieur du réfrigérateur (source intermédiaire de température T_2), et une troisième source de chaleur T_c . On notera $T_f < T_2 < T_c$ les trois températures des sources thermiques, et Q_f , Q_2 et Q_c , les trois transferts thermiques associés.

1. Donner le sens des échanges thermiques pour que cette machine thermique soit possible.
2. Définir l'efficacité de ce type de machine thermique. Quelle est l'efficacité théorique maximale ? Faire l'application numérique avec $T_f = 265K$, $T_2 = 300K$, $T_c = 400K$.
3. Comparer à l'efficacité maximale d'un réfrigérateur classique. Quel est l'intérêt de cette machine ?
4. En analysant les échanges de chaleurs, décrivez cette machine comme une succession de deux machines thermiques dithermes classiques. Réécrire alors le rendement avec cette nouvelle description.

Exercice 3 : Deux types de moteurs à combustion externe

Dans un moteur à combustion externe, la source chaude est réalisée par une combustion en dehors du système (par opposition aux moteurs à combustion interne où l'explosion a lieu dans le système).

Dans cet exercice, on considère deux façons historiques de réaliser un moteur avec deux sources de températures. Les deux types de cycles sont très simples à mettre en oeuvre et ont été utilisés au début des développements industriels des machines thermiques.

On considère n moles de gaz parfait d'exposant adiabatique γ . Le gaz suit un cycle moteur, les sources chaudes et froides seront considérées comme des thermostats de températures T_c et T_f .

1. Cycle de Stirling :

Le cycle de Stirling est un cycle moteur modélisé par 4 transformations quasi-statique : isotherme-isochore-isotherme-isochore. Durant les évolutions isochores, on suppose que le moteur est en contact avec un système qui permet de stocker et de rendre de la chaleur sans perte et de manière réversible (ce qui est bien sûr impossible techniquement). Dans cette évolution, on suppose que le volume du gaz varie entre V_{min} et V_{max} .

- Dessiner le cycle sur un diagramme (P, V) . Représenter sur le cycle les transferts de chaleur, et les phases d'échanges de travail. Donner le signe de chaque terme et donner le sens du parcours du cycle pour qu'il soit moteur.
- Exprimer les transferts thermiques du gaz pour chaque étape du cycle en fonction de n , R , γ , V_{min} , et V_{max} , T_f et T_c .
- Déterminer le rendement du moteur en fonction de T_f et T_c . Commenter ce rendement.

2. Cycle d'Ericsson :

Le cycle d'Ericsson est un cycle moteur modélisé par 4 transformations quasi-statique : isotherme-isobare-isotherme-isobare. Durant les évolutions isobares, on suppose que le moteur est en contact avec un système qui permet de stocker et de rendre de la chaleur sans perte et de manière réversible (ce qui est bien sûr impossible techniquement). Dans cette évolution, on suppose que la pression du gaz varie entre P_{min} et P_{max} .

- Dessiner le cycle sur un diagramme (P, V) . Représenter sur le cycle les transferts de chaleur avec la source chaude et la source froide, et les phases d'échanges de travail.
- Exprimer les transferts thermiques du gaz pour chaque étape du cycle en fonction de n , R , γ , P_{min} , et P_{max} , T_f et T_c .
- Déterminer le rendement du moteur en fonction de T_f et T_c . Commenter ce rendement.