UNIVERSITE DE LILLE
Méca 4 Polytech

Devoir surveillé de Thermodynamique

Mercredi 19 novembre 2025

Durée : 1h30. Sans documents.

Exercice 1

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. Un des objectifs de cet exercice c'est de le démontrer.

Un cycle de Stirling est formé de deux isothermes et de deux isochores alternées. Les températures le long des isothermes sont T_C et $T_F < T_C$. Le cycle est supposé réversible. Le fluide est modélisé par un gaz parfait, pour lequel $\gamma = c_P/c_V$ (avec $c_P = c_V + r$) est supposé constant.

Q1) Tracer le graphique du cycle dans le plan volume-pression et préciser le sens dans lequel il doit être parcouru.

Q2) En fonction des températures T_C et T_F, du taux de compression $a = V_2/V_1$ - où V_1 et V_2 sont les volumes minimal et maximal respectivement - de la masse m, de r et de γ, établir les expressions :
(i) de la quantité de chaleur Q_1 reçue par le système (au cours d'un cycle) ;
(ii) de la quantité de chaleur Q_2 cédée par le système (au cours d'un cycle) ;
(iii) du travail produit par le système (au cours d'un cycle).

Q3) Déterminer l'expression du rendement thermodynamique η de ce cycle.

Q4) Quelle est l'expression du rendement η_C du cycle de Carnot correspondant ? Comparer les deux rendements obtenus.

Q5) 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, η_R, à celui du cycle de Carnot.

Q6) Pour $m = 1$ kg, $r = 287$ J/(kg K), $\gamma = 1,4$, $V_1 = 0,8$ l, $V_2 = 2,2$ l, $T_C = 900$ K, $T_F = 300$ K, calculer les valeurs numériques des rendements η, η_C, η_R.

Exercice 2

On souhaite utiliser des capteurs solaires pour chauffer une cuve de chauffe-eau de 100 l. On souhaite, de plus, que l'eau chaude sorte à une température de 55°C du chauffe-eau, alors qu'elle y entre à 5°C. La chaleur

massique et la masse volumique de l'eau valent $c_{eau} = 4,18$ kJ/(kg °C) et $\rho_{eau} = 1$ kg dm^{-3}, respectivement.

Q1) Déterminer la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer cette quantité d'eau.

Q2) Sachant que le rendement de ce chauffe-eau solaire est de 40%, déterminer l'énergie solaire que les capteurs doivent recevoir.

Q3) Si on dispose d'une surface $S = 5$ m^2 de panneaux solaires, et on estime le rayonnement solaire à 1000 W/m^2, quelle est la puissance reçue par les capteurs ?

Q4) Calculer la durée d'éclairement nécessaire pour chauffer l'eau dans cette cuve.