

DM de physique n° 26

Exercice : Moteur Stirling

On considère $n = 40 \cdot 10^{-3}$ mol d'air, considéré comme un gaz parfait de rapport $\gamma = C_P/C_V$ constant et égal à 1,4, subissant un cycle modélisé par les évolutions suivantes à partir de l'état A : $P_1 = 1$ bar et $T_1 = 300$ K :

- compression isotherme réversible au contact d'un thermostat Σ_1 de température T_1 , jusqu'à l'état B de volume $V_2 = V_1/10$;
- échauffement isochore au contact d'un thermostat Σ_2 de température $T_2 = 600$ K, jusqu'à l'état C de température T_2 ;
- détente isotherme réversible au contact de Σ_2 jusqu'à l'état D de volume V_1 ;
- refroidissement isochore au contact de Σ_1 jusqu'à revenir dans l'état initial A .

Données : constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1. Calculer les valeurs numériques de P , V , T pour chacun des états A , B , C et D (on présentera les résultats dans un tableau).
2. Représenter l'allure du cycle sur un diagramme de Watt.
3. La source d'énergie du moteur est le transfert thermique Q_c venant du thermostat Σ_2 . Déterminer littéralement et numériquement ce transfert thermique.
4. Définir puis déterminer numériquement le rendement de ce moteur. Comparer au rendement théorique maximal que l'on peut obtenir à l'aide des thermostats Σ_1 et Σ_2 . Commenter.
5. Calculer l'entropie créée sur un cycle.
6. On voudrait que ce moteur développe une puissance $\mathcal{P} = 10$ kW. Calculer le régime du moteur en cycles par minute.

Une invention des frères Stirling (1916) a permis d'améliorer les performances de ce type de machine. À l'aide d'un dispositif astucieux on récupère le transfert thermique libéré au cours du refroidissement $D \rightarrow A$ et on l'utilise pour effectuer l'échauffement $B \rightarrow C$. On suppose que la récupération d'énergie s'effectue sans perte.

7. Expliquer en quoi ce procédé améliore la performance du moteur. Exprimer le nouveau rendement en fonction des températures T_1 et T_2 . Conclure.