

Examen de Physique

Les documents et les téléphones portables ne sont pas autorisés. Les calculatrices sont autorisées.

Les parties des exercices sont indépendantes.

Exercice 1 : Thermodynamique

On se propose d'étudier quelques moteurs thermiques en utilisant les cycles de Beau de Rochas, de Stirling et de Carnot. L'objectif de ces études expérimentales est de caractériser les performances de ces cycles moteurs en appliquant les deux principes de la thermodynamique.

Partie A : Cycle moteur de Beau Rochas (1862)

Dans ce moteur à explosion, le fluide utilisé est un mélange (air-essence brûlé) assimilé à une mole d'un gaz parfait diatomique (GPD). Le cycle de Beau Rochas comprend quatre transformations **réversibles** :

- AB : une compression adiabatique du mélange avec un rapport volumique $\alpha = V_A/V_B$.
- BC : un échauffement isochore, résultant de la combustion du mélange.
- CD : une détente adiabatique ramenant le piston en D au point mort bas : $V_D = V_A$.
- DA : un refroidissement isochore.

Les températures et les pressions aux points A et C sont respectivement :

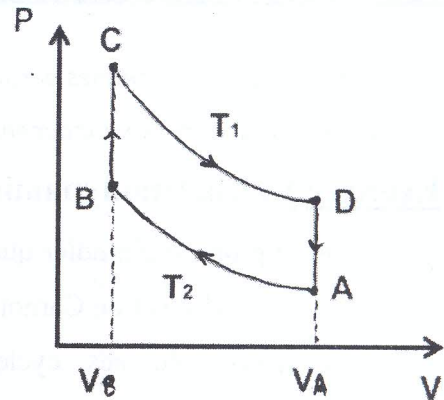
$$P_A = 10^5 \text{ Pa} ; T_A = 300 \text{ K} ; P_C = 36,6 \cdot 10^5 \text{ Pa} ; T_C = 1220 \text{ K}.$$

$$\text{Données : } R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} ; \gamma = 1,4 ; \alpha = 9$$

- 1- Calculer les variables d'états V_A, V_B, P_B, T_B, P_D et T_D .
- 2- Représenter le cycle ABCD dans le diagramme de Clapeyron (P,V).
- 3- Déterminer les quantités de chaleur (Q_{BC}, Q_{DA}) et les travaux (W_{AB}, W_{CD}) échangés au cours des quatre transformations. Calculer leurs valeurs numériques.
- 4- Calculez le rendement η_B de ce moteur.
- 5- Calculer l'entropie créée S_c au cours du cycle.

Partie B : Cycle moteur de Stirling (1816)

Dans un cycle de Stirling, le moteur utilise la même masse du fluide assimilé à une môle d'un gaz parfait diatomique ($\gamma = 1,4$). Ce moteur fonctionne selon le cycle **réversible** de Stirling représenté sur la figure ci-dessous. Il est constitué de deux isothermes (AB et CD) séparés par deux isochores BC et DA.



Les transferts d'énergies sont réalisés comme suit :

- La compression isotherme $A \rightarrow B$ absorbe le travail W_{AB} .
- La dilatation isotherme $C \rightarrow D$ fournit le travail W_{CD} .
- Q_{AB} produite par la compression est absorbée par la source froide $T_2 = T_A$.
- Q_{CD} provenant de la source chaude $T_1 = T_C$ permet la dilatation du gaz, donc le travail fourni vers l'extérieur.
- Q_{BC} et Q_{DA} sont respectivement les énergies thermiques au cours de l'échauffement et le refroidissement isochores du gaz parfait.

Les températures et les pressions aux points A et C sont les mêmes que précédemment :

$$P_A = 10^5 \text{ Pa} ; T_A = 300 \text{ K} ; P_C = 36,6 \cdot 10^5 \text{ Pa} ; T_C = 1220 \text{ K}.$$

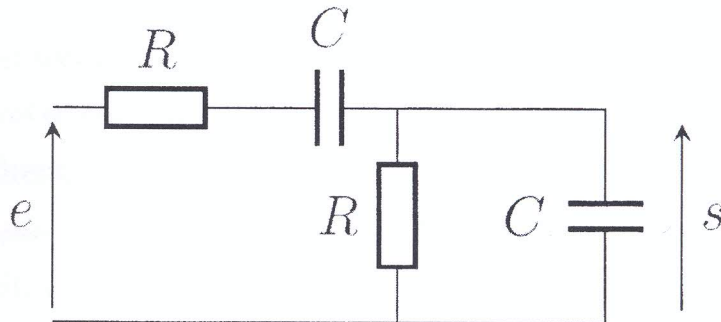
Le taux de compression était : $\alpha = V_A/V_B = 9$

Exprimer en fonction de R, γ, T_1, T_2 et le taux de compression α :

- 1- Les quantités de chaleur Q_{AB}, Q_{BC}, Q_{CD} et Q_{DA} échangées par une mole de gaz au cours de cycle Stirling.
- 2- Les travaux échangés W_{AB} et W_{CD} .
- 3- Le rendement η_s du moteur Stirling. Calculer sa valeur numérique.
- 4- Comparer le rendement η_s du Stirling avec ceux de Beau Rochas η_B et de Carnot η_C fonctionnant entre les mêmes sources aux températures T_1 et T_2 .
Commenter ce résultat.

Exercice 2 : Filtre passif

On s'intéresse à l'étude d'un filtre passif en régime sinusoïdal forcé. On propose le filtre de Wien représenté par le montage ci-dessous. Le filtre est alimenté par une tension d'entrée $e = E\sqrt{2}\cos(\omega t)$. A la sortie ouverte, on mesure la tension $S = E'\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$.



1°) Par analyse des comportements asymptotiques, déterminer le type de ce filtre.

2°) Déterminer la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega)$ du filtre.

3°) On pose la pulsation propre $\omega_0 = \frac{1}{RC}$ et la pulsation réduite $x = \frac{\omega}{\omega_0}$.

a-/ Ecrire la fonction de transfert sous la forme suivante :

$$\underline{H}(jx) = \frac{H_0}{1 + jQ\left(x - \frac{1}{x}\right)}$$

en précisant les valeurs du facteur de qualité Q et du gain maximal H_0 .

b-/ Déterminer les pulsations de coupure réduites x_1 et x_2 .

4°) a-/ Etudier la réponse du gain en décibels $G(\text{dB})$ et donner sa valeur maximale.

b-/ Représenter le diagramme de Bode du gain et leurs asymptotes.

5°) Etudier et tracer le diagramme de Bode de la phase φ .

6°) Déterminer l'expression de l'intensité de courant $i_c(t)$ dans le condensateur pour $x=1$.