

PARTIE MÉCANIQUE, THERMODYNAMIQUE ET CHIMIE (durée conseillée 1 h 15)**LE MOTEUR DE STIRLING**

Il n'est pas nécessaire d'avoir étudié le moteur de Stirling pour pouvoir traiter ce sujet. Des rappels théoriques et résultats intermédiaires sont fournis dans l'énoncé.

Partie 1 : Généralités sur les moteurs dithermes

Le moteur de Stirling est un système fermé échangeant du travail W avec l'extérieur, de la chaleur Q_c avec la source chaude à la température T_c et de la chaleur Q_f avec la source froide à la température T_f .

1.1 - Compléter le schéma du document réponse en faisant apparaître, à l'aide de flèches, le sens des échanges d'énergie (W , Q_c , Q_f). En déduire le signe de chacun de ces échanges.

1.2 - Donner la définition du rendement η du moteur de Stirling.

Partie 2 : Étude d'un moteur de Stirling

Le moteur de Stirling est modélisé par un cycle à quatre transformations réversibles. Le gaz utilisé dans ce cycle est considéré comme parfait et sa quantité de matière (nombre de moles n) est constante puisque le système est fermé.

- **Compression isotherme** : ($1 \rightarrow 2$) à la température T_f de la source froide. On passe alors du volume V_1 au volume V_2 tel que $V_1 > V_2$. Dans cette transformation, le gaz échange de la chaleur avec la source froide.
- **Chauffage isochore** : ($2 \rightarrow 3$) jusqu'à la température T_c de la source chaude.
- **Détente isotherme** : ($3 \rightarrow 4$) à la température T_c , jusqu'au volume initial. Dans cette transformation, le gaz échange de la chaleur avec la source chaude.
- **Refroidissement isochore** : ($4 \rightarrow 1$) jusqu'à la température T_f .

Dans la suite du sujet on notera W_{12} , W_{23} , W_{34} et W_{41} les travaux échangés au cours des transformations ($1 \rightarrow 2$), ($2 \rightarrow 3$), ($3 \rightarrow 4$), ($4 \rightarrow 1$) ; on fera de même pour les quantités de chaleur.

2.1 - Compléter le diagramme de Clapeyron fourni sur le document réponse en précisant :

- les points (1, 2, 3, 4) du cycle ;
- le sens du parcours du cycle.

2.2 - Quel échange d'énergie représente l'aire du cycle en coordonnées de Clapeyron ?

2.3 - Compléter le tableau du document réponse (page 8/14), en indiquant les éventuels calculs effectués.

2.4 - A partir de l'expression générale du travail des forces pressantes entre un état initial i et un état

final f : $W_{if} = \int_i^f P \cdot dV$, démontrer que l'expression du travail W_{12} , pour la compression isotherme,

s'exprime de la manière suivante : $W_{12} = n R T_f \ln \frac{V_1}{V_2}$, avec n le nombre de moles du gaz parfait.

2.5 - De même on montre que $W_{34} = n R T_c \ln \frac{V_2}{V_1}$.

Quelle est la variation d'énergie interne ΔU_{34} pour cette dernière transformation ? En déduire l'expression de la quantité de chaleur Q_{34} échangée avec la source chaude, en fonction de V_1 , V_2 , T_c , n et R .

2.6 - Que valent les travaux W_{23} et W_{41} , effectués pendant les transformations isochores ? Justifier votre réponse.

2.7 - On montre que le travail effectué dans le cycle a pour expression : $W = n R (T_c - T_f) \ln \frac{V_2}{V_1}$.

Sachant que la chaleur apportée au système pendant la phase de chauffage isochore ($2 \rightarrow 3$) est entièrement récupérée durant la phase de refroidissement isochore ($4 \rightarrow 1$) grâce à un échangeur thermique, on peut considérer que la chaleur Q_c n'est apportée au moteur que pendant la transformation ($3 \rightarrow 4$), donc $Q_c = Q_{34}$.

Démontrer que le rendement du moteur de Stirling peut se mettre sous la forme : $\eta = 1 - \frac{T_f}{T_c}$ comme celui du moteur de Carnot.

Partie 3 : Applications numériques

Utiliser les valeurs numériques du document réponse.

3.1 - Calculer le rendement du moteur de Stirling.

3.2 - Calculer le travail échangé au cours d'un cycle. Interpréter le signe du résultat.

3.3 - En déduire les quantités de chaleur Q_{34} et Q_{12} échangées respectivement avec la source chaude et la source froide au cours d'un cycle.

Donnée : $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

DANS CE CADRE

Académie : _____ Session : _____

Examen ou Concours _____ Série* : _____

Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

Né(e) le : _____

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

NE RIEN ÉCRIRE

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Repère : TPSP

Session : 2006

Durée : 4 H

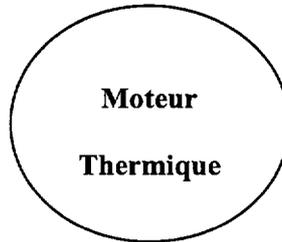
Page : 7/14

Coefficient : 4

DOCUMENT REPONSE
(à rendre obligatoirement avec la copie)

Schéma :

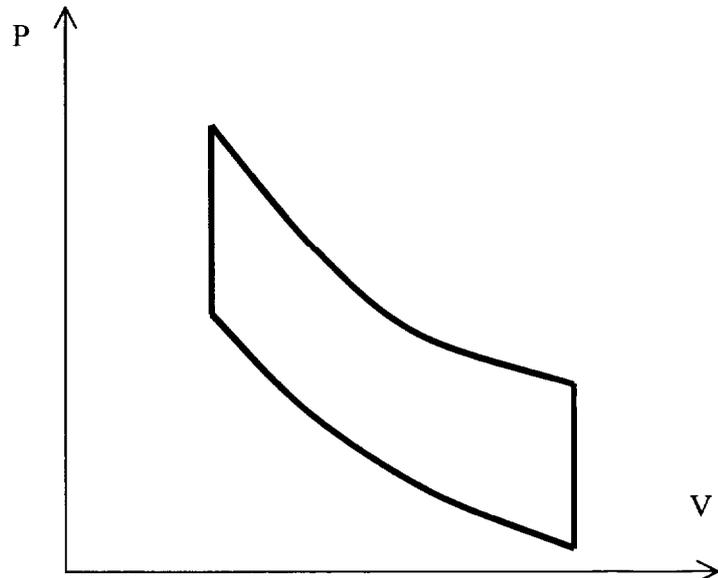
Source
chaude



Milieu
Extérieur

Source
Froide

Diagramme de Clapeyron :



DANS CE CADRE

Académie : _____ Session : _____

Examen ou Concours _____ Série* : _____

Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

Né(e) le : _____

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

NE RIEN ÉCRIRE

Repère : TPSP Session : 2006

Durée : 4 H

Page : 8/14

Coefficient : 4

DOCUMENT REPONSE SUITE
(à rendre obligatoirement avec la copie)

Tableau :

	Etat 1	Etat 2	Etat 3	Etat 4
T (K)	273		823	
V (m ³)	2,00.10 ⁻³	2,86.10 ⁻⁴		
P (Pa)	100.10 ³	70.10 ⁴		300.10 ³