



Concours AMCPE session 2013
Composition : Physique 5 (Thermodynamique)
Durée : 3 Heures

PARTIE A

La résistance d'une thermistance varie avec la température Kelvin selon :

$$R = R_1 \exp \left[a \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_1} \right) \right] \quad \text{avec } a = 4,0 \cdot 10^3 \text{ K et } R_1 = 1,0 \cdot 10^3 \Omega \text{ à } T_1 = 300 \text{ K.}$$

a-1. Définir la température thermodynamique. (2 lignes)

a-21 Déterminer le coefficient de température $k(T) = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT}$ et le calculer à 300 K.

Sachant que l'on mesure la résistance avec une précision de 0,1 % ,

a-22 Quelle variation de température peut-on détecter au voisinage de 300 K ?

a-31 Montrer que si T reste voisin de T_1 on peut se contenter d'une relation de la forme $R = A + B T$.

a-32 Déterminer littéralement A et B, puis les calculer.

PARTIE B

b-1. Qu'est-ce qu'un système fermé ? (2 lignes maximum)

b-2. Que traduit le premier principe de la thermodynamique ? (2 lignes maximum)

b-3. On considère un système fermé constitué par n moles d'un gaz parfait, pour lequel les capacités thermiques molaires à volume constant $C_{V,m}$ et à pression constante $C_{P,m}$ sont constantes.

b-31. Rappeler l'expression de l'équation d'état de ce système.

b-32. Donner l'expression de la différentielle dU de l'énergie interne du système en fonction de la température.

b-4. Le système précédent subit une transformation isentropique.

Exprimer l'entropie $S(T,V)$ de ce système en posant $S_0 = S(T_0, V_0)$ et retrouver l'équation d'une isentropique dans le diagramme de Clapeyron.

b-5. Qu'est ce qu'un moteur ditherme ? (3 lignes maximum).

b-6. Qu'est ce qu'une source de chaleur ? (2 lignes maximum).

PARTIE C : Etude du moteur

On considère un moteur à combustion interne en se limitant à l'étude de l'un de ses cylindres. On donne sur la figure ci-dessous, la représentation graphique du cycle subit par le fluide en coordonnées de Clapeyron : V en abscisse et P en ordonnée.



Les différentes étapes du fluide sont les suivantes :

M-A : admission de n moles d'air (assimilé à un gaz parfait) à la pression constante P_0 .

En A, il y a fermeture de la soupape d'admission et le volume est alors égal à V_{MAX} .

A-B : compression adiabatique et quasi-statique de l'air. Dans l'état B, le volume est égal à V_{MIN} .

B-C : le carburant est injecté dans le cylindre à partir de B. La température en B est suffisante pour que le mélange s'enflamme spontanément. Le taux d'injection est réglé de manière que la pression reste constante pendant la phase BC de la détente.

C-D : On arrête l'injection en C et on laisse le mélange se détendre adiabatiquement et réversiblement selon CD.

D-A : En D le piston est au point mort bas : on suppose un refroidissement isochore DA.

On supposera que le nombre de mole n' de carburant injecté dans la phase BC est très petit devant n .

c-1. Soit Q_1 la quantité de chaleur échangée dans l'étape BC ; Exprimer Q_1 en fonction de T_B et T_C . Préciser le signe de cette grandeur.

c-2. Soit, de la même manière, Q_2 , la quantité de chaleur échangée dans l'étape DA. Exprimer Q_2 en fonction de T_A et T_D . Préciser le signe de cette grandeur.

c-3. Soit W le travail total échangé au cours du cycle **ABCD**, exprimer W en fonction de Q_1 et Q_2 .

c-4. Définir le rendement thermodynamique η du moteur.

c-41. Exprimer η en fonction de Q_1 et Q_2 ,

c-42. Exprimer η en fonction de $\gamma = \frac{C_{pm}}{C_{vm}}$ et des températures T_A , T_B , T_C , et T_D .

c-5. On pose $\alpha = \frac{V_A}{V_B}$ et $\beta = \frac{V_D}{V_C}$ les rapports volumétriques de compression et de détente.

c-51. Montrer alors que η se met sous la forme : $\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \left(\frac{\alpha^{-\gamma} - \beta^{-\gamma}}{\alpha^{-1} - \beta^{-1}} \right)$.

c-52. Calculer η pour $\alpha = 20$, $\beta = 15$ et $\gamma = 1.4$.

c-6. En réalité, le véritable rendement est inférieur à celui calculé ; Expliquer pourquoi. (2 lignes)

On envisage maintenant un moteur dont la cylindrée est égale à 2,0 litres.

- Tout se passe comme si on avait un seul cylindre, possédant la cylindrée

$$C_Y = V_{MAX} - V_{MIN}$$

- $\alpha = 20$, $\beta = 15$, $\gamma = 1.4$ et $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}\text{mol}^{-1}$.
- L'air est admis en A à une température $T_A=320 \text{ K}$ et sous la pression $P_A=100 \text{ kPa}$.

c-7. Calculer les valeurs de V_{MAX} et V_{MIN} .

c-8. Calculer les températures T_B , T_C , et T_D , et en déduire le nombre de moles n' de carburant consommé par cycle, sachant que le pouvoir calorifique du carburant utilisé est égal à 4200 kJ par mole de carburant. Justifier le fait que $n' \ll n$.

c-9. Calculer la valeur de la puissance du moteur lorsque la vitesse de rotation du vilebrequin est égale 4000 tours par minute.



PARTIE D : Utilisation de ce moteur

Ce moteur sert à faire fonctionner le compresseur d'une pompe à chaleur, qui fonctionne réversiblement (suivant un cycle de Carnot) entre une source froide (rivière) et une source chaude dont les températures respectives sont $T_2 = 278 \text{ K}$ et $T_1 = 300 \text{ K}$. On suppose les rendements mécaniques du moteur et du compresseur égaux à 1.

d-1. On appelle Q'_1 la quantité de chaleur apportée à la source chaude. Exprimer par application des deux premiers principes le travail que doit fournir le moteur en fonction de Q'_1 , T_1 , et T_2 .

d-2. Le volume à chauffer est $V = 300 \text{ m}^3$ et ne contient que de l'air assimilé à un gaz parfait. On désire augmenter la température de cet espace de 5°C . Combien de temps doit on faire fonctionner le moteur ? (la pression atmosphérique est $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$; $\gamma = 1.4$).

d-3. Si on avait brûlé directement le carburant nécessaire au moteur, quelle serait l'augmentation de température de cet habitacle ? Conclure. (1 ligne)

