

**BREVET TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CHIMISTE**

Physique

**Durée : 2 heures
Coefficient : 3**

Matériel autorisé :

Calculatrice de poche à fonctionnement autonome, sans imprimante et sans dispositif de communication externe (circulaire n° 99-186 du 16/11/99).

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 5 pages, numérotées de 1 à 5.**

L'annexe, page 5/5, est à rendre avec la copie.

Code sujet : CHPHY-P-06

PREMIER EXERCICE : ÉTUDE D'UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

On considère un moteur à combustion interne à allumage par bougies. On se limite à l'étude de l'un des cylindres du moteur.

Le cycle thermodynamique décrit par le fluide est le cycle Beau de Rochas. On en donne la représentation dans un diagramme (voir figure 1 ci-dessous) où l'on porte en ordonnée la pression P du fluide et en abscisse le volume V du gaz contenu dans la chambre cylindrique.

Les différentes étapes du cycle sont les suivantes :

- M-A : admission du mélange gazeux air-essence à la pression constante P_0 . En A, il y a fermeture de la soupape d'admission et le volume V est alors égal à V_{max} .
- A-B : compression, adiabatique réversible, du mélange. Dans l'état B, le volume est égal à V_{min} .
- B-C : échauffement isochore du gaz.
- C-D : détente adiabatique réversible du gaz.
- D-A : refroidissement isochore du gaz.
- A-M : refoulement des gaz vers l'extérieur, à la pression P_0 .

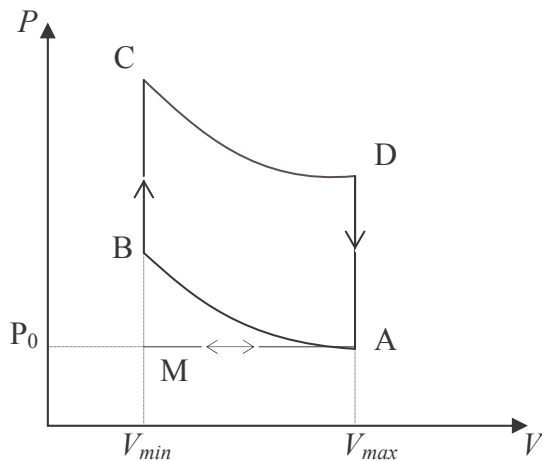


figure 1

On convient de nommer "taux de compression", le rapport $\tau = \frac{V_{max}}{V_{min}}$; ici $\tau = 10$.

Le système envisagé est le gaz qui décrit le cycle ABCD. La quantité de gaz n (en mol) considérée est celle qui a été admise dans l'état A.

L'échauffement de l'étape BC est dû à la combustion "interne" du mélange gazeux admis. Les réactifs et les produits de la réaction de combustion sont gazeux.

Dans une approche simplifiée, on admettra que la quantité de gaz n n'est pas modifiée par la combustion interne.

Le gaz est assimilé à un gaz parfait, pour lequel les capacités thermiques molaires C_{P_m} et C_{V_m} sont

constantes. On rappelle que pour un gaz parfait $C_{V_m} = \frac{R}{\gamma - 1}$ avec $\gamma = \frac{C_{P_m}}{C_{V_m}}$, $\gamma = 1,33$.

Les températures notées T sont des températures absolues, en K.

1. Soit Q_1 la quantité de chaleur échangée dans l'étape B-C. Exprimer Q_1 en fonction de n , C_{V_m} , T_B et T_C . Préciser le signe de cette grandeur.
2. Soit Q_2 la quantité de chaleur échangée dans l'étape D-A. Exprimer Q_2 en fonction de n , C_{V_m} , T_A et T_D . Préciser le signe de Q_2 .
3. On note W le travail total échangé au cours du cycle ABCD. Exprimer W en fonction de Q_1 et Q_2 .
4. Définir l'efficacité η du moteur. Exprimer η en fonction de Q_1 et Q_2 .
5. À l'aide des relations relatives aux transformations adiabatiques, exprimer η en fonction de T_A , T_B , T_C et T_D , puis montrer que l'efficacité peut se mettre sous la forme : $\eta = 1 - \tau^{1-\gamma}$, τ étant le taux de compression. Calculer η .
6. La cylindrée Cy du moteur est égale à 2,0 litres.
On raisonnera sur un seul cylindre, possédant la cylindrée Cy du moteur définie selon : $Cy = V_{max} - V_{min}$.
Le mélange air-essence est admis à une température $T_A = 320$ K et sous la pression $P_A = 100$ kPa. La proportion de carburant dans le mélange est de 1 pour 60 (en moles).
- 6.1. Calculer les valeurs de V_{max} et V_{min} .
- 6.2. Calculer la quantité de gaz n' (en mol) de carburant consommée par cycle.
On prendra $R = 8,31$ J. K⁻¹.mol⁻¹

DEUXIÈME EXERCICE : SPECTROGRAPHE DE MASSE

Les données figurent en fin d'exercice.

Dans tout l'exercice, on étudiera le mouvement de différents ions dans des champs électriques et des champs magnétiques. On négligera les effets de la pesanteur devant les autres actions, ainsi que, dans la masse des ions, la masse des électrons qu'ils contiennent.

Le schéma du dispositif étudié est présenté en **annexe, page 5/5**.

On considère des plaques P_1 et P_2 parallèles entre elles, situées à une distance d l'une de l'autre. Une différence de potentiel U constante est appliquée entre P_1 et P_2 .

1. Des ions positifs de masse m et de charge q sont émis par une source (située en F_1), normalement à la plaque P_1 , avec une vitesse initiale considérée comme nulle.

1.1. Préciser qualitativement quelle est la plaque de potentiel le plus élevé et représenter sur le schéma (**annexe page 5/5 à rendre avec la copie**), le vecteur champ électrique $\vec{E}$.

1.2. Établir l'expression littérale de la vitesse v_o des ions quand ils arrivent sur la plaque P_2 .
Calculer v_o si $q = e$ et $m = 250$ u.

2. La source émet maintenant, toujours avec une vitesse initiale nulle, des ions positifs de mercure, $^{200}_{80}\text{Hg}^{2+}$ et $^{202}_{80}\text{Hg}^{2+}$.

2.1. Calculer numériquement les vitesses v_1 et v_2 de ces deux types d'ions quand ils atteignent la plaque P_2 .

2.2. Ces ions traversent ensuite la plaque P_2 par la fente F_2 , le vecteur vitesse des ions étant orthogonal à P_2 . Ils pénètrent dans l'espace séparant P_2 et P_3 , où règnent :

- un champ électrique uniforme $\vec{E}_1$, dans le plan de la feuille et parallèle à P_2 et P_3 ;
- un champ magnétique uniforme $\vec{B}_1$, perpendiculaire au plan de la feuille.

Démontrer que seuls parviennent au point F_3 (situé dans le prolongement de F_1 et F_2), les ions dont la vitesse est $v = \frac{E_1}{B_1}$. Préciser l'isotope du mercure qui remplit cette condition.

2.3. La valeur de $\vec{B}_1$ restant constante, on règle la valeur de $\vec{E}_1$ pour permettre le passage à travers F_3 successivement des ions $^{200}_{80}\text{Hg}^{2+}$ et $^{202}_{80}\text{Hg}^{2+}$. Au-dessous de F_3 , les ions pénètrent dans une région où ne règne qu'un champ magnétique uniforme $\vec{B}_2$, normal au plan de la feuille.

Indiquer, en justifiant la réponse, quel doit être le sens de $\vec{B}_2$ pour que les ions puissent atteindre le point O_1 ou le point O_2 (entrées des collecteurs C_1 et C_2). Indiquer clairement ce sens sur le schéma.

2.4. Montrer que le mouvement d'un ion dans cette région est uniforme.

2.5. Démontrer que la trajectoire des ions est un cercle. Vérifier que le rayon R_1 de ce cercle, pour les ions $^{200}_{80}\text{Hg}^{2+}$ (masse m_1 , charge q_1 , vitesse v_1), est : $R_1 = \frac{m_1 v_1}{q_1 B_2}$.

2.6. Déterminer le collecteur (C_1 ou C_2) qui reçoit les ions $^{200}_{80}\text{Hg}^{2+}$.

2.7. Calculer numériquement la distance δ qui sépare les deux points d'impact O_1 et O_2 .

2.8. Les quantités d'électricité reçues en une minute par les collecteurs C_1 et C_2 sont respectivement $Q_1 = + 1,20 \times 10^{-7} \text{ C}$ et $Q_2 = + 3,5 \times 10^{-8} \text{ C}$: déterminer la composition du mélange d'ions.

DONNÉES

$$d = 1,0 \text{ m}$$

$$|U| = 1,0 \times 10^4 \text{ V}$$

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 \text{ u (unité de masse atomique)} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{masse d'un nucléon} \approx 1 \text{ u}$$

$$E_1 = 5,3 \times 10^4 \text{ V.m}^{-1}$$

$$B_1 = 0,383 \text{ T}$$

$$B_2 = 0,200 \text{ T}$$

ANNEXE À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE
(dimensions non respectées)

