PARTIEL DE THERMODYNAMIQUE

Durée : 2 heures

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

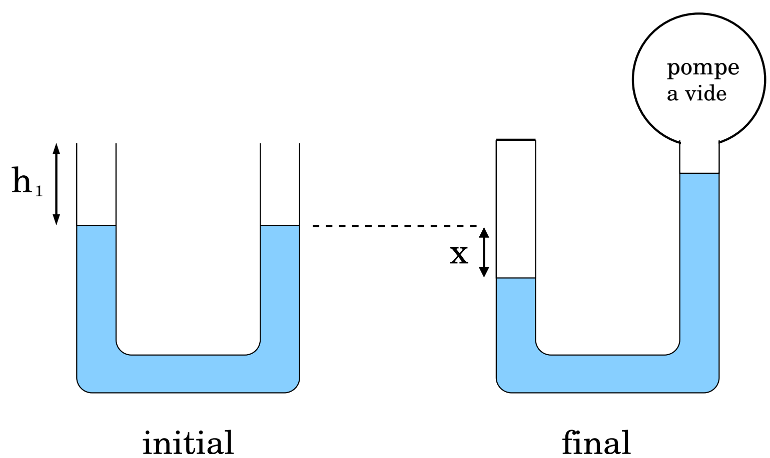
Barème approximatif : Premier problème 4 points ; deuxième problème 15 points ; présentation et clarté de l'exposition : 1 point.

Les deux problèmes sont indépendants.

1 Premier problème : Tube en U.

Un tube en U, ouvert à ses deux extrémités et de section uniforme, contient du mercure. Le tube est initialement dans la configuration illustrée sur la figure ci-dessous : le ménisque supérieur est, de chaque côté, à une distance h_1 du sommet du tube. Il est au contact de l'air à la pression atmosphérique P_0.

On effectue ensuite la manœuvre suivante : on ferme hermétiquement le côté gauche du tube à son sommet et on relie le côté droit à une bonne pompe à vide (cf. figure). La température reste constante.



En assimilant l'air à un gaz parfait, déterminer la hauteur x dont a chuté la colonne de mercure dans le tube de gauche. La pression atmosphérique P_0 correspond à une hauteur de mercure que l'on notera h_0. On donnera l'expression littérale de x en fonction de h_1 et de h_0 ainsi que sa valeur numérique lorsque $h_0 = 75$ cm et $h_1 = 50$ cm.

Veuillez tourner la page, SVP

2 Deuxième problème : Cycle d'Otto.

On se propose d'étudier le cycle d'Otto, qui est une idéalisation du cycle du moteur à explosion. Le système est constitué par un mélange air-essence contenu dans un cylindre. Au cours d'un cycle, ce mélange – que l'on considèrera comme un gaz parfait – subit successivement les 4 transformations **réversibles** suivantes :

- Une compression adiabatique de l'état 1 (P_1, V_1, T_1) vers l'état 2 (P_2, V_2, T_2).
- Une combustion isochore de l'état 2 vers l'état 3 (P_3, V_3, T_3).
- Une détente adiabatique de l'état 3 vers l'état 4 (P_4, V_4, T_4).
- Un refroidissement isochore de l'état 4 vers l'état 1.

On donne les valeurs suivantes $R = 8,314$ J.mol^{-1}.K^{-1}, $\gamma = 1,4$, $V_1 = 800$ cm^3, $V_2 = 90$ cm^3, $P_1 = 10^5$ Pa, $T_1 = 340$ K et $T_3 = 2430$ K.

1/ Représenter le cycle d'Otto dans un diagramme de Clapeyron (P, V). Déterminer les valeurs numériques de la pression, du volume et de la température dans chacun des états 1, 2, 3 et 4 (on pourra présenter les résultats dans un tableau).

2/ Exprimer pour ce gaz les coefficients C_V et C_P en fonction du nombre de moles n, de R et de γ. Calculer ensuite les travaux et chaleurs échangés au cours des 4 transformations constituant le cycle.

3/ Déterminer la variation d'entropie du système au cours de chacune des 4 transformations. En déduire la variation d'entropie du système au cours d'un cyle. Conclure.

4/ Le cycle est-il moteur ou récepteur ? Exprimer son rendement ρ en fonction des températures T_1, T_2, T_3 et T_4. Donner sa valeur numérique. On appelle $x = V_1/V_2$ le taux de compression du cycle ($x > 1$). Exprimer ρ en fonction de x. Tracer (qualitativement) la variation de ρ en fonction de x. Conclure.

5/ Le mélange air-essence s'enflamme spontanément à 330 ^{0}C. On souhaite éviter que ce genre de situation n'arrive durant la phase de compression (c'est ce qui se passait avec les données numériques utilisées jusqu'ici !). L'explosion est ensuite souhaitée, et même provoquée, à partir de l'état 2.

(a) V_1, P_1 et T_1 gardant les valeurs fixées en début d'énoncé, déterminer la valeur de V_2 qui donne le meilleur rendement tout en évitant l'enflammement spontané.

(b) En déduire le rendement maximal dans ces conditions.

(c) Avec ce rendement, calculer, en chevaux (1 ch = 736 W) la puissance du véhicule en régime nominal (2400 cycles/minute), sachant que le moteur possède 4 cylindres identiques. On admettra que, dans ce cas, la chaleur reçue par le système lors de la combustion est $Q_{\text{recue}} = 800$ J.