PARTIEL DE THERMODYNAMIQUE

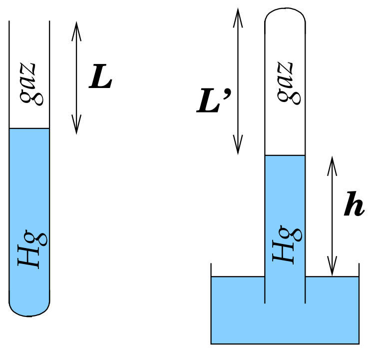
Durée : 2 heures

Les documents et les téléphones portables ne sont pas autorisés.
Les calculatrices sont autorisées.
Barème approximatif : 1$^{\text{er}}$ exercice : 4 points ; 2$^{\text{ème}}$ exercice : 16 points.
Les deux exercices sont indépendants.

1 Expérience de Mariotte

1/ *Question de cours*: La pression atmosphérique P_0 correspond à une hauteur de mercure h_0. Décrire une expérience permettant de mesurer cette quantité (on pourra faire un schéma). Déterminer la valeur numérique de h_0 sachant que le mercure a une masse volumique de 13600 kg.m^{-3}.

2/ On considère un tube partiellement rempli de mercure (il reste une hauteur L d'air à l'intérieur). Le tube est bouché, puis retourné dans un bassin de mercure. Une fois le tube retourné, on enlève le bouchon. La hauteur de la colonne d'air vaut alors L', et celle de la colonne de mercure vaut h' (cf. figure ci-contre). On doit attendre un cours laps de temps avant de mesurer L' et h' afin que la température de la colonne d'air revienne à la valeur ambiante.



L'air étant assimilé à un gaz parfait, donner la relation entre h', L, L' et h_0 qu'a vérifiée Edme Mariotte en 1679.

3/ Durant la phase intermédiaire qui se situe juste après le retournement du tube et l'enlèvement du bouchon, l'air subit-il un échauffement ou un refroidissement ? (justifiez votre réponse).

Tournez la page SVP

2 Cycle Diesel

On fait subir à une mole de gaz parfait (dont le coefficient isentropique γ est constant) les transformations réversibles suivantes :

A : état (1) $\rightarrow$ état (2) : compression adiabatique

B : état (2) $\rightarrow$ état (3) : dilatation isobare

C : état (3) $\rightarrow$ état (4) : détente adiabatique

D : état (4) $\rightarrow$ état (1) : refroidissement isochore

Chaque état (i) (i variant de 1 à 4) est défini par sa pression P_i, sa température T_i et le volume du gaz V_i. On définit $a = V_1/V_2$ et $b = V_4/V_3$.

Données numériques : $R = 8,314$ J.K^{-1}.mol^{-1}, $P_1 = 1,0$ bar, $T_1 = 300$ K, $a = 9$, $b = 3$, $\gamma = 1,4$.

1/ Représenter sommairement le cycle sur un diagramme de Clapeyron.

2/ Donner les expressions de la pression (respectivement du volume et de la température) des états (2), (3) et (4) en fonction de P_1 (respectivement V_1 et T_1), a, b et γ.
Calculer numériquement ces valeurs (on présentera les résultats sous la forme d'un tableau).

3/ Calculer les travaux et quantités de chaleur reçus par le gaz au cours des 4 transformations. On donnera les expressions analytiques en fonction de γ, a, b et RT_1, puis les valeurs numériques. Que se passe-t-il si $b = a$?

4/(a) Le cycle est-il moteur ou récepteur ? (justifiez votre réponse).

(b) Proposer une expression pour son efficacité η en fonction des travaux et quantités de chaleur appropriés (pour ce faire, il sera utile d'identifier lors de quelle(s) transformation(s) le système reçoit de la chaleur).

(c) Montrer alors que

$$\eta = 1 - \frac{a^\gamma - b^\gamma}{\gamma(ab)^{\gamma-1}(a-b)} .$$

Calculer la valeur numérique correspondante [il pourra être utile de vérifier l'accord avec le calcul direct effectué à partir de la formule établie à la question (b) précédente].

(d) Comparer avec l'efficacité d'un cycle de Carnot fonctionnant entre deux sources, l'une (chaude) de température T_3, l'autre (froide) de température T_1. On pourra donner l'efficacité du cycle de Carnot sans démonstration, ou (mieux noté) établir la formule rapidement.

5/ Représenter maintenant le cycle sur un diagramme (S, T) et déterminer les variations d'entropie au cours des 4 transformations du cycle (on donnera les expressions littérales et les valeurs numériques correspondantes).