

Statique des fluides, thermodynamique

Problème 1 : Atmosphère (Extrait banque Agro-Véto, 2009)

III.1. On donne, ci-dessous, l'évolution de la température de l'atmosphère en fonction de l'altitude. On cherche à retrouver un modèle calculatoire de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude :

Alt. (km)	0	1	2	3	4	5	6
Temp.(°C)	15,0	8,5	2,0	-4,5	-10,5	-17,5	-24,0
Alt. (km)	7	8	9	10	11	12	13
Temp.(°C)	-30,4	-37,0	-43,4	-49,9	-56,5	-56,5	-56,5

III.1.a) À l'aide du tableau de valeurs ci-dessus, tracer la courbe $T(z)$. Ce graphe sera tracé sur une feuille de papier millimétrée à rendre avec la copie.

III.1.b) Pour les altitudes faibles ($z < 11$ km, cas de la troposphère), vérifier que l'expression de la température T (en K) en fonction de l'altitude z (en km) peut se mettre sous la forme : $T = T_0 - \beta.z$. Donner les valeurs numériques de T_0 et de β .

Dans les questions III.2 à III.5, on considère que cette relation est satisfaite.

III.2. Écrire la relation fondamentale de la statique des fluides reliant les variations élémentaires de la pression et de l'altitude, en identifiant chaque terme de l'expression et en justifiant le signe adopté.

III.3. En assimilant l'air atmosphérique à un gaz parfait, exprimer la masse volumique de l'air en fonction de la pression et d'autres paramètres adéquats. En déduire l'équation différentielle liant la pression et l'altitude en se plaçant dans le modèle déterminé à la question 1.b).

III.4. Montrer, par intégration, que la pression peut s'écrire sous la forme $P = P_0 \left(1 - \frac{\beta.z}{T_0}\right)^{\frac{g}{r\beta}}$.

On pourra dans la suite admettre cette relation avec les valeurs suivantes :

$\beta = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ K.m}^{-1}$; $r = 286,7 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$; $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$; $T_0 = 288 \text{ K}$; $P_0 = 1013 \text{ hPa}$.
 $r = R/M$ où M est la masse molaire moyenne de l'air et $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

III.5. Le vol en niveau (sur une surface isobare) nécessite un espacement vertical de 500 pieds (soit 150 m environ) et requiert une précision des instruments de mesure telle que l'incertitude soit de l'ordre de 20 pieds (soit 6,0 m). À quelle valeur de variation de pression cette incertitude correspond-elle à 1000 m d'altitude ?

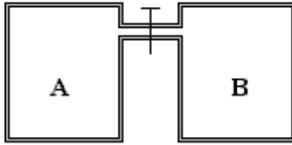
Exercice: Coulera, coulera pas ?

On considère une barque de forme rectangulaire de longueur $\ell = 1$ m, de largeur $w = 80$ cm, de hauteur $d = 60$ cm et de masse $m = 200$ kg. La barque vide flotte sur le lac de Paladru. Combien de personnes de masse 80 kg peut supporter la barque avant que l'eau ne commence à rentrer dans cette dernière et qu'elle ne finisse par couler ? La masse volumique de l'eau vaut $\rho = 1 \text{ kg.L}^{-1}$.

Problème 2 : Comparaison de 3 détente de un gaz parfait (Extrait CAPES interne 2005)

I] Détente de Joule Gay-Lussac

On considère deux réservoirs identiques aux parois rigides et parfaitement calorifugées ; ils communiquent par un tube à robinet. On note V_0 le volume d'un des réservoirs.



A l'état initial, le compartiment A contient une mole de gaz parfait monoatomique à la température T_0 et le compartiment B est vide. $V_0 = 12 \text{ L}$; $T_0 = 300 \text{ K}$. La pression initiale est notée P_0 .

On ouvre le robinet, le gaz se répartit dans les deux réservoirs et atteint un nouvel état d'équilibre thermodynamique. On note T_{f1} la température finale du gaz et P_{f1} sa pression finale.

1. Énergie

- 1.a. Définir l'énergie interne.
- 1.b. Énoncer le premier principe de la thermodynamique.
- 1.c. Déterminer la variation de l'énergie interne ΔU_1 , le travail des forces de pression W_1 et le transfert thermique Q_1 du gaz qui subit la détente de Joule-Gay Lussac.

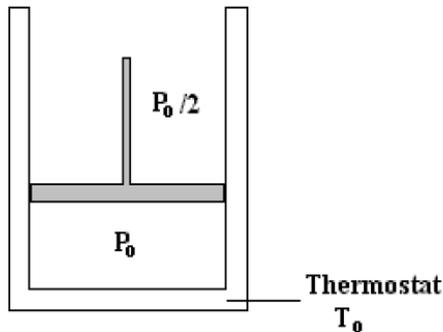
2. Gaz parfait monoatomique

- 2.a. Définir un gaz parfait monoatomique.
- 2.b. Définir la capacité thermique isochore molaire, notée C_{vm} , d'un gaz parfait monoatomique.
- 2.c. Déterminer P_0 , T_{f1} et P_{f1} en fonction des données du problème et effectuer les applications numériques.

II] Détente dans un cylindre muni d'un piston.

On considère maintenant une mole de ce même gaz monoatomique enfermée dans un cylindre vertical, muni d'un piston de masse négligeable et coulissant sans frottement (schéma ci-après). Les parois du cylindre et le piston sont diathermes (perméables à la chaleur).

L'ensemble du dispositif se trouve au contact d'un thermostat à la température T_0 (300K).



Le volume initial du gaz est égal à V_0 (12L) et sa pression initiale est égale à P_0 (*identique à celle de la question I*). Le piston est initialement bloqué par l'opérateur.

La pression de l'atmosphère extérieure est maintenue à $P_0/2$ pendant toute l'expérience.

1. L'opérateur relâche d'abord brutalement le piston.
 - 1.a. Caractériser cette transformation.
 - 1.b. Déterminer l'état final T_{f2} , V_{f2} et P_{f2} en fonction des données.
 - 1.c. Déterminer la variation de l'énergie interne ΔU_2 , le travail des forces de pression W_2 et le transfert thermique Q_2 . Effectuer les applications numériques.
2. Partant du même état initial, l'opérateur relâche à présent très lentement le piston.
 - 2.a. Caractériser cette transformation.
 - 2.b. Déterminer la variation de l'énergie interne ΔU_3 , le travail des forces de pression W_3 et le transfert thermique Q_3 . Effectuer les applications numériques.

III] Comparaison

1. En comparant les résultats de ces trois détente, mettre en évidence les principales propriétés de l'énergie interne, du travail des forces de pression et du transfert thermique.