

EXAMEN DE THERMODYNAMIQUE

Durée : 1 heure 30 mn

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

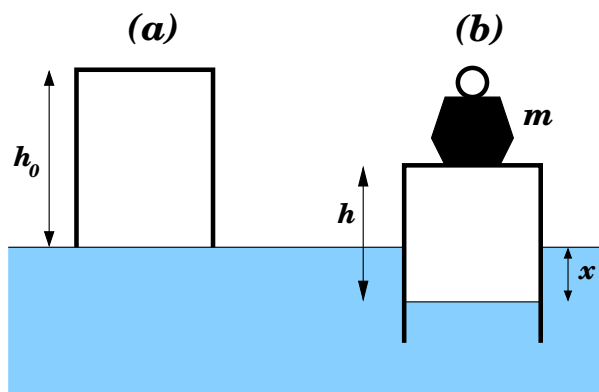
Barème approximatif : Premier problème 6 points ; deuxième problème 14 points.

Les deux problèmes sont indépendants.

1 Hydrostatique.

On renverse un verre cylindrique (section $S = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$, hauteur $h_0 = 10 \text{ cm}$, masse négligeable) au dessus d'une baignoire remplie d'eau, de sorte que le bord du verre affleure la surface de l'eau (cf. figure ci-contre, position (a)).

Ensuite, on pose sur le verre une masse $m = 100 \text{ g}$ et on se retrouve dans la situation illustrée dans le cas (b) de la figure : h est la distance entre le fond du verre et l'interface air/eau à l'intérieur du verre et x est la distance entre cette interface et la surface libre de l'eau.



On notera ρ la masse volumique de l'eau et P_0 la pression atmosphérique.

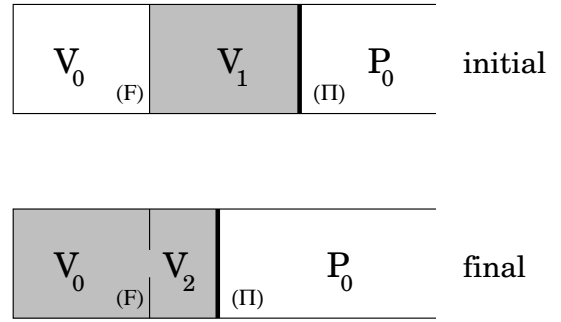
1/ Calculer la valeur de x et de la pression P de l'air piégé dans le verre en fonction des paramètres du problème. Faire l'application numérique.

2/ On considère l'air comme un gaz parfait. Donner l'expression de h en fonction de h_0 , m , g , S et P_0 . Faire l'application numérique. Peut-on avoir $x > h$? Si oui, tracer la figure correspondante.

Veillez tourner la page, SVP

2 Détente irréversible.

Dans cet exercice on se propose d'étudier la variation d'entropie qui intervient lors d'une transformation irréversible d'un gaz. Le dispositif expérimental est schématisé sur la figure ci-contre : un cylindre est fermé par un piston (II) mobile sans frottements. Une cloison fixe (F) délimite deux compartiments dans le cylindre. Les parois du cylindre et le piston sont adiabatiques. La face externe du piston est soumise à la pression atmosphérique P_0 .



Initialement, le compartiment limité par le piston est rempli d'un gaz parfait dont la capacité thermique à volume constant C_V est indépendante de la température (on note $\gamma = C_P/C_V$). La température est T_1 , le volume V_1 . L'autre compartiment, de volume V_0 est vide.

Pour opérer la détente irréversible du gaz, on perce un trou dans la cloison fixe (F). Les conditions initiales sont telles qu'une fois l'état d'équilibre final est atteint, le piston délimite un volume V_2 entre sa face interne et la cloison (F). Dans l'état final, la température du gaz est T_2 .

1/ Quelle est la pression du gaz dans l'état initial et dans l'état final ?

2/ Quel est le volume balayé par le piston dans son déplacement de sa position initiale à sa position finale ? En déduire le travail W fourni au gaz par le piston en fonction de V_1 , V_2 et P_0 .

3/ Donner, en la justifiant, l'expression de la différentielle dU de l'énergie interne du gaz en fonction de la variation dT de la température, du nombre n de moles ainsi que des constantes γ et R .

Pour le gaz considéré, calculer la variation de l'énergie interne en fonction des paramètres de l'état initial et de l'état final (V_0 , V_1 , V_2 et P_0).

4/ Calculer le volume V_2 et la température finale T_2 en fonction de V_0 , V_1 , T_1 et γ . La température finale est-elle supérieure ou inférieure à la température initiale ? Faire l'application numérique en prenant $V_0 = V_1 = 1 \ell$, $T_1 = 300 \text{ K}$ et $\gamma = 1,4$.

Quelle condition V_0 et V_1 doivent-ils remplir pour que le piston ne soit pas appliqué contre la cloison fixe dans l'état final ?

5/ Écrire l'identité thermodynamique pour un système à deux variables indépendantes (énergie et volume). Pour n moles de gaz parfait, en déduire la différence d'entropie entre deux états (V_1, T_1) et (V_2, T_2). Calculer alors la variation d'entropie ΔS du gaz de l'expérience précédente en fonction de V_0 , V_1 , T_1 et γ . Quel doit être le signe de ΔS ? Vérifier le dans le cas où $V_0 = V_1$.