1 Statique des fluides

1.1 Pression au fond d'une fosse océanique

A sa surface libre de l'eau de mer a pour masse volumique $\mu_0 = 1,03.10^3 kg.m^{-3}$ et pour pression $P_0 = 1,013.10^5 Pa$. On la supposera à l'équilibre mécanique dans le champ de pesanteur uniforme, de valeur $g = 9,81 m.s^{-2}$.

1) On suppose d'abord que l'eau de mer est incompressible.

1.a) Quelle est la pression $P_1(z)$ à une profondeur z ?

1.b) En déduire la pression dans une fosse océanique à z = 10,0 km de profondeur.

2) On suppose maintenant que l'eau est compressible et isotherme, de coefficient de compressibilité $\chi_T = 4,5.10^{-10} Pa^{-1}$.

2.a) Déterminer la masse volumique $\mu(z)$ à la profondeur z en fonction de μ_0, χ_T, g et z.

2.b) En déduire la pression $P_2(z)$ à la profondeur z en fonction de μ_0, χ_T, g et z.

2.c) Application numérique : donner suivant ce nouveau calcul la valeur de la pression dans une fosse océanique à z = 10,0 km de profondeur.

1.2 Modèle de la troposphère (extrait Oral CCP MP 2013)

On admet que dans la troposphère (entre 0 et 11 km d'altitude) la température T varie avec l'altitude z selon une loi de la forme : $T = T_0 + Az$, où T_0 est la température au sol et A une constante. L'air est asssimilé à un gaz parfait ($M = 29 g.mol^{-1}$).

1) Etablir la loi de variation $P(z)$.

2) Application numérique : calculer la température T_1 et la pression P_1 à 11 km d'altitude.

Données numériques : au sol, $T_0 = 15°C$ $P_0 = 101325 Pa$ $g = 9,80 m.s^{-2}$ $R = 8,314 J.K^{-1}.mol^{-1}$

3) On admet maintenant que la température varie avec l'altitude selon la loi : $T(z) = T_0 - \lambda z$ avec $\lambda = 6,5.10^{-3} K.m^{-1}$. L'air est toujours considéré comme un gaz parfait. Montrer que $P = P_0\left(\frac{T}{T_0}\right)^q$.

Déterminer q.

1.3 Force sur un barrage

Un barrage droit permet de réaliser une retenue d'eau sur une profondeur H et une largeur L. La pression de l'air est P_0, et la masse volumique de l'eau est constante et vaut ρ_0.

1) Donner les caractéristiques (norme , sens, direction) de la résultante des efforts de pression qu'exerce l'eau sur le barrage en fonction de ρ, g, L, H et P_0. On prendra l'axe Oz ascendant et son origine au bas du barrage

2) Le profil du barrage est modifié. Il correspond à une courbe C d'équation $z = f(x)$. La hauteur d'eau demeure H et la largeur L. On notera x_0 l'abscisse du point le plus haut de la courbe C atteint par l'eau. Donner la nouvelle expression de la résultante selon x pour $z = \frac{x^2}{h}$. Commenter.

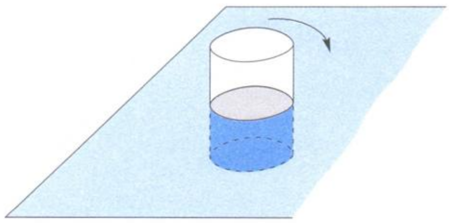
1.4 Oscillations d'un bouchon de liège

Un bouchon de liège, homogène, de forme cylindrique, flotte verticalement à la surface de l'eau. On donne sa hauteur, h =5 cm, et son rayon, r = 1 cm.

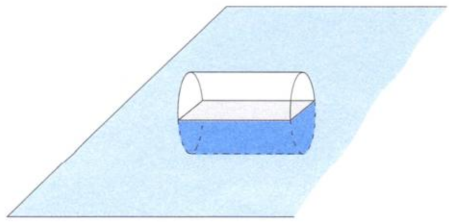
1) A l'équilibre il est à moitié enfoncé ; déterminer sa masse volumique ρ.

2) Déterminer la période des petites oscillations verticales de ce bouchon à la surface de l'eau. La masse volumique de l'eau est $\rho_e = 1\ g.cm^{-3}$. On prendra $g = 10\ m.s^{-2}$.

3) En fait, le bouchon flottera horizontalement : en effet, lorsqu'on pose un bouchon en liège cylindrique verticalement sur l'eau, il se met immédiatement en position horizontale comme le montre le schéma ci-dessous. Expliquez qualitativement pourquoi.



Position verticale : le bouchon bascule



Position horizontale

2 Premier principe

2.1 Transformation de gaz parfaits

Un récipient de volume fixe $2V_0$, délimité par des parois athermanes, est composé de deux compartiments séparés par une membrane glissant sans frotter. Cette membrane est diathermane. Initialement, le compartiment de gauche contient un gaz parfait (rapport Υ) à la pression P_0 et température T_1. Celui de droit contient le même gaz parfait à la pression P_0 et la température T_2. Les deux compartiments ont initialement le même volume V_0. On attend très longtemps afin que le système atteigne un état d'équilibre.

1) Que dire de l'état final ?

2) Quelles sont les pressions dans les deux compartiments ?

3) Quelles sont les valeurs des températures finales en fonction de T_1 et T_2 ?

3 Second principe

3.1 Oral CCP TSI 2013 (Yoan Allouche)

Un récipient de volume total fixe $2V_0$ (V_0 = 10L) est divisé en deux compartiments par une membrane mobile (de surface S) sans frottement. Les parois des deux compartiments et la membrane empêchent les transferts thermiques. Initialement, l'air (gaz parfait de rapport $\Upsilon = 1,4$) contenu dans chacun des deux compartiments est à la température $T_0 = 300$ K et à la pression $P_0 = 10^5$ Pa.

A l'intérieur du compartiment de gauche se trouve une résistance $R' = 10\ \Omega$. Cette résistance est parcourue par un courant continu I = 1 A. On arrête le courant après une durée τ, dès que la pression dan le compartiment de gauche vaut $P_1 = 2\ P_0$. Les transformations sont supposées être lentes. La capacité thermique de la résistance est supposée très faible.

1) Quelle est la pression finale P_2 dans le compartiment de droite ?

2) Dans quel compartiment la variation de volume sera-t-elle la plus faible et la transformation quasi adiabatique réversible?
3) Quels sont les températures T_2 et le volume V_2 dans le compartiment de droite à la fin de l'expérience ?
4) En déduire les températures T_1 et volume V_1 du compartiment de gauche en fin d'expérience.
5) Quel travail des forces de pression W_2 a été reçu par le compartiment de droite en fonction de ϒ, P_0, P_2, V_0 et V_2 ? ET celui W_1 reçu par le compartiment de gauche ?
6) Quelle est la durée τ de chauffage en fonction de P_0, V_0, ϒ, R' et I ?
7) En déduire les variations d'entropie dans les deux compartiments.

3.2 Calorimétrie

On considère un vase parfaitement calorifugé qui contient une masse m_1 = 100 g d'un liquide de capacité thermique c_1 = 3000 $J.kg^{-1}.K^{-1}$ à la température T_1 = 30°C. On plonge rapidement un morceau de cuivre de masse m_2 = 200g et de capacité thermique c_2 = 400 $J.kg^{-1}.K^{-1}$, initialement à la température T_2 = 70°C. Le récipient dont la capacité thermique est C_s = 250 $J.K^{-1}$ y compris les accessoires (agitateur, thermomètre…) est soigneusement refermé.
1) Déterminer la température d'équilibre.
2) Calculer la variation globale d'entropie pour cette opération.

4 Machines thermiques

4.1 Moteur 4 temps

On considère un gaz parfait dans les conditions initiales P_0, V_0, T_0.

- 1^{er} temps : On effectue une compression adiabatique portant le volume de V_0 à V_1.
- $2^{ème}$ temps : Le volume étant toujours de V_1, on fournit une quantité de chaleur Q_1.
- $3^{ème}$ temps : On revient de façon adiabatique au volume initial V_0.
- $4^{ème}$ temps : On fournit une quantité de chaleur Q_0 de façon à revenir à l'état initial.

1) Tracer le cycle dans le diagramme de Clapeyron.
2) Montrer que le rendement ρ n'est fonction que de V_0/V_1.

4.2 Cycle moteur : rendement

On considère le cycle suivant :
En A, la pression est minimale égale à P_A. On comprime de façon adiabatique réversible jusqu'au point B. On réalise ensuite une transformation isobare BC, puis une détente adiabatique réversible CD, puis une transformation isochore pour revenir en A.
On connait V_A/V_B, V_C/V_B, P_A et T_A.
Calculer le rendement r ainsi que P_B, T_B, P_C, T_C, T_D et P_D.

5 Changements d'état

5.1 Passage glace-eau

On prend un récipient isole thermiquement, sous une pression de 1 atmosphère, on y met m_1 = 10 g de glace à T_1 = -8°C et m_2 = 100 g d'eau liquide à T_2 = 15°C.
A 0°C et sous une atmosphère, la chaleur latente de fusion de l'eau vaut L = 340 $J.g^{-1}$, la chaleur massique de l'eau liquide est c_l = 4,2 $J.g^{-1}.K^{-1}$ et la chaleur massique de la glace est c_s = 2,1 $J.g^{-1}.K^{-1}$.

1) Calculer la température finale dans le récipient.
2) Calculer la variation d'entropie de la glace, de l'eau liquide et de l'ensemble

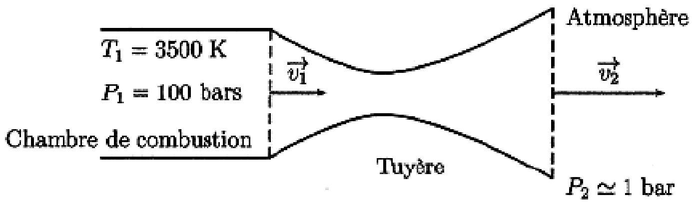
5.2 Deux vaporisations de l'eau liquide

On réalise la vaporisation totale d'une masse m = 1 g d'eau liquide, initialement sous la pression P = P_{atm} = 1,0bar, de deux manières différentes. Dans les deux cas le récipient est placé dans un thermostat à T_0 = 100°C.
A) Vaporisation infiniment lente : Le récipient est fermé par un piston. Initialement la pression de l'eau est P_{atm} et on déplace infiniment lentement le piston jusqu'à n'avoir plus que de la vapeur. Le volume vaut alors V_f = 1,61 L.
B) Vaporisation dans le vide : On place directement (et rapidement) lamasse d'eau dans un même volume V_f. On peut aussi considérer que l'eau liquide est initialement seule, à l'équilibre, dans un récipient dont le volume est égal à son volume massique à P_{atm} et qu'on ouvre un robinet pour lui permettre d'occuper le volume v_f.
1) Dans les deux cas, déterminer les variations d'énergie interne, d'enthalpie et d'entropie de la masse d'eau, puis le travail et le transfert thermique échangé et l'entropie créée.
2) En conclure, par analogie avec le cas de l'enthalpie massique de changement d'état, ce que représente l'énergie interne massique de changement d'état.
On rappelle $l_v(H_2O) = 2,25.10^6$ J.kg^{-1} à 100°C.

6 Systèmes ouverts

6.1 Bilan d'énergie sur un système ouvert

Les gaz comprimés et chauds, issus de la chambre de combustion d'une fusée, traversent une tuyère et se détendent rapidement.



On suppose que le propergol utilisé est composé de O_2 et H_2, les gaz brûlés sont de la vapeur d'eau, considérée comme un gaz parfait, de masse molaire M et d'exposant adiabatique Υ = 1,30.
La détente étant très rapide, on peut la considérer comme adiabatique.
1) Déterminer la relation liant les enthapies massiques du gaz avant et après la détente h_1 et h_2 aux vitesses v_1 et v_2.
2) On considère $v_1 << v_2$ et la transformation réversible. On note c_p la capacité thermique massique à pression constante du gaz. En déduire l'expression de v_2 en fonction de Υ, R, M, T_1, P_1 et P_2 et faire l'application numérique.
Données : M(O) = 16 g.mol^{-1} ; M(H) = 1 g.mol^{-1} ; R = 8,314 J.mol^{-1}.K^{-1}