TD Statique des fluides

Exercice 1

Deux récipients de sections constantes respectives S_A = 40 cm² et S_B = 10 cm² communiquent à leur base par un tube fin. Ils contiennent initialement un volume d'eau suffisant pour que, au cours des expériences suivantes, il y ait toujours de l'eau dans chacun des deux récipients.

1°) On verse un volume V = 0,20 L d'huile dans le récipient A. Déterminer la dénivellation entre les deux surfaces libres.

2°) Quelle serait cette dénivellation si on avait versé l'huile dans le récipient B ?

Masses volumiques : ρ(eau) = 1,00 g.cm^{-3} ; ρ(huile) = 0,90 g.cm^{-3}.

Exercice 2 : Equilibre dans un tube en U

Un tube en U de section constante *s* = 1,0 cm², ouvert aux deux extrémités, contient de l'eau.

1°) On ajoute dans une des branches un volume V = 6,0 cm^3 d'huile. Déterminer la dénivellation entre la surface libre de l'eau et la surface de séparation eau-huile.

2°) À partir de l'état d'équilibre précédent, on ajoute dans l'autre branche du tube en U un volume V' = 10 cm^3 d'acétone. Déterminer la dénivellation entre les deux interfaces eau-huile et eau-acétone ainsi que la dénivellation entre les deux surfaces libres.

Masses volumiques : ρ(eau) = 1,00 g.cm^{-3} ; ρ(huile) = 0,90 g.cm^{-3} ; ρ(acétone) = 0,79 g.cm^{-3}.

Exercice 3 : Pression atmosphérique en altitude

1°) Donner l'expression littérale de la pression P en fonction de l'altitude z, puis calculer la pression atmosphérique au sommet du Mont Blanc (4807 m) dans les deux cas suivants :

a) On suppose que la température de l'atmosphère est constante et égale à T_0.
b) On suppose que la température absolue varie avec l'altitude suivant la loi $T = T_0 - A.z$

Altitude (km)	0	2	4	6	8	10	11
Température (°C)	15,0	1,6	-10,1	-23,6	-36,6	-49,5	-56,1

2°) Calculer l'écart relatif entre les deux valeurs et conclure.

3°) Donner l'expression littérale pour les deux modèles précédents de la pression P en fonction de l'altitude z en introduisant la hauteur caractéristique, grandeur que l'on définira.

4°) On considère le modèle de la question 1°) a). Déterminer à partir de quelle altitude on pourra considérer que la pression n'est plus uniforme (on considérera la pression uniforme si sa variation relative n'excède pas 1 %).

5°)* a) Montrer que si z est très petit devant la hauteur caractéristique, alors les deux modèles précédents mènent à une même fonction affine de P et de z.

Données : si $|x| \ll 1$ alors $e^x \approx 1 + x$ et $(1 + x)^m = 1 + mx$

b) Calculer P pour z = 100 m.

Données : température à l'altitude *z* = 0 : T_0 = 290 K ; pression à l'altitude *z* = 0 : P_0 = 1,013 bar ; masse molaire de l'air : M = 29,0 g. mol^{-1} ; g = 9,81 m.s^{-2} ; R = 8,31 J.mol^{-1}.K^{-1}.

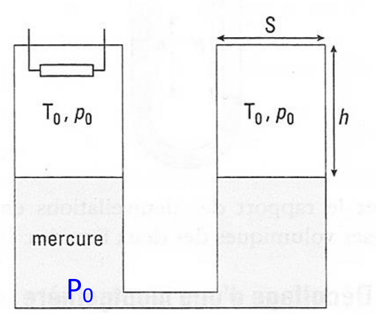
Exercice 4 : Dilatation d'un gaz parfait

On considère le dispositif suivant, rempli partiellement de mercure et dont chacune des deux branches, hermétiquement scellée, contient une même quantité de gaz parfait à la température T_0 sous la pression P_0. La hauteur commune aux deux colonnes de gaz est h et la section des deux récipients est S.

On chauffe, au moyen de la résistance, la gaz contenu dans l'une des branches, jusqu'à une température T. A l'équilibre, la dénivellation entre les deux surfaces libres du mercure est d = 10,0 cm.

Calculer la température T.

Données : T_0 = 293 K ; P_0 = 1,013 bar ; h = 40,0 cm ; ρ = 13,6 g.cm^{-3}.



Exercice 5

Un tube cylindrique, initialement vide, fermé à la partie inférieure, est retourné sur une cuve à mercure de grande surface par rapport à la section du tube. La température est constante et toujours égale à 0 °C. Quand la hauteur de la chambre barométrique (partie "vide" au dessus du mercure) est de 5,0 cm, le mercure monte à 75,0 cm au dessus de la surface en contact avec l'atmosphère. Quand elle est de 10,0 cm, il monte à 75,5 cm. Montrer que l'on ne peut expliquer ce résultat que par la présence d'un gaz dans la chambre barométrique. En déduire la valeur de la pression atmosphérique (on supposera que la quantité de gaz est identique dans les deux expériences).

Données : $\rho_{mercure}$ = 13,6 g.cm^{-3} ; g = 9,81 m.s^{-2}.

Exercice 6 : Manomètre à deux liquides

Le tube en U, de section s, est prolongé par deux réservoirs de section S. Le liquide L_1 (réservoir de gauche), de masse volumique ρ_1, est superposé au liquide L_2 (réservoir de droite), de masse volumique ρ_2.

1°) La pression P_0 étant la même à la surface libre des deux liquides, établir une relation entre h_1 et h_2.

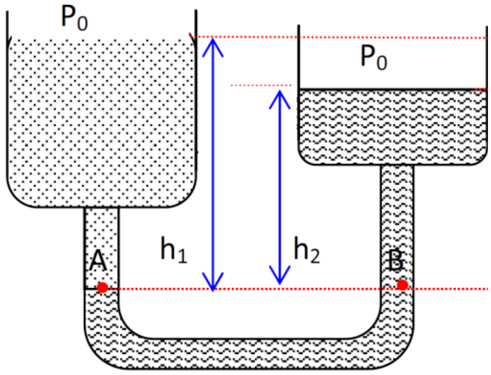
2°) On fait varier de ΔP la pression à la surface du liquide L_1.

Exprimer le déplacement de la surface de séparation des deux liquides.

A.N. : ΔP = 10 Pa.

3°) Si l'on peut apprécier un déplacement de 1 mm, quelle est la sensibilité du manomètre ?

A.N. : ρ_1 = 998 kg.m^{-3} ; ρ_2= 1022 kg.m^{-3} ; s = 1,0 cm² ; S = 100 cm².



Exercice 7

Dans une atmosphère pesante, la masse volumique ρ d'un gaz parfait varie avec la pression P suivant la loi :

$$\frac{P}{\rho^{\alpha}} = K = cste$$ (α constante supérieure à 1).

1°) Exprimer la constante K en fonction de P_0 et ρ_0. En déduire l'expression de ρ en fonction de P, P_0 et ρ_0.

2°) Etablir la loi de variation de la pression P avec l'altitude z.

3°) Montrer que l'atmosphère a une hauteur finie que l'on exprimera en fonction de ρ_0, P_0 (valeurs à l'altitude zéro), α et g (intensité de la pesanteur). Calculer la "hauteur" de l'atmosphère.

4°) Donner la loi de variation de la température avec l'altitude.

A.N. : P_0 = 1,0 bar ; ρ_0 = 1,3 kg.m^{-3} ; α = 1,4 ; g = 9,8 m.s^{-2}.