



Fluides compressibles

MF104 – Masse de l'atmosphère

On adopte pour l'atmosphère les hypothèses simplificatrices habituelles :

- elle est assimilée à un gaz parfait
- sa masse molaire $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$, sa température $T = 273 \text{ K}$ sont uniformes.
- l'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

Déterminer la masse de l'atmosphère terrestre en considérant que l'essentiel de la masse de l'atmosphère occupe une hauteur faible devant le rayon terrestre.

Données

$$R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}.$$

$$\text{Rayon terrestre : } R_T = 6,4.10^3 \text{ km}$$

$$\text{Pression atmosphérique au sol : } p_0 = 1,0 \text{ bar.}$$

MF102 – Modèle de la troposphère (Yannis / Henri)

Selon le modèle de l'« Atmosphère Standard Internationale » (A.S.I), 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 :

$$T(z) = T_0 + A \cdot z$$

où T_0 est la température au sol et A une constante.

L'air est assimilé à un gaz parfait ($M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$)

a – Etablir l'expression du champ de pression.

b – Application numérique : calculer la température T_1 et la pression P_1 à 10 km d'altitude.

Données : Au sol $T_0 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_0 = 101325 \text{ Pa}$.

$$\text{Champ de pesanteur uniforme } g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{Gradient vertical de température : } A = -6,5 \text{ K.km}^{-1}$$

$$\text{Constante } R = 8,315 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

★ **MF112 - Baromètre de Huyghens** (*Enguerrand*)

Le baromètre de Huyghens comporte une cuve de mercure de masse volumique ρ . Soit S l'aire de la surface libre du mercure dans la cuve et N son niveau. Le tube barométrique comporte un renflement de section s_1 au milieu duquel se trouve approximativement le niveau N_1 du mercure. Ce renflement est surmonté d'un tube de section s_2 dans lequel le niveau de glycérine de masse volumique μ est N_2 . La partie supérieure est considérée comme vide.

L'appareil est en équilibre pour une certaine valeur de la pression atmosphérique.

1 - Compréhension du dispositif :

Pourquoi utiliser deux fluides plutôt que de la glycérine seule, ou du mercure seul ?

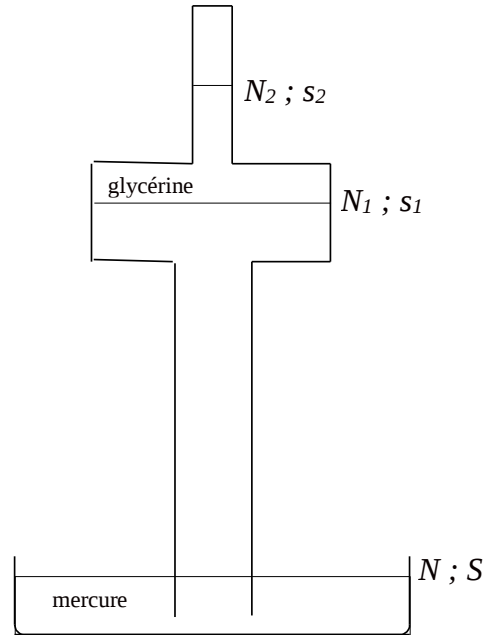
Pourquoi utiliser de la glycérine plutôt que de l'eau ?

2 - A partir de l'équilibre précédent, on suppose que la pression atmosphérique augmente d'une petite quantité ΔP . Le niveau N_2 monte alors de n mm.

Exprimer la sensibilité $\frac{n}{\Delta P}$ en fonction des données du problème.

La comparer à la sensibilité d'un baromètre de Torricelli.

Données : $S = 50 \text{ cm}^2$; $s_1 = 5 \text{ cm}^2$; $s_2 = 0,2 \text{ cm}^2$; $\mu = 1,05 \text{ g.cm}^{-3}$; $\rho = 13,6 \text{ g.cm}^{-3}$.

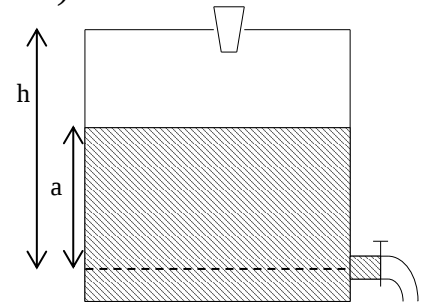


MF114 - Prélèvement d'un liquide dans un récipient (*Antoine P. / Ariane*)

Un récipient cylindrique d'axe vertical de section S et hauteur h , contient du vin sur une hauteur a . Le vin est surmonté d'air à pression atmosphérique p_0 assimilé à un gaz parfait. Le récipient est muni d'un bouchon en haut et d'un robinet en bas. On admet qu'aucune bulle d'air ne s'introduit par le robinet lorsqu'il est ouvert.

Quel volume de liquide peut-on recueillir en ouvrant le robinet à bouchon fermé ?

Données : masse volumique du liquide : $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$
 $p_0 = 1,0 \text{ bar}$; $h = 1,0 \text{ m}$; $a = 0,70 \text{ m}$; $S = 0,080 \text{ m}^2$;
 $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$



MF116 - A la découverte d'une grotte sous-marine

On considère l'air piégé par la mer dans une cavité rocheuse.

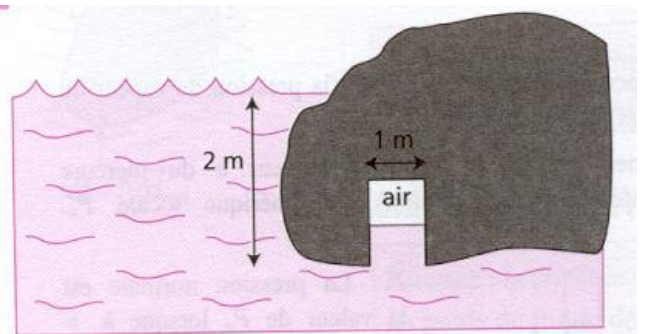
La cavité est de forme cubique de côté $a = 1,00 \text{ m}$ et se trouve située dans une roche en surplomb. La base de la cavité est dans un plan horizontal. A marée basse, le niveau de la mer est situé juste au-dessous de ce plan et à marée haute, il est $2,00 \text{ m}$ au-dessus.

On considérera que l'air est un gaz parfait. La pression atmosphérique est $p_0 = 1,00 \text{ bar}$ et la température de $20,0^\circ\text{C}$.

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$; $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

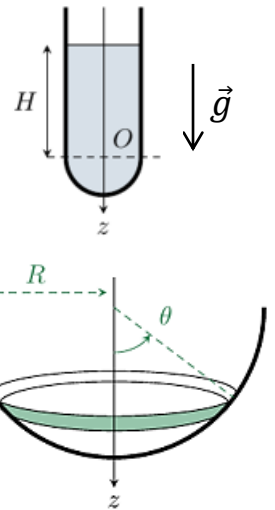
1 – Calculer la hauteur d'eau dans la cavité.

2 – Calculer la pression dans la cavité.



MF118 - Force d'un fluide sur un tube à essai (Jean-Marc / Karl)

On considère un tube à essais contenant un liquide incompressible de masse volumique ρ . Le fond du tube est une demi-sphère de rayon R . Le liquide atteint une hauteur H dans le tube. La pression ambiante est P_0 . Le tube est vertical et placé dans le champ de pesanteur uniforme $\vec{g}$.



- 1 - Déterminer l'expression de la pression $P(z)$ dans le liquide.
- 2 - Justifier qualitativement que la résultante des forces de pression qu'exerce le fluide sur les parois du tube est orientée selon (Oz) : F_z .
- 3 - Calculer F_z . Commenter.

MF132 – Barrage hémicylindrique (Rim)

On considère un barrage hémicylindrique de rayon R et rempli d'eau sur une hauteur h . Calculer la résultante des forces de pression exercées par l'air et l'eau.

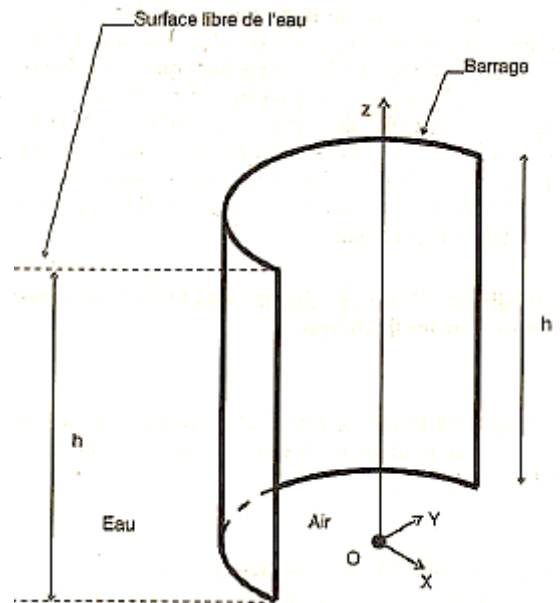
Données :

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Pression atmosphérique uniforme : $p_0 = 1,00 \text{ bar}$

Accélération uniforme de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

$R = h = 100 \text{ m}$

**★ MF1100 – Forme de la Terre (Raphaël)**

La Terre est assimilée à une masse $M_T = 6,0.10^{24} \text{ kg}$ d'un fluide de masse volumique μ constante, remplissant un volume limité par une surface (Σ) quasi sphérique de rayon $R_T = 6,4.10^6 \text{ m}$ en contact avec une atmosphère gazeuse à pression p_0 uniforme. On s'intéresse à l'équilibre de masses situées près de la surface libre où on suppose en première approximation que le champ gravitationnel est le même que si toute la masse de la Terre était concentrée en son centre T . On suppose que le référentiel géocentrique est galiléen et on note Ω la vitesse angulaire de rotation de la Terre autour de l'axe sur-nord (Tz) . On repère un point M de la Terre en coordonnées sphériques (r, θ, φ) .

- 1 - Montrer que l'équation de la surface (Σ) s'écrit :

$$\frac{GM_T}{r} + \frac{\Omega^2 r^2 \sin^2 \theta}{2} = Cte$$

- 2 - En admettant qu'on peut remplacer en première approximation r par R_T dans le terme axifuge, en déduire l'écart $r_{max} - r_{min}$ qui mesure la déformation due à la rotation de la Terre.

MF122 - Fonte d'un glaçon dans l'eau

Un glaçon (d'eau) flotte à la surface d'un verre d'eau. Le niveau de l'eau atteint le bord du verre.

a - Pourquoi le glaçon flotte-t-il ?

b - Le glaçon fond. Le verre va-t-il déborder ? Justifier.



MF124 – Ascension d'un aérostat

Un aérostat est constitué par une enveloppe gonflée partiellement ou totalement par un gaz plus léger que l'air, de densité d par rapport à l'air, soutenant une nacelle. Le gaz est continuellement en communication avec l'air atmosphérique extérieur par une ouverture, la manche, située à la base de l'enveloppe. On suppose le gaz en équilibre de pression et de température avec l'air ambiant. Les gaz supposés parfaits.

On désignera par V le volume de l'enveloppe à un instant donné. La nacelle et son contenu, et l'enveloppe ont un poids total Π . Au départ, l'enveloppe est partiellement gonflée. On supposera l'accélération de la pesanteur uniforme. Le volume de la nacelle est supposé négligeable.

1 – Calculer la force ascensionnelle F qui s'exerce sur le ballon. Montrer que si Π est constant, F l'est aussi tant que l'enveloppe reste partiellement gonflée.

2 – Montrer que l'aérostat atteint un plafond d'altitude.

3 – Examiner le cas des ballons sondes pour lesquels le gaz n'est pas en communication avec l'air atmosphérique.