Série d'exercices n°2

* Exercice 1 *Bulle d'air*

Exercice simple sur la loi de l'hydrostatique (semaine 1, transparent 22) et la loi des gaz parfaits (transparents 15-19).

Un plongeur se trouve à 30 m sous la surface d'un lac et laisse échapper une bulle d'air de son détendeur. La bulle est sphérique et a un diamètre initial de 3 cm. La température de l'eau est de 10 °C à -30 m et de 20 °C à la surface. On fait l'hypothèse que l'air dans la bulle prend instantanément la température de l'eau qui l'entoure et que la pression à la surface est $P_0 = 10^5$ Pa. De plus, on suppose que la densité de l'eau est constante et égale à $\rho = 10^3$ kg m^{-3}, et que l'air dans la bulle est un gaz parfait. Calculer le diamètre de la bulle lorsqu'elle atteint la surface.

* Exercice 2 *Deux ballons*

Illustration de la notion de pression partielle (transparent 20).

Soient deux ballons B1 et B2. B1, de volume V_1, contient du dioxyde de carbone sous la pression p_1. B2, de volume V_2, contient de l'oxygène moléculaire sous la pression p_2. La température est $T_0 = 0$ °C. On relie B1 et B2 par un tube très fin.

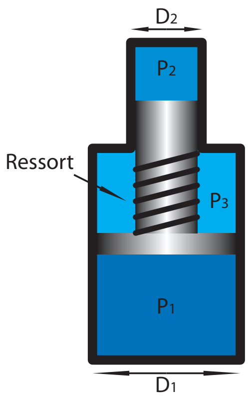
1. L'équilibre étant établi, la température étant toujours 0 °C , calculer les pressions partielles p_{p1} de dioxyde de carbone et p_{p2} d'oxygène dans le mélange.
2. Quelle est la pression totale p_T et quelle est la masse volumique μ_0 du mélange ?
3. On porte la température de l'ensemble de 0 °C à 15 °C . La dilatation des ballons étant négligeable, que deviennent la pression totale et la masse volumique du mélange ?

   A.N. $V_1 = 3$ L ; $V_2 = 1$ L ; $p_1 = 4$ atm ; $p_2 = 6$ atm ; $M_{CO_2} = 44$ gmol^{-1} ; $M_{O_2} = 32$ gmol^{-1}

** Exercice 3 *Vérin gaz et ressort*

Exercice qui combine loi des gaz parfaits (transparents 15-19) et mécanique statique.

Soit le montage suivant :



On considère que les volumes sont remplis de gaz parfait. Le ressort a une constante de $k = 8000$ N·cm^{-1}. Déterminer la compression ou l'allongement du ressort à l'équilibre en fonction des diamètres D_1 et D_2 ainsi que des pressions P_1, P_2 et P_3. On considère que le montage est posé à l'horizontale.

A.N. : $P_1 = 5000$ kPa, $P_2 = 10000$ kPa, $P_3 = 1000$ kPa, $D_1 = 8$ cm et $D_2 = 3$ cm.

** Exercice 4 *Plongeur à l'équilibre*

Exercice sur la loi de l'hydrostatique (semaine 1, transparent 22) et la loi des gaz parfaits (transparents 15-19) inspiré de la vidéo du plongeur vue en cours (transparent 21).

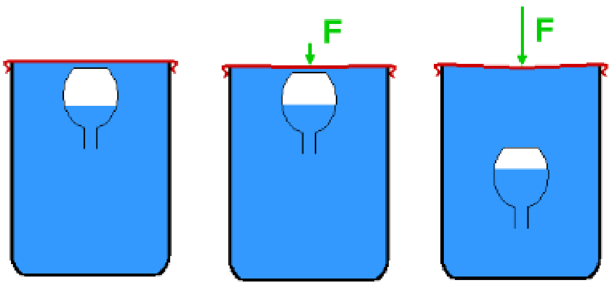
La densité moyenne d'un corps humain dépend, entre autres, du volume V_{gaz} occupé par les gaz présents dans son corps (air dans les poumons, etc.). On considère un plongeur à une profondeur h par rapport à la surface d'un lac ou de la mer de densité volumique ρ. Soit 37°C la température du plongeur, $m = 80$ kg sa masse, et $V = V_0 + V_{\text{gaz}}$ son volume, où V_0 est le volume constant occupé par les tissus du plongeur (muscles, os, graisse...). On estime que la densité des tissus est $\rho_0 = m/V_0 = 1060$ kg m^{-3}, et qu'approximativement $n = 0{,}25$ moles de gaz sont contenues dans son corps. La pression à la surface est $P_0 = 10^5$ Pa.

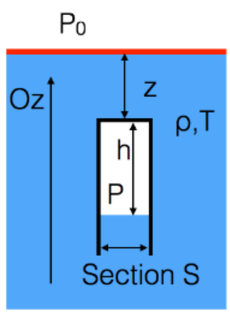
1. Etablir la relation entre V_{gaz} et h en traitant le gaz contenu dans V_{gaz} comme un gaz parfait.
2. D'après le principe d'Archimède, « un corps plongé dans un fluide subit une force verticale dirigée de bas en haut et opposée au poids du volume de fluide déplacé ». Calculer la profondeur limite h_0 pour laquelle le plongeur n'est plus poussé vers le haut et se met à couler à pic, s'il plonge dans un lac ($\rho = 1000$ kg m^{-3}) ou dans la mer ($\rho \approx 1025$ kg m^{-3}).

*** Exercice 5 *Le ludion (Examen SIE 2015)*

Exemple de problème d'examen essentiellement sur la loi de l'hydrostatique (semaine 1, transparent 22) et la loi des gaz parfaits (transparents 15-19). Illustration que un problème d'examen peut très bien ne porter que sur les deux premières semaines de la matière vue en cours.

Un ludion est un petit montage de physique souvent présenté comme une curiosité de salon ou comme un jouet. Il est constitué d'un objet creux rempli d'air, dont l'ouverture est vers le bas. Cet objet est immergé dans un récipient contenant de l'eau et fermé par une membrane élastique. L'air qu'il contient sert à le faire flotter. L'application d'une pression sur la membrane fait descendre l'objet creux et le relâchement de la pression le fait remonter (voir figure ci-dessous).





On considérera un flotteur de forme cylindrique de section S convenablement lesté pour que l'ouverture soit vers le bas. On note V le volume de gaz présent dans le ludion, h la hauteur de la colonne de gaz, z la profondeur du ludion mesurée depuis le sommet du ludion. On considère le volume des parois négligeable. À l'intérieur, il y a n moles d'air considéré comme un gaz parfait. La pression du gaz est notée P. L'eau est considérée comme un fluide incompressible de masse volumique ρ et est à la température T. On note P_0 la pression appliquée sur la membrane. En l'absence de force appliquée sur la membrane, P_0 est égale à la pression atmosphérique, P_{atm}.

1. En appliquant les lois de l'hydrostatique, exprimer la pression P du gaz dans le ludion en fonction de P_0, ρ, z, h et l'accélération de la pesanteur g.
2. On considère que le gaz dans le ludion reste à la température T, les évolutions sont isothermes et quasi-statiques. Écrire la relation des gaz parfaits satisfaite par le gaz en explicitant P et V en fonction de P_0, ρ, z, h, g et S.
3. On note M la masse totale du ludion. Exprimer la force d'Archimède qui s'exerce sur le ludion et en déduire la condition indiquant si le ludion monte ou bien coule en fonction de M, S, h et ρ.
4. En éliminant h entre les résultats obtenus aux questions 2 et 3, exprimer la pression P_t qui doit être exercée sur la membrane pour que le ludion reste immobile, c'est-à-dire telle que :

$$\begin{array}{ll} P_0 > P_t & \text{le ludion coule} \\ P_0 = P_t & \text{le ludion reste immobile} \\ P_0 < P_t & \text{le ludion monte} \end{array}$$

5. Le ludion est en haut ($z = 0$) et $P_0 = P_{\text{atm}}$, la quantité de gaz est telle qu'il flotte. Quelle est la surpression P_{appl} à appliquer sur la membrane pour le faire couler ?

   Application Numérique: $T = 300\,K$, $R = 8\,J\,K^{-1}\,mol^{-1}$, $\rho = 10^3\,kg\,m^{-3}$, $g = 10\,m\,s^{-2}$, $M = 30\,g$, $S = 3\,cm^2$, $n = 1{,}5 \times 10^{-3}\ mol$, $P_{atm} = 10^5\,N\,m^{-2}$.

   Si on appuie avec un doigt de surface $1\,\text{cm}^2$, quelle est la force F_{appl} à exercer sur la membrane ?
6. Le récipient ne doit pas être trop long : quelle est la profondeur critique z_c pour laquelle le ludion ne pourra plus remonter lorsque l'on cesse d'appliquer P_{appl} (c'est à dire lorsque P_0 reprend sa valeur P_{atm}) ?

   A.N.: $T = 300\,K$, $R = 8\,J\,K^{-1}\,mol^{-1}$, $\rho = 10^3\,kg\,m^{-3}$, $g = 10\,m\,s^{-2}$, $M = 30\,g$, $S = 3\,cm^2$, $n = 1{,}5 \times 10^{-3}\ mol$, $P_{atm} = 10^5\,N\,m^{-2}$.