Feuille d'exercices chap 1 : Statique des fluides

Pour appliquer le cours et expliquer des phénomènes courants

Exercice 1 : Pression et ordres de grandeur

1) A quelle hauteur d'eau correspond la pression atmosphérique ?
2) A quelle pression respire un plongeur lorsqu'il se trouve à une profondeur de 50 m ?
3) Rechercher l'ordre de grandeur de la pression dans une bouteille de champagne, un autocuiseur, une cafetière Nespresso, de l'eau dans un chauffage central, une bouteille de plongée sous-marine, un anticyclone.
4) Rechercher l'ordre de grandeur pour une dépression atmosphérique et pour la dépression dans un aspirateur.

Exercice 2 : Définition de la pression

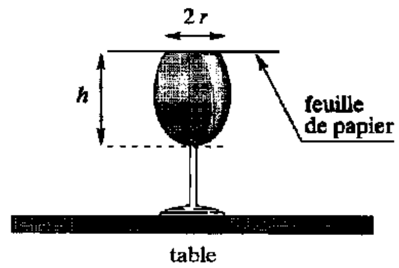
Une vitre de dimension 30cmx20cm ressent une force pressante exercée par l'air atmosphérique de 6000 N. En déduire la pression en un point de la vitre en pascal, puis en bar. Pourquoi la vitre résiste-t-elle à de telles forces pressantes ?

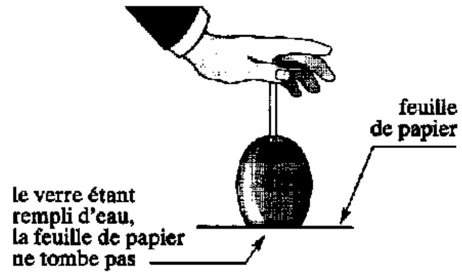
Exercice 3 : Poussée d'Archimède

1) Définir la poussée d'Archimède. Donner le théorème d'Archimède.
2) Pour éviter de couler en faisant la planche dans une piscine d'eau douce, il est préférable de gonfler ses poumons d'air ; expliquer. Pourquoi cela n'est-il pas nécessaire dans une piscine remplie d'eau de mer ?
3) Comment un sous-marin en eaux profondes procède-t-il pour remonter en surface ?
4) Bille flottant entre deux liquides
   Une bille de masse volumique ρ_b = 850 kg.m^{-3} flotte à la surface de séparation entre de l'eau de masse volumique ρ_e = 10^3 kg.m^{-3} et de l'huile de masse volumique ρ_h = 750 kg.m^{-3}. Calculer le pourcentage de volume de bille immergé dans l'eau.

Exercice 4 : Pression dans un liquide et pression atmosphérique

1) On remplit complètement, avec de l'eau, un verre cylindrique de hauteur h =10 cm et de rayon r = 3 cm. On pose sur ce verre une feuille de papier, puis on retourne l'ensemble ; on constate que la feuille ne tombe pas.
   Expliquer qualitativement.

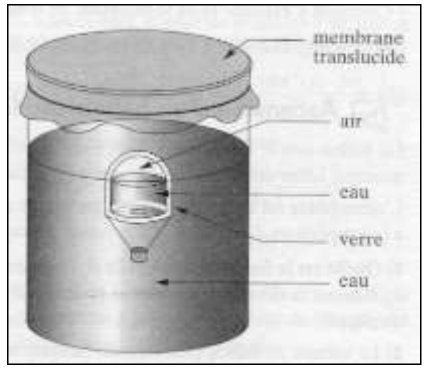




2) On remplace la feuille de papier par un disque de plomb de rayon r' = 4 cm et d'épaisseur e ; calculer l'épaisseur e_{min} pour que la feuille tombe lorsque l'on retourne le verre. On donne la masse volumique du plomb ρ = 11,3 g.cm^{-3}. Commenter.

Exercice 5 : Ludion

Un ludion est constitué d'une nacelle accrochée à une cloche sous laquelle a été introduit un peu d'air. La quantité d'air introduite permet de faire flotter le ludion, son sommet étant proche de la surface libre de l'eau contenue dans le récipient, comme sur le schéma ci-dessous.
Le récipient est clos par une membrane souple imperméable à l'air. Lorsque l'on appuie sur la membrane, le ludion coule.
Comment expliquer cette observation ?



Exercice 6 : Résolution de problème

Évaluer l'ordre de grandeur de la masse de diazote contenue dans l'atmosphère terrestre. On expliquera les différentes étapes du calcul, les données choisies et les approximations faites

On supposera que le champ de gravitation confondu avec le champ de pesanteur est invariant.
Données : rayon de la Terre R = 6400 km.
Hauteur de l'atmosphère : environ 30km.

Exercice 7 : Etoile sphérique fluide

Une étoile sphérique de centre O, de rayon R et de masse m, se trouve en équilibre dans le vide interstellaire sous l'action des forces pressantes et des forces internes de gravitation. Au point M tel que OM = r, le champ de gravitation est radial et a pour expression : $\vec{g} = -Kr\,\overrightarrow{u_r}$, K étant une constante.
L'étoile est constituée d'un fluide incompressible, de masse volumique ρ.

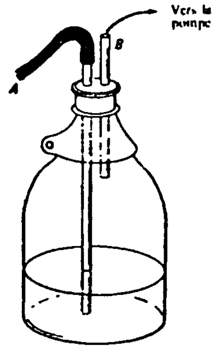
1) Rappeler la relation fondamentale de la dynamique dans le cas général.
2) Sachant que la pression est nulle à la périphérie de l'étoile, exprimer la pression au centre O en fonction de K, m et R.

En symétrie sphérique le gradient s'écrit : $\overrightarrow{grad}f = \frac{df}{dr}\overrightarrow{u_r}$

Pour aller plus loin :

Exercice 8 : Pompe

Une bouteille scellée est remplie partiellement d'eau et munie de deux tubes passant par le bouchon.



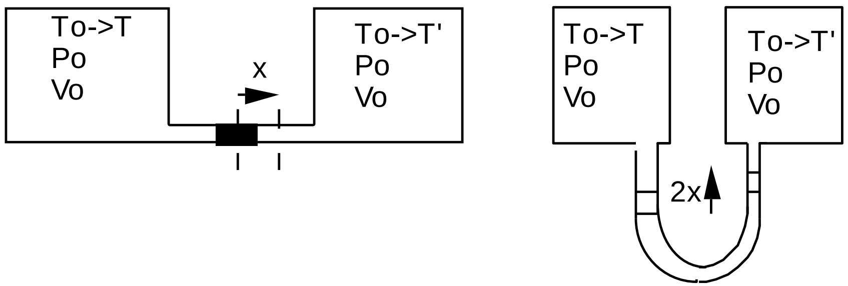
L'un des bouts du tube B est en communication avec une pompe, tandis que l'autre est au-dessus de la surface de l'eau. Le tube A est immergé à une profondeur de 0,15 mètre et l'autre bout est à l'extérieur, à l'air libre.
Quelle est la pression minimum qu'on peut obtenir dans la bouteille ? Qu'arrive-t-il une fois que cette pression est atteinte ?

Exercice 9 : Océan en équilibre isotherme

La masse volumique d'un océan varie avec la pression selon :
$\rho = \rho_0(1+a(P-P_0))$ avec $\rho = \rho_0$, $P = P_0$ pour z = 0, z étant la profondeur.

Etablir la loi P = *f*(z).

Exercice 10 : Thermomètres différentiels à gaz parfait :



Un tel thermomètre, destiné à mesurer de faibles différences de température, est constitué de 2 réservoirs à gaz parfait identiques reliés par un tube de jonction de faible section s.

a) Le tube est horizontal cylindrique. Un index de mercure en son milieu isole un même volume Vo de gaz parfait sous la pression Po et la température To dans chaque réservoir. On porte le gaz de gauche à T, le gaz de droite à T' légèrement inférieur à T. L'index se déplace vers la droite d'une petite longueur x (sx<<Vo). Déterminer T-T' en fonction de Vo, s, x, et T.

b) Le tube est un tube en U, l'index de mercure occupant entièrement la partie courbe du tube. On garde les notations précédentes, l'index se déplaçant vers le haut du côté droit de x, ce qui crée une dénivellation de 2x.
Déterminer T-T' en fonction de Po, ρHg, g, Vo, s, x, T et To.

Exercice 11 : Manomètre à deux liquides

Le manomètre de la figure 3 contient deux liquides non miscibles de masses volumiques ρ_1 et ρ_2. Les deux réservoirs ont la même section S et le tube a pour section *s*.

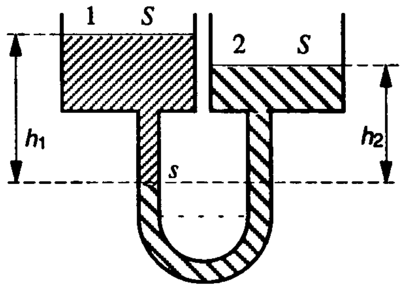


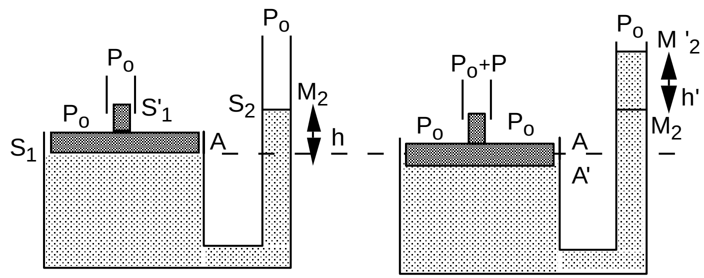
***Fig.* 3 : manomètre à deux liquides**

a) La pression *P* étant la même à la surface des deux liquides, établir une relation entre les hauteurs h_1 et h_2

b) En faisant varier de ΔP la pression au-dessus du réservoir 1, on provoque un déplacement *x* de la surface de séparation entre les deux liquides. Exprimer *x* et déterminer la sensibilité du manomètre c'est-à-dire le rapport $x/\Delta P$.

Données numériques :
ρ_1 = 998 kg.m^{-3} (eau) ; ρ_2 = 1022 kg.m^{-3} (aniline) ; S = 100 cm^2 ; *s* = 1 cm^2

Exercice 12 : Manomètre à pistons inégaux (mesure de pressions élevées)



On considère un manomètre à mercure comportant, d'une part un double piston, de masse m, à deux faces de surfaces très différentes S_1 et S'_1, et d'autre part un tube manométrique de faible section S_2. On note $r_1=S'_1 / S_1$ et $r_2 = S_2 / S_1$.

Dans le cas où la section S'_1 du double piston est soumise à la pression atmosphérique, les niveaux de mercure du manomètre, en A et M_2 sont séparés par une hauteur h. Lorsque la section S'_1 subit une pression supplémentaire P, les niveaux de mercure dans les deux compartiments sont indiqués par les points A' et M'_2 . On observe alors un déplacement h' du niveau du mercure dans le tube manométrique.

a) Exprimer P en fonction de r_1, r_2, h', g (accélération de la pesanteur) et de la masse volumique ρ du mercure.

b) Application numérique :
r_1 = 0,01, $S_2 << S_1$., h' = 2 m, g = 10 m.s^{-2}, ρ = 13600 kg.m^{-3}.

Exercice 13 : Mesure de force résultante

Un aquarium de largeur 50 cm, de longueur 80 cm est rempli d'eau sous une hauteur de 40 cm. Calculer la force qui s'exerce sur la paroi en verre du plus grand côté (on raisonnera d'abord sur une petite portion de la paroi de hauteur dz).
$g = 10\ m.s^{-2}$ et $\rho_{eau} = 1000\ kg.m^{-3}$

Exercice 14 : Pression partielle. Composition de l'air en altitude

a) La pression partielle d'un gaz, dans un mélange idéal de gaz parfaits, est définie comme la pression qu'aurait ce gaz s'il occupait seul le volume total, dans les mêmes conditions de température.
Sachant que les proportions d'azote et d'oxygène, en nombres de moles par unité de volume, dans l'air au niveau de la mer sont respectivement 4/5 et 1/5, calculer les pressions partielles de ces deux gaz dans les conditions normales de pression.
b) On suppose que l'atmosphère est isotherme. Calculer, à l'altitude de Mexico, c'est-à-dire 2 280 m, les pressions partielles de l'azote et de l'oxygène et en déduire les proportions molaires de ces deux gaz. Comment peut-on interpréter le fait que les habitants des hauts plateaux ont en général une cage thoracique plus développée que celle des autres populations ?

Exercice 15 : Aérostat dans l'atmosphère terrestre non isotherme

1°) On peut considérer que dans une zone de l'atmosphère terrestre d'environ 10 km d'épaisseur, la température décroît avec l'altitude suivant une loi affine : $T = T_o(1 - kz)$, et que le champ de pesanteur g reste constant. L'air est assimilé à un gaz parfait de masse molaire M. L'indice zéro est relatif aux grandeurs au sol.

a) Exprimer la pression p(z) en fonction de z, P_o, k et $\alpha = Mg/kRT_o > 1$, puis en fonction de T, P_o, α et T_o.

b) Exprimer la masse volumique de l'air $\rho(z)$ en fonction de ρ_o, α, P et P_o.

2°) Un aérostat est constitué par une enveloppe remplie d'hélium (dont le volume V ne peut dépasser la valeur maximale V_{max}) à laquelle est attachée une nacelle. L'ensemble enveloppe, nacelle, accessoires et passagers a une masse M_o. Il y a constamment communication entre l'air atmosphérique et le gaz du ballon ce qui assure l'équilibre mécanique et thermique entre les deux fluides.

a) Montrer que le rapport ρ_{He}/ρ_{air} est une constante δ, indépendante de l'altitude z.
Evaluer δ sachant que $M_{He} = 4.10^{-3}\ kg.m^{-3}$ et $M_{air} = 29.10^{-3}\ kg.m^{-3}$.

b) Faire le bilan des forces appliquées à l'aérostat. Exprimer la force résultante $\vec{R}$ de ces forces en fonction de α, M_o, $\vec{g}$, V, de la masse molaire M_{air} de l'air et celle M_{He} de l'hélium, de la masse volumique $\rho_o = \rho_o(T_o, P_o)$ de l'air et de la pression P. A quelle condition, liant le volume initial V_o et la masse M_o, le ballon pourra-t-il s'élever ?

c) Exprimer la force résultante $\vec{R}$ en fonction de $\rho_{He}(T, P)$, M_o, $\vec{g}$, V, M_{air} et M_{He}. Quels sont les termes qui varient lorsque l'altitude z augmente ? Expliquer pourquoi l'ascension est la succession d'une phase à masse constante et d'une phase à volume constant.

d) Quelle est l'altitude d'équilibre, appelée plafond, de l'aérostat ?
A.N $\alpha = 5{,}35$; $V_{max} = 700\ m^3$; $M_o = 450\ kg$; $k = 2{,}39.10^{-5}\ m^{-1}$;
$\rho_o = 1{,}29\ kg.m^{-3}$; $M_{air} = 29\ g.mol^{-1}$; $M_{He} = 4\ g.mol^{-1}$.