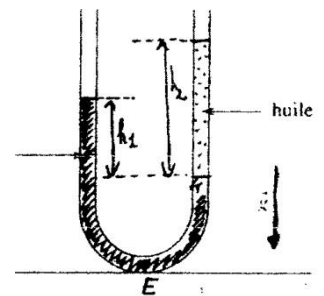


Thermodynamique – TD2 : Statique des fluides

Exercice 1 : Dénivellation dans un tube en U

On considère un tube en U contenant initialement de l'eau.

1. On verse alors un peu d'huile dans une des branches du tube en U. Expliquer pourquoi à l'équilibre mécanique l'huile se situe au-dessus de l'eau.
2. Exprimer le rapport h_1/h_2 entre les altitudes des deux surfaces libres (i.e. à l'air libre) en fonction des masses volumiques de l'eau et de l'huile.



Exercice 2 : Dénivellation dans deux récipients de sections différentes

Deux récipients A et B de sections constantes respectives $S_A = 40 \text{ cm}^2$ et $S_B = 10 \text{ cm}^2$ 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 récipients.

Données : masse volumique huile $0,9 \text{ g.cm}^{-3}$

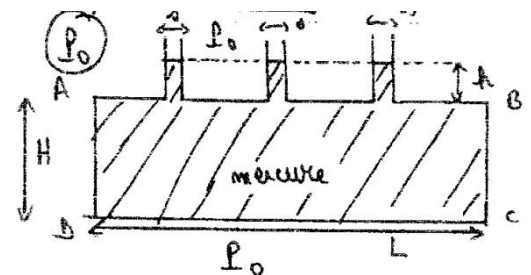
1. On verse un volume $V = 0,02 \text{ L}$ d'huile dans le récipient A. Déterminer la dénivellation (différence d'altitude) entre les deux surfaces libres.
2. Quelle serait cette dénivellation si on avait versé l'huile dans le récipient B ?

Exercice 3 : Résultante des forces de pression

ABCD est un récipient parallélépipédique rectangle, de largeur ℓ rempli avec du mercure. Ce récipient est ouvert sur l'atmosphère (pression P_0) par l'intermédiaire de trois tubes de section s .

Données : masse volumique de Hg $13,6 \text{ g.cm}^{-3}$

1. Déterminer la résultante des forces de pression exercées par le mercure sur le fond du récipient.
2. Déterminer la résultante des forces de pression exercées par le mercure sur la paroi rectangulaire AD.



Exercice 4 : Forces de pression sur un barrage

1. On s'intéresse à un barrage constitué d'un mur droit vertical. La hauteur d'eau est $h = 5 \text{ m}$. La largeur de la retenue d'eau est $\ell = 4 \text{ m}$. Calculer la force exercée par l'eau sur le barrage sachant que la pression atmosphérique est $P_0 = 1 \text{ bar}$.
2. On considère le même barrage, mais constitué cette fois-ci de deux parties : un premier mur de hauteur h_1 surmonté d'un deuxième mur de hauteur h_2 . Calculer les hauteurs de chacune des parties du barrage telles que les forces exercées par l'eau sur chacune des parties soient égales.

Exercice 5 : Verre d'eau et feuille de papier

On remplit complètement d'eau un verre cylindrique de hauteur $h = 10 \text{ cm}$ et de rayon $r = 3 \text{ cm}$. On pose sur ce verre une feuille de papier, puis on retourne l'ensemble : on constate que la feuille reste « collée » au verre, et que l'eau ne se renverse pas. Expliquer qualitativement cette observation.

Exercice 6 : plongée sous-marine

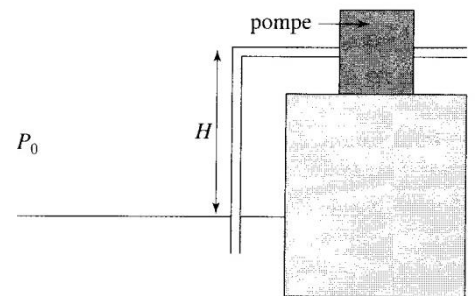
On considère un plongeur muni d'une bouteille d'air sous pression, et situé initialement à 10 m de profondeur dans l'eau d'un lac. A chaque respiration, le plongeur inspire un volume $V = 3 \text{ L}$ d'air. On suppose que l'air inspiré est à la température du corps humain (37°C).

1. Expliquer pourquoi la pression de l'air à l'intérieur des poumons ne peut pas être très différente de la pression de l'eau autour du plongeur (10 m de profondeur).
2. Le plongeur se rend compte que la bouteille est vide, alors qu'il vient de prendre une dernière inspiration et ses poumons sont remplis d'air. S'il retient tout cet air dans ses poumons lors de sa remontée rapide à la surface, que risque-t-il de se produire ?

Exercice 7 : Limite de fonctionnement d'une pompe aspirante

Une pompe aspirante est utilisée pour vider un bassin rempli d'eau. Le principe consiste à créer (par un moyen non précisé) une dépression au niveau de la pompe, créant ainsi un phénomène « d'aspiration ».

En se plaçant dans le cas limite où la dépression P_{pompe} au niveau de la pompe permet tout juste de retenir l'eau dans le tuyau de vidange (cas statique), montrer que la pompe ne peut être utilisée de cette manière que pour une hauteur H inférieure à une valeur maximale H_{max} que l'on précisera.



Exercice 8 : Instabilité d'un ludion

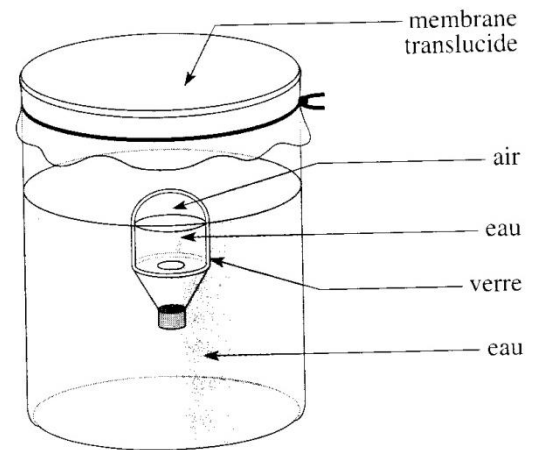
Un ludion est un dispositif constitué d'une nacelle accrochée à une cloche sous laquelle a été introduit un peu d'air. La cloche est percée à sa base, et l'eau à l'intérieur communique avec l'eau à l'intérieur du récipient dans lequel le ludion est placé.

La quantité d'air introduite permet de faire flotter le ludion proche de la surface de l'eau, *le ludion étant intégralement immergé*. Le récipient est clos par une membrane souple imperméable à l'air. Lorsque l'on appuie sur la membrane, le ludion coule jusqu'au fond du récipient.

1. Expliquer la tendance du ludion à couler lorsque l'on appuie sur la membrane.

2. Expliquer *qualitativement* pourquoi le ludion ne s'arrête pas de couler, et atteint le fond du récipient.

3. On remplace la cloche par une membrane plastique fermée hermétiquement et contenant de l'air. Initialement, le ludion ainsi formé flotte juste au-dessous de la surface de l'eau. Lorsqu'on appuie sur la membrane fermant le récipient, on observe le même phénomène que précédemment. Expliquer qualitativement cette observation.



Exercice 9 : Equilibre d'un solide entre deux fluides

On considère un grand récipient contenant de l'eau et de l'huile par-dessus. On place un solide homogène de masse volumique ρ_s à l'intérieur du récipient. On suppose la dimension du solide faible devant les épaisseurs des couches d'eau et d'huile.

1. A quelle condition le solide peut-il se maintenir à l'équilibre entre les deux fluides ?
2. Déterminer la fraction du solide immergée dans l'eau.

Exercice 10 : Equilibre d'un bouchon de liège

Un bouchon de liège cylindrique de hauteur $H = 5 \text{ cm}$ et de section $s = 2 \text{ cm}^2$ est placé verticalement dans une éprouvette graduée également cylindrique, et de diamètre légèrement supérieur. Les frottements sur les parois sont négligés. L'éprouvette contient une quantité suffisante pour que le bouchon flotte sans toucher le fond.

Données : densité du liège 0,24

1. Déterminer la hauteur de liège immergée.
2. On pose sur le bouchon une pièce de monnaie de masse $m = 6 \text{ g}$. Quelle est la nouvelle hauteur immergée ?

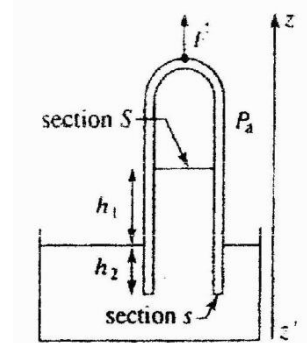
Exercice 11 : Intérêt du Théorème d'Archimède

Avec quelle force $\vec{F}$ faut-il tirer sur l'éprouvette (masse m) pour la maintenir immobile ?

NB : la section notée « petit s » représente la surface formée par une section du tube.

La section notée « grand S » représente la surface occupée par l'eau à l'intérieur du tube.

1. Effectuer le calcul en utilisant le théorème d'Archimède.
2. Même question, mais en calculant directement la résultante des forces de pression exercées sur l'éprouvette. Conclure quant à l'utilité du Th. d'Archimède.



Exercice 12 : Ballon sonde

Un ballon sonde est constitué d'une enveloppe déformable souple, fermée, renfermant une masse constante d'hélium assimilé à un gaz parfait, de masse molaire $M = 4 \text{ g.mol}^{-1}$. Une « nacelle » est suspendue au ballon, pour y déposer le matériel nécessaire au vol. La masse de la nacelle et du matériel qu'elle contient est m' , celle de l'enveloppe est négligeable (pas celle de l'hélium !). On assimilera l'air à un gaz parfait.

Le volume initial de l'enveloppe au niveau du sol est $V_0 = 100 \text{ m}^3$, celui de la nacelle est négligeable. Au niveau du sol, la pression atmosphérique est $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$, la température de l'atmosphère est uniforme : $T_0 = 280 \text{ K}$.

1. Calculer la valeur maximale m'_{max} de la masse de la nacelle pour que le ballon puisse décoller. Quelle serait l'accélération du dispositif au décollage si $m' = 10 \text{ kg}$? (souvenez-vous que la relation de la statique des fluides est une simple RFD au repos)
2. Le volume du ballon ne peut pas dépasser une valeur notée $V_1 = 3V_0$: une fois ce volume atteint, le ballon éclate. Montrer que cela implique l'existence d'une altitude maximale h_{max} pour le ballon sonde.