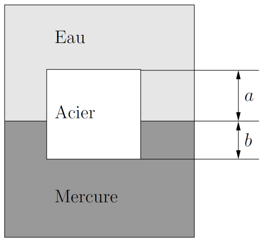
TD Statique des fluides 01 : Statique des fluides

Exercice 1 – Flottation à une interface

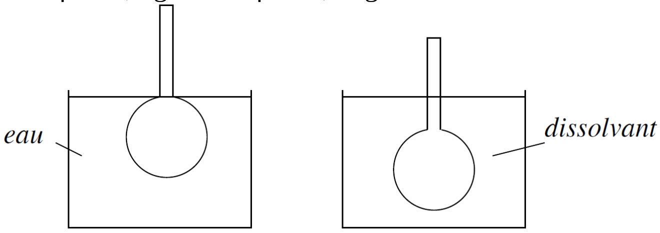
Un bloc d'acier parallélépipédique flotte à la surface à une interface eau-mercure comme indiqué ci-contre. On note d_A et d_M les densités respectives de l'acier et du mercure.



1. Calculez le rapport des distances b/a.
2. Effectuez une application numérique avec $d_A = 7{,}85$ et $d_M = 13$.

Exercice 2 – Densimètre

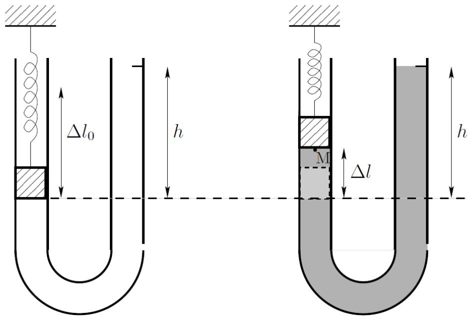
Un densimètre, servant à mesurer la densité d'un liquide par rapport à l'eau est constitué d'un ballon sphérique de rayon R égal à 12 mm, surmonté d'un tube cylindrique de rayon r = 2,0 mm portant des graduations régulièrement espacées d'une distance l. La masse totale du densimètre est notée M. Plongé dans l'eau pure, de masse volumique ρ_0, le densimètre affleure à l'équilibre à la graduation n = 0 située à la base du tube. Plongé dans du dissolvant de masse volumique ρ_1, il affleure à la graduation $n_1 = 80$. On note V le volume du ballon sphérique et v le volume du tube délimité par les deux graduations consécutives. On donne $\rho_0 = 1{,}0\ g.cm^{-3}$ et $\rho_1 = 0{,}72\ g.cm^{-3}$.



1. En traduisant l'équilibre du densimètre, déterminez la relation entre ρ_0, ρ_1, V, v et n_1.
2. Déduisez-en la valeur numérique de v, puis la valeur de la distance l.
3. Le densimètre est maintenant plongé dans du benzène et affleure à la graduation n2 = 28. Déterminez la densité d du benzène.

Exercice 3 – Densimètre à ressort

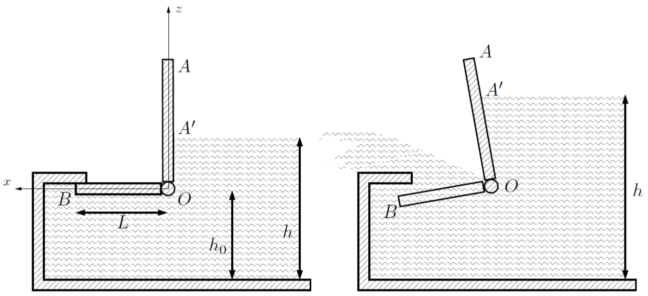
Le système suivant est utilisé pour pour mesurer la densité d'un fluide : un tube en U de section S est bouché d'un côté par un bouchon étanche de masse M, relié à un ressort de raideur k et de longueur L au repos, dont l'autre extrémité est fixe. La branche de droite du tube est graduée à une hauteur h au-dessus de la position d'équilibre du bouchon en l'absence de fluide. On note Δl_0 l'allongement initial du ressort en l'absence de fluide sous l'influence du poids du bouchon.



1. En écrivant le bilan des forces s'exerçant sur la masse M lorsque le tube est vide, calculez l'allongement initial en fonction de M et k.
2. On remplit ensuite le tube en U avec le fluide à caractériser jusqu'au trait de graduation et on note Δl la hauteur dont remonte la masse M.
   2.1 Écrivez le bilan des forces s'exerçant sur M. On notera p_M la pression dans le fluide au point M et p_{atm} la pression atmosphérique.
   2.2 Écrivez l'expression de p_M à partir de la loi de l'hydrostatique et, en utilisant la question 1, déterminez ρ en fonction de k, S, Δl et h.
   2.3 On donne h = 1,0 m, le diamètre du tube D = 3,0 cm, k = 0,10 N/mm et Δl = 5,0 cm. Calculez ρ.

Exercice 4 – Trop plein

Une porte de trop plein est représentée ci-dessous. Lorsque le niveau d'eau h est trop haut, la porte AOB s'ouvre en tournant autour d'un axe perpendiculaire au dessin passant par le point O, et laisse passer l'eau. On note A' le point de la surface de l'eau et on néglige l'épaisseur de la porte. On pose $H = h - h_0$.



1. Expliquez sommairement pourquoi la porte bascule lorsque la hauteur d'eau est trop élevée.
2. Énumérez et tracez sommairement les forces agissant sur la porte. On négligera ensuite le poids de la porte.
3. Calculez le moment en O des forces de pression exercées par l'eau et l'air sur la porte.
4. En négligeant le poids de la porte, déterminez la hauteur h de fluide pour laquelle la porte bascule. Le résultat dépend-t-il de la pression atmosphérique ?

Exercice 5 – Champ de pression dans l'atmosphère

On considère un modèle d'atmosphère dans lequel l'air, assimilé à un gaz parfait de masse molaire M = 29 g.mol-1 est au repos dans le champ de pesanteur uniforme g, sa température T décroissant avec l'altitude z suivant une relation affine du type : $T(z) = T_0 (1 - az)$, avec $T_0 = 293$ K la température à l'altitude z = 0 au niveau de la mer et a une constante positive.

1. Sachant qu'au sommet de l'Everest, à 8807 m, la température est de -40°C, calculez la constante a.
2. En utilisant l'équation fondamentale de la statique des fluides, établissez l'équation différentielle vérifiée par la pression p en fonction de l'altitude z. On pose $H = RT_0/(Mg)$.
3. Déduisez-en p(z) en fonction de p0 = 1 atm au niveau de la mer, H et a.
4. Déterminez la pression p_1 au sommet de l'Everest.