STATIQUE DES FLUIDES - EXERCICES

1. Forces de pression sur un barrage :

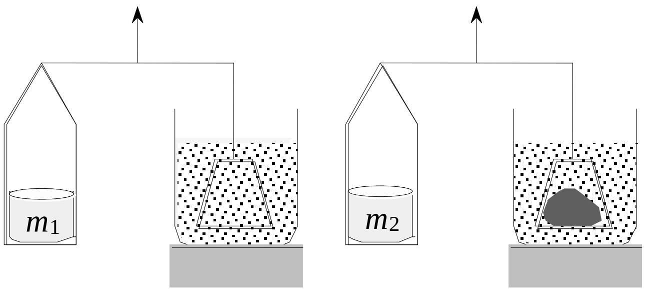
1. On s'intéresse à un barrage constitué d'un mur droit vertical. La hauteur d'eau est $h = 5\ m$. La largeur de la retenue d'eau est $\ell = 4\ m$. Calculer la force exercée par l'eau sur le barrage sachant que la pression atmosphérique est $P_0 = 1\ bar$.

2. On considère le même barrage, mais constitué cette fois-cis 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.

2. Mesure de la porosité (Mines-Ponts 2005) :

Un échantillon de roche-réservoir de pétrole, de volume total V_T , est constitué d'un volume solide V_S et d'un volume de pores V_P. On appelle porosité, et l'on note ϕ, le rapport $\phi = \dfrac{V_P}{V_T}$ .Pour mesurer la porosité d'un échantillon, on peut procéder par mesures de poussées d'Archimède sur des corps immergés dans divers liquides.

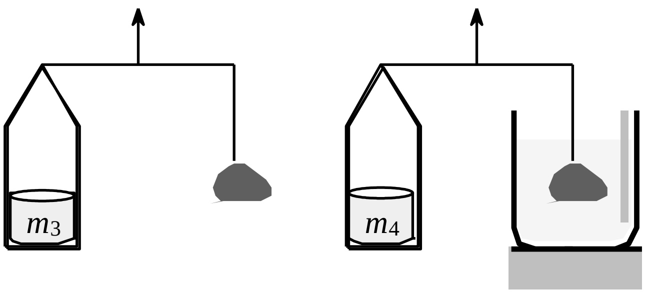
a) Mesure du volume total V_T



L'appareil représenté ci-contre mesure la poussée d'Archimède exercée par le mercure, de masse volumique μ_{Hg}, sur l'échantillon immergé. Les deux bras de la balance ont la même longueur. Cet échantillon est disposé sur une nacelle, qui subit elle-même la poussée d'Archimède. La mesure procède en deux temps. Dans un premier temps, on équilibre la balance avec la nacelle seule ; dans un second temps, on équilibre la balance avec la nacelle chargée par l'échantillon. On suppose que le mercure ne pénètre pas dans les pores et l'on ne tient pas compte de la variation du niveau du mercure entre les deux manipulations.

Expliciter la notion de poussée d'Archimède. Exprimer V_T en fonction de m_1, m_2, de la masse de l'échantillon m, et de μ_{Hg}.

c) *Mesure de V_S*



La balance est équilibrée, d'abord avec l'échantillon suspendu dans l'air, ensuite avec l'échantillon immergé dans un liquide solvant de masse volumique μ_{sol}, qui envahit tous ses pores. Exprimer V_S en fonction de m_3, m_4 et de μ_{sol} . En déduire la porosité de l'échantillon.

3. Equilibre polytropique de l'atmosphère terrestre :

L'air atmosphérique est supposé en équilibre. On supposera les gaz parfaits et **g** uniforme.

a) Dans la haute atmosphère, la température est sensiblement constante. Donner la loi de pression en fonction de l'altitude.

b) Dans la troposphère, c-à-d jusqu'à une altitude de l'ordre de 10 km, on peut admettre qu'en première approximation la température de l'air atmosphérique décroit avec l'altitude z selon la loi :

$$T = T_0 - az \qquad \text{où a est une constante.}$$

Montrer que la pression P(z) est liée à la pression P_0 au sol par une relation de la forme :

$$P = P_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{q}{q-1}}$$

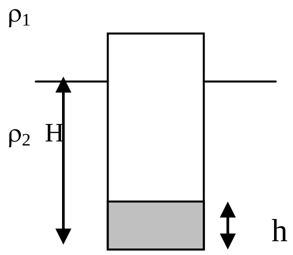
où q est une constante que l'on calculera.

Réponses : $q = Mg / (Mg-aR)$; $\rho = \rho_0(P/P_0)^{1/q}$.

4. Equilibre d'un godet :

Un godet à parois minces de masse m flotte verticalement à la surface de séparation de deux liquides de masses volumiques ρ_1 et ρ_2. Déterminer la profondeur d'immersion H du godet si le fond du godet a une épaisseur h et une section S et si le godet lui-même est rempli d'un liquide de masse volumique ρ_1.

Réponse : $H = (m - \rho_1 hS) / (\rho_2 - \rho_1)$.



5. Equilibre d'un fluide dans un référentiel non-galiléen :

Une cuve remplie d'un liquide de masse volumique ρ est montée sur un chariot animé d'un mouvement rectiligne uniformément varié d'accélération a par rapport au sol considéré comme galiléen. La pression à la surface libre est P°.

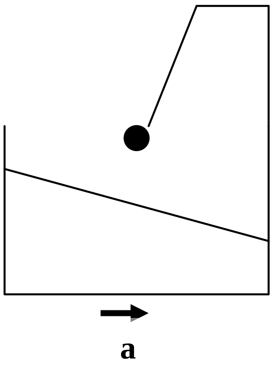
Le fluide est en équilibre par rapport au chariot.

a)Caractériser la position de la surface libre du fluide par rapport au chariot.

b) Le chariot comporte un fil à plomb en équilibre relatif. Quelle est la direction indiquée par ce fil ?

c) Que se passe-t-il si le fil est plongé dans le liquide ?

NB : on rappelle que la force volumique d'inertie d'entraînement s'écrit ici : $\vec{f}_{ie} = -\rho \vec{a}_e$.



6. Vase en rotation :

Un récipient cylindrique de rayon R, d'axe vertical Oz, contient une hauteur d'eau H. Il est mis en rotation autour de son axe avec une vitesse angulaire constante ω. La pression à la surface libre est P°.

Déterminer la forme de la surface libre du liquide que l'on suppose entraîné avec la même vitesse angulaire ω.

NB : on rappelle que la force volumique d'inertie d'entraînement s'écrit ici : $\overrightarrow{f_{Vie}} = \rho r \omega^2 \vec{u}_r$.

Réponse : forme parabolique.

7. Poussée d'Archimède :

Archimède trouva que la masse de la couronne du roi Hiéron était, dans l'air de 482,5 g et de 453,4 g dans l'eau. La couronne était-elle en or pur ? Masse volumique de l'or : 19,3 10^3 kg.m^{-3}.

8. Hémisphères de Magdebourg :

Deux hémisphères vides, de surface métallique et de rayon R, sont juxtaposés par l'intermédiaire d'un bourrelet de cuir. On effectue le vide entre ces deux hémisphères ; l'un est alors relié à un support fixe. Quelle force minimale F_0 doit-on exercer sur l'autre partie pour séparer les hémisphères ? On désignera par P_0 la pression atmosphérique.

AN : $P_0 = 10^5$ Pa ; R = 20 cm.

9. Bulle d'air :

Une bulle d'air (G.P.) de rayon R = 1 mm, s'élève du fond d'un lac profond de 20,4 m. La température du fond est 7°C, la température de surface est 27°C. Quel est le rayon de la bulle lorsqu'elle atteint la surface. ($P_{surface}$ = 1 bar , ρ_{eau} = 1000 kg.m^{-3})

Réponse : $R_{surface}$ = 1,086 mm.