Master MEEF – Université Paris Diderot – Année 2014-2015

Cours de "Physique et Didactique de la Physique"

Exercices élémentaires d'hydrodynamique – 2

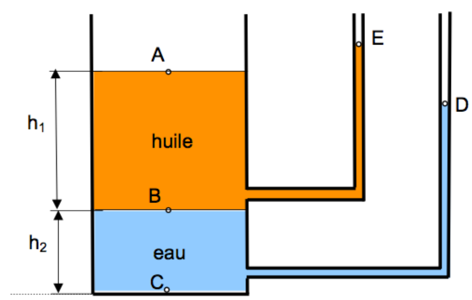
(Adaptés notamment d'un document de Riadh Ben Hamouda, d'où proviennent la plupart des figures...)

• Exercice 1 : Iceberg

Un iceberg sphérique de masse totale égale à 1 tonne et constitué de glace de masse volumique $\rho_{\text{glace}} = 995$ kg/m^3 flotte sur de l'eau de mer de densité $\rho_{\text{mer}} = 1025$ kg/m^3. Déterminer la fraction du volume de l'iceberg qui se trouve immergée. Même question si l'iceberg est de forme cubique.

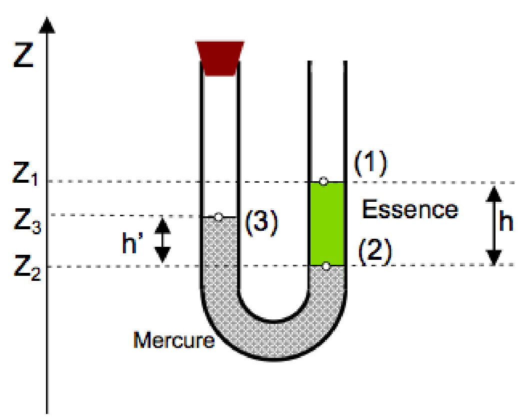
• Exercice 2 : Deux liquides non miscibles

Un réservoir équipé de tubes piézométriques est rempli de deux liquides non miscibles, comme indiqué sur la figure ci-contre : de l'huile, sur une hauteur h_1, et de l'eau, sur une hauteur h_2. Déterminer l'altitude des points E et D, pour une huile de densité $d = 0.85$, dans le champ de pesanteur terrestre, avec $h_1 = 6$ m et $h_2 = 5$ m.



• Exercice 3 : Essence et mercure

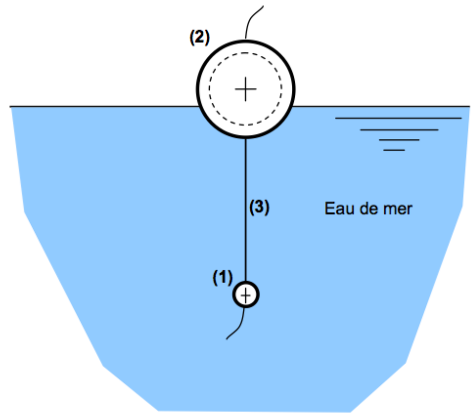
Un tube en U fermé à une extrémité contient deux liquides non miscibles : de l'essence de masse volumique $\rho_e = 700$ kg/m^3, entre les surfaces (1) et (2), distantes de $h = 728$ mm, et du mercure de masse volumique $\rho_e = 13\,600$ kg/m^3, entre les surfaces (2) et (3), distantes de $h' = 15$ mm. La surface à l'air libre étant à la pression atmosphérique, déterminer la pression du gaz emprisonné dans la branche fermée du tube.



• Exercice 4 : Pêche à la ligne en eau douce

On considère une ligne de pêche constituée d'un flotteur, d'un fil de volume et de masse négligeables, et d'un plomb de masse volumique $\rho_{\mathrm{Pb}} = 11\,340$ km/m^3. Le flotteur est une sphère creuse de rayon externe $R = 35$ mm et d'épaisseur $e = 5$ mm. Il est constitué d'un matériau plastique de densité $d = 0.5$. L'accélération de la pesanteur est $g = 9.81$ m/s^2.

Quelle doit être la masse du plomb placé en bout de ligne pour que le flotteur soit à demi immergé ?

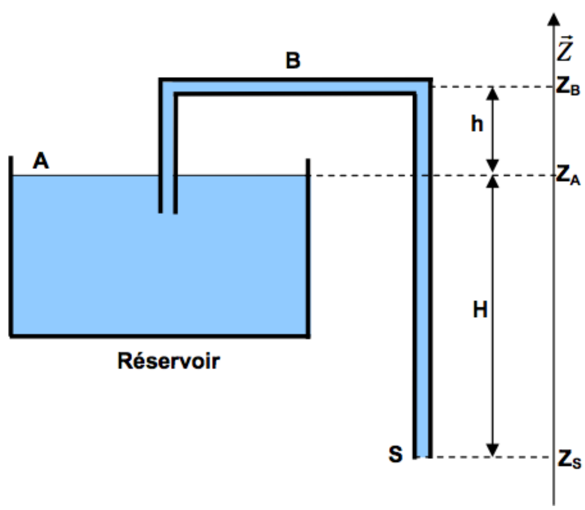


• Exercice 5 : Vidange d'un réservoir

Un réservoir cylindrique de rayon $R = 1$ m, rempli d'eau sur une hauteur $h = 5$ m, est percé à sa base par un orifice circulaire de diamètre $d = 10$ mm. Combien de temps prendra la vidange complète dans le champ de pesanteur terrestre ? Comparer le débit volumique moyen au débit d'écoulement initial.

• Exercice 6 : Siphon

On considère un siphon de diamètre $d = 1$ mm, alimenté par un réservoir d'essence de grandes dimensions par rapport à d et ouvert à l'atmosphère. Le fluide est supposé parfait et incompressible, de masse volumique $\rho = 700$ kg/m^3. L'accélération de la pesanteur est $g = 9.81$ m/s^2. La branche horizontale du siphon (voir figure ci-contre) se situe à une hauteur h au dessus de la surface libre du réservoir. L'extrémité du siphon, S, se situe à une distance H au-dessous de cette même surface.



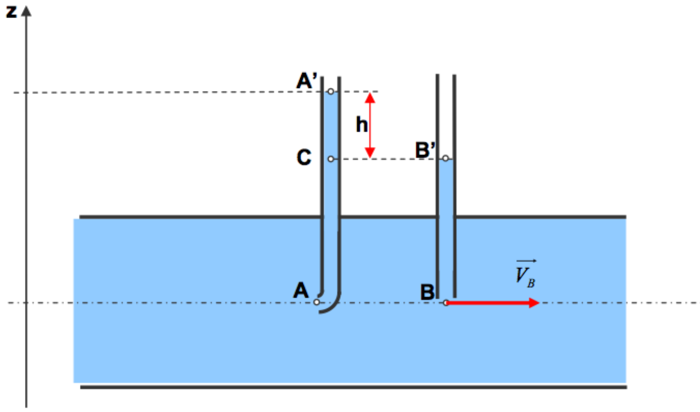
1) Déterminer la vitesse d'écoulement dans le siphon.

2) En déduire le débit volumique q_{V}, et le débit massique, q_{m}.

3) Donner l'expression de la pression P_{B} au point B, en fonction des données du problème. Donner sa valeur numérique pour $h = 0.4$ m.

4) Le siphonage de l'essence peut-il toujours se poursuivre jusqu'à l'épuisement du réservoir (en supposant que l'entrée du siphon se situe tout près du fond) ?

• Exercice 7 : Tube de Pitot



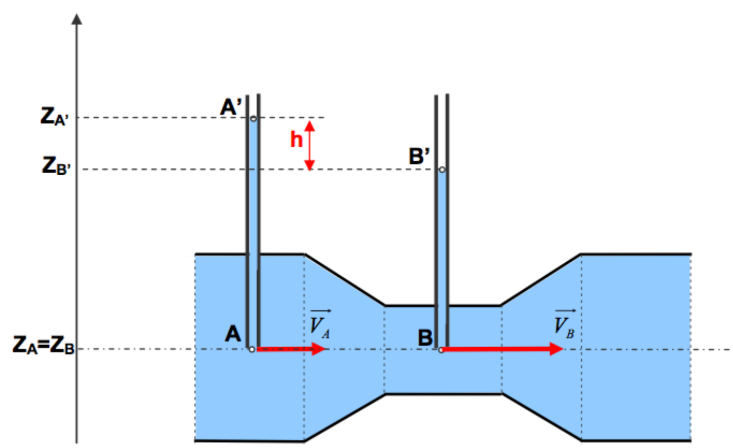
On considère un fluide parfait incompressible, en écoulement stationnaire dans une conduite cylindrique horizontale de diamètre intérieur $d = 40$ mm, équipée de deux tubes plongeants dans le liquide, l'un débouchant en A face au courant, l'autre débouchant en B perpendiculairement aux lignes de courant (voir la figure ci-dessus). On admet que l'écoulement n'est pratiquement pas perturbé autour de B, et qu'il n'est modifié que localement autour de A. La différence de hauteur entre les surfaces libres du liquide en A′ et B′ est h.

1) Déterminer la pression P_A au point A, en fonction de P_B, ρ et V, la vitesse d'écoulement (laminaire) du fluide dans la conduite.

2) Exprimer la vitesse V en fonction de h et de l'accélération de la pesanteur, g.

3) Calculer V numériquement pour $h = 3.2$ cm, $\rho = 1000$ kg/m^3 et $g = 9.81$ m/s^2.

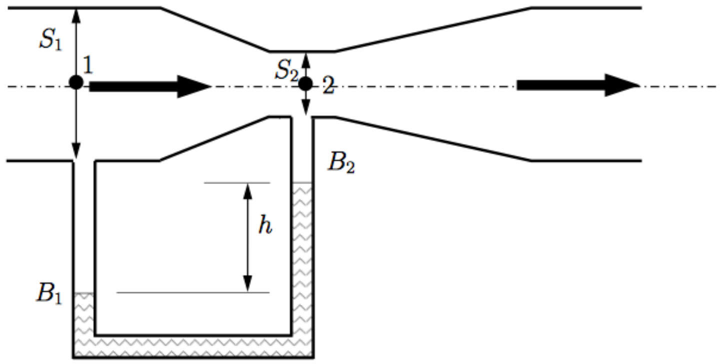
• Exercice 8 : Tubes de Venturi



Un fluide parfait incompressible, de masse volumique ρ, s'écoule à l'intérieur d'une conduite de section principale S_A, qui subit un étranglement en B, où sa section est S_B. On désigne par $\alpha = S_A/S_B$ le rapport des sections. Deux tubes de petit diamètre plongent dans la conduite. Leurs extrémités, en A et en B, sont à la même altitude, $z_A = z_B$. Les surfaces libres du fluide dans ces deux tubes ont une différence d'altitude h. Déterminer l'expression du débit volumique, q_V, du fluide, en fonction de h, de α, du diamètre d de la section principale, et de l'intensité du champ de pesanteur, g.

Effectuer l'application numérique, pour $d = 50$ mm, $\alpha = 2$, $g = 9.81$ m/s^2, $h = 10$ mm.

• Exercice 9 : Venturi bis



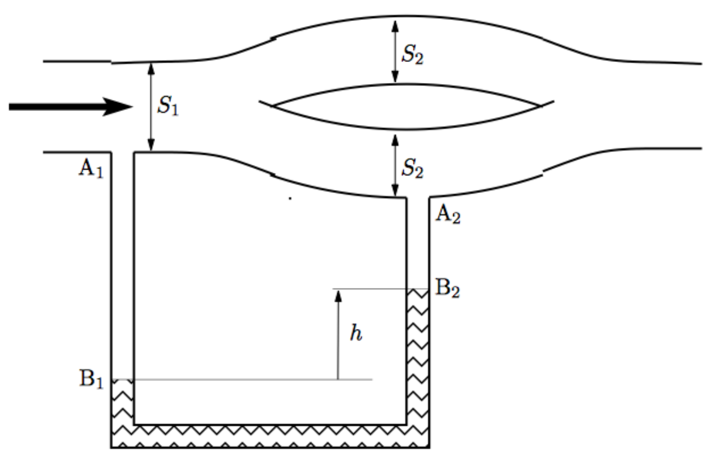
On considère le système ci-dessus, appelé Venturi, composé d'un rétrécissement suivi d'un élargissement. Sous les points 1 et 2 se trouvent deux orifices connectés à un tube en U, contenant du mercure. Un fluide parfait incompressible de masse volumique ρ traverse le dispositif avec un débit volumique Q.

1) Exprimer la différence de pression entre les points 1 et 2, tout d'abord en fonction de la hauteur h, puis en fonction du débit Q.

2) En déduire une expression du débit Q en fonction de la différence de niveau, h, mesurée dans le tube.

3) A.N. : $\rho = 1000$ kg/m^3, $\rho_{\mathrm{Hg}} = 13\,600$ kg/m^3, $h = 10$ cm, $D_1 = 1$ cm, $D_2 = 5$ mm.
Un fluide parfait incompressible, de masse volumique ρ, s'écoule à l'intérieur d'une conduite de section principale S_A,

• Exercice 10 : Venturi ter



Un fluide parfait incompressible, de masse volumique ρ, s'écoule dans une conduite horizontale de section S_1, subissant localement une ramification en deux tuyaux de section identique S_2. On note ρ_{m} la masse volumique du fluide dans le tube en U. Donner l'expression de la différence d'altitude h (voir figure) en fonction du débit volumique Q, des masses volumiques des fluides et des sections S_1 et S_2. La hauteur h peut-elle être nulle ? Si oui, dans quelles conditions ?