

Mécanique des Fluides

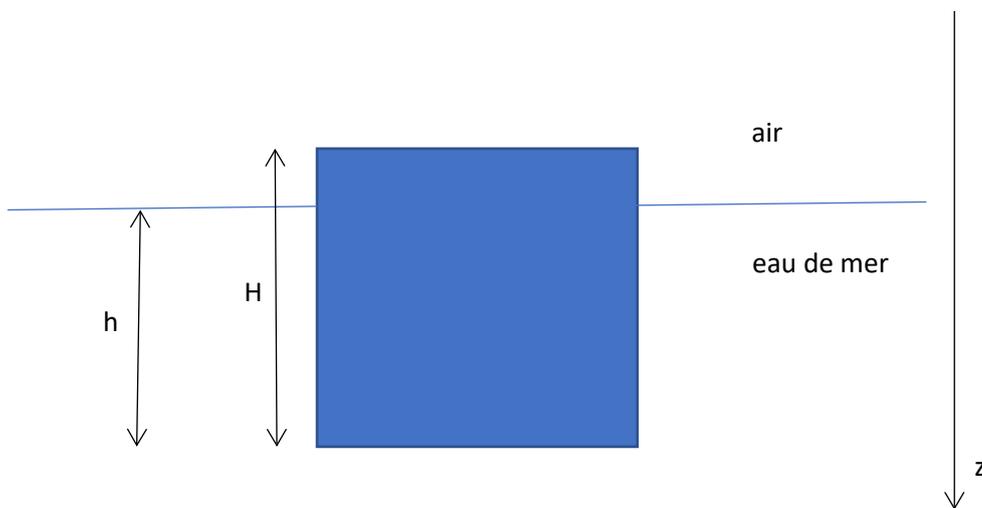
Contrôle du 20/01/2023

Durée : 2h

Les calculatrices non programmables sont autorisées.

Tous documents sont interdits.

Exercice 1 : forces de pression exercées sur un iceberg

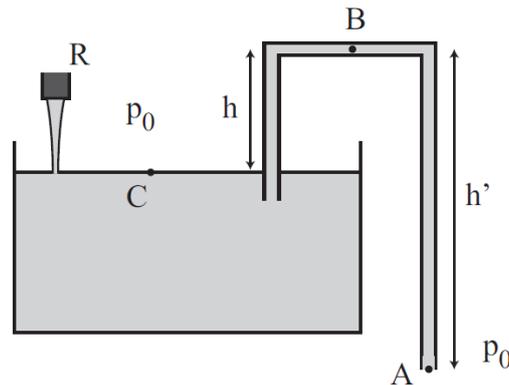


On considère un iceberg cubique de côté H , partiellement immergé. On appelle h la hauteur immergée. On note ρ_g la masse volumique de l'iceberg, et ρ_e celle de l'eau salée. La pression atmosphérique est notée P_0 .

- 1) Calculer la force de pression exercée sur la surface horizontale en haut du glaçon, notée F_{haut} (en norme), et la force de pression exercée sur la surface horizontale en bas du glaçon, notée F_{bas} (en norme). Les représenter sur un schéma. En déduire $\Delta F = F_{\text{bas}} - F_{\text{haut}}$. Dans quel sens est-elle dirigée ? Pourquoi cette force peut-elle être considérée comme la résultante totale des forces de pression s'exerçant sur l'iceberg ?
- 2) Retrouver l'expression de ΔF à l'aide d'un théorème vu en cours (nommer ce théorème).
- 3) En écrivant que l'iceberg est en équilibre, trouver l'expression de h en fonction de H et des paramètres pertinents. A quelle condition a-t-on $h < H$?
- 4) Application numérique : on donne $\rho_e = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$, $\rho_g = 900 \text{ kg.m}^{-3}$, $H = 100\text{m}$. Calculer h et ΔF , et commenter les valeurs trouvées.

Exercice 2 : siphon

De l'eau s'écoule par un siphon formé d'un tube en U de section constante. Le haut du tube est à une hauteur h au-dessus du niveau de la surface libre dans le récipient et à une hauteur h' de l'orifice de sortie A . Le niveau du liquide (C) dans le réservoir de large section est maintenu constant grâce à l'apport de liquide par le robinet R . On suppose que l'eau est un fluide parfait, et l'écoulement sera considéré comme stationnaire.



1. Expliquer pourquoi on peut considérer que $v(C) = 0$.
2. Exprimer la vitesse v_A de l'écoulement de l'eau en A .
3. Dédire du résultat une condition nécessaire au fonctionnement du siphon. Calculer approximativement v_A pour $h' - h = 1$ m.
4. Calculer la pression en B pour $h' = 1,5$ m et $h' = 15$ m et commenter son signe.
5. A partir de quelle valeur limite de h' le siphon cessera-t-il de fonctionner ?

Exercice 3 : viscosité du sang

On s'intéresse dans cet exercice à l'écoulement du sang pour un être humain dans l'aorte, les veines et les artères, ainsi que dans les capillaires. Les diamètres respectifs de ces « tuyaux » sont indiqués dans le document ci-dessous, extrait d'un article scientifique (datant de 2014).

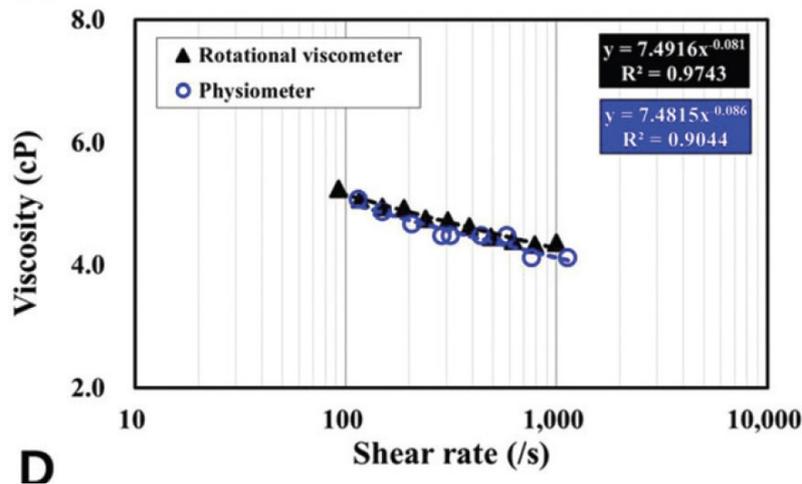
| | AORTA | ARTERY | ARTERIOLE | CAPILLARY | VENULE | VEIN |
|-------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------|-----------|
| | | | | | | |
| Human | 25,000/2,000 | 4,000/1,000 | 30/20 | 8/1 | 20/2 | 5,000/500 |
| Mouse | 535/55 | 150/50 | 18/4.7 | 4/0.3 | 14/1 | 250/50 |

Fig. 2. The typical diameters/wall thicknesses of blood vessel for humans and mice are given in micrometers. The smallest capillaries have diameters of a very few micrometers and a wall thickness of about one micrometer.

D'autre part, on trouve l'information suivante dans un autre article :

« Dans le système circulatoire, le nombre de Reynolds est de 3000 (valeur moyenne) et de 7500 pour l'aorte, 500 pour une artère typique, 0,001 dans un capillaire et 400 pour une veine typique. » (traduit de l'anglais)

Enfin, dans un dernier article, on trouve la courbe suivante :



On donne les informations suivantes :

- 1 cP = 1 mPa.s
 - « Shear rate » : taux de cisaillement, en s^{-1}
 - La masse volumique du sang est proche de celle de l'eau
1. A l'aide du graphique ci-dessus, combien vaut environ la viscosité du sang pour le taux de cisaillement le plus faible mesuré ?
 2. Dans quels « tuyaux » du corps l'écoulement sanguin est-il laminaire ? Turbulent ?
 3. Déduire des documents la vitesse typique du sang dans : l'aorte, une artère typique, une veine typique, et un capillaire. Calculer également les débits volumiques correspondants, en L/mn.
 4. A partir du dernier graphique, en déduire si le sang peut être considéré comme un fluide newtonien ou non (préciser).