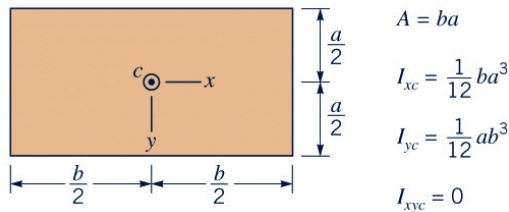


Date : 27 février 2014
Heure : 18h00 à 20h00 (durée: 2h00)
Pondération : 30 % de la note globale

Notes :

1. Aide-mémoire du professeur, calculatrice non-programmable permise.
2. Pour chaque question, vous devez bien détailler votre démarche.
3. Remettez le questionnaire avec votre copie d'examen.
4. Au besoin, utilisez les valeurs suivantes:
 - a. Accélération gravitationnelle, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
 - b. Poids spécifique de l'eau, $\gamma_w = 9810 \text{ N/m}^3$
 - c. Constante spécifique de l'air, $R_{\text{air}} = 286.9 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
 - d. Constante spécifique de l'hélium, $R_{\text{He}} = 2077 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
5. Quelques propriétés géométriques
 - a. Aire d'une sphère de rayon r : $4\pi r^2$
 - b. Volume d'une sphère de rayon r : $4\pi r^3/3$
 - c. Moments d'inerties:



PARTIE I : QUESTIONS CONCEPTUELLES

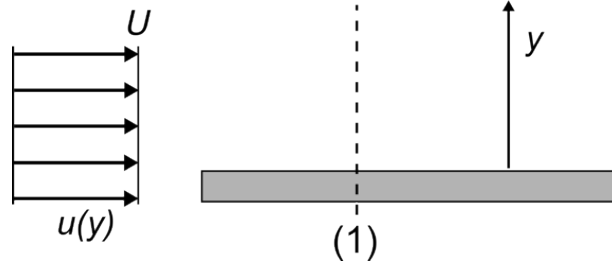
Question 1 (0.5 pt) – Pour un écoulement laminaire en régime permanent entre deux grandes plaques parallèles horizontales, les équations de Navier-Stokes pour un fluide réel se simplifient à la forme suivante:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

Quelles sont les unités du terme de droite?

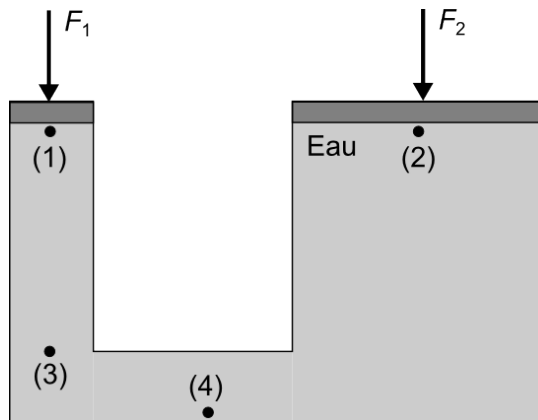
Question 2 (0.5 pt) – Un écoulement d'air avec $\nu > 0$ et une vitesse uniforme U entre en contact avec une plaque fixe. À la position (1) et pour $y = 0$, lequel des énoncés suivants est vrai:

- (a) $u = 0$ et $(du/dy) = 0$
- (b) $u \neq 0$ et $(du/dy) = 0$
- (c) $u = 0$ et $(du/dy) \neq 0$
- (d) $u \neq 0$ et $(du/dy) \neq 0$
- (e) aucune de ces réponses



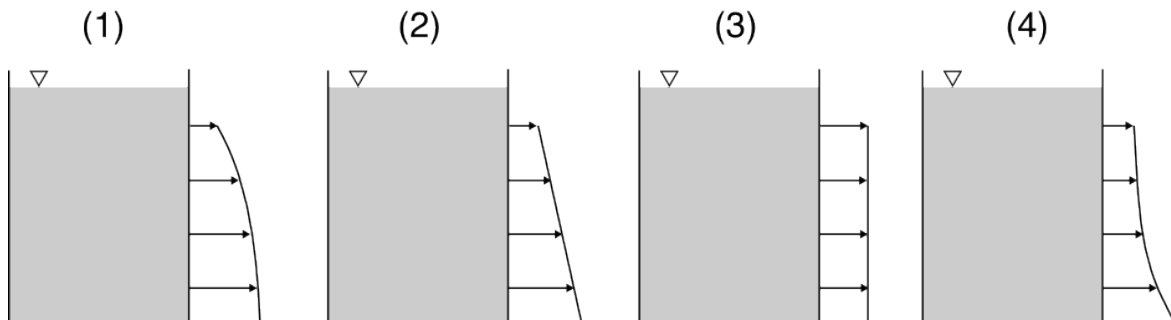
Question 3 (0.5 pt) – Considérez le cric hydraulique suivant avec $F_2 = 3F_1$ à l'équilibre. À quel point parmi les suivants trouve-t-on la pression maximale?

- (a) au point 1
- (b) au point 2
- (c) au point 3
- (d) au point 4
- (e) la pression est la même pour tous les points



Question 4 (0.5 pt) – Plusieurs ouvertures sont percées sur le côté d'un grand réservoir d'eau. Laquelle des figures ci-dessous représente correctement la variation de vitesse des différents jets ainsi formés?

- (a) la figure 1
- (b) la figure 2
- (c) la figure 3
- (d) la figure 4
- (e) aucune de ces réponses



PARTIE II : RÉOLUTION DE PROBLÈMES

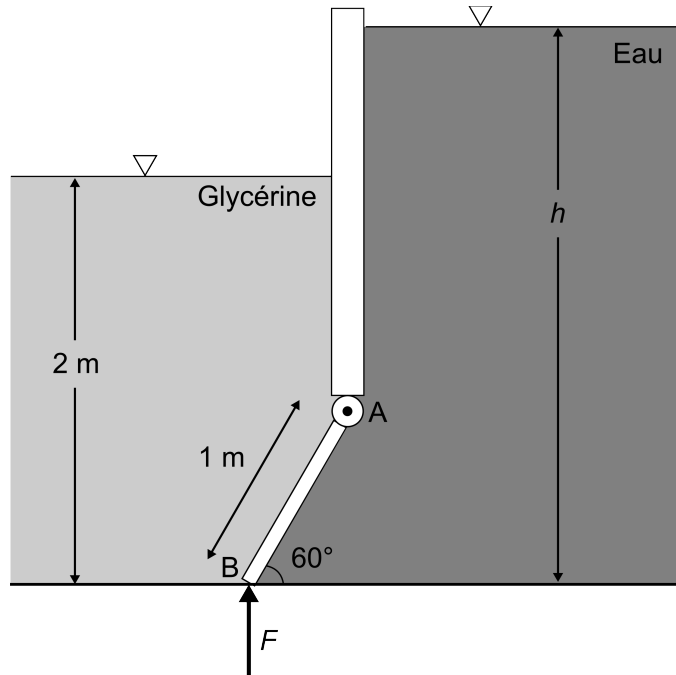
Question 5 (3 pts) – Une plaque mince mobile d'aire $A = 2.5 \text{ m}^2$ est insérée entre de l'huile et de la glycérine. Quelle est la force F nécessaire pour que la plaque mobile atteigne une vitesse constante $V = 0.5 \text{ m/s}$? Considérez un profil de vitesse linéaire dans chaque fluide.

- $h_1 = 0.003 \text{ m}$
- $h_2 = 0.002 \text{ m}$
- $\mu_{\text{huile}} = 0.38 \text{ (N}\cdot\text{s)/m}^2$
- $\mu_{\text{glycérine}} = 1.50 \text{ (N}\cdot\text{s)/m}^2$



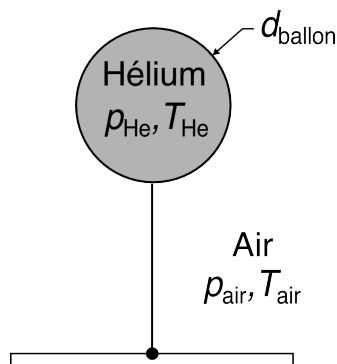
Question 6 (6 pts) – La vanne rectangulaire AB, de longueur $a = 1$ m et de largeur $b = 1.2$ m, a une masse de 180 kg. Elle est attachée à une charnière au point A et repose sur une surface plane au point B. Quelle doit être la hauteur d'eau h pour que la force d'appui F soit nulle? Utilisez la méthode exhaustive pour résoudre ce problème. Certaines données utiles peuvent être trouvées sur la première page de l'examen.

- Poids spécifique de la glycérine: $12\,400$ N/m³.



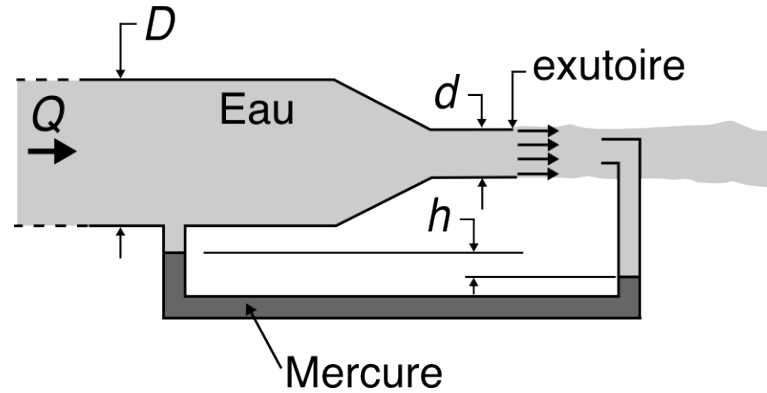
Question 7 (4 pts) – Afin de maintenir le ballon d'hélium suivant en place, quelle est la tension exercée par le câble? Le poids du câble lui-même est négligeable. Certaines données utiles peuvent être trouvées sur la première page de l'examen.

- Diamètre du ballon, $d_{\text{ballon}} = 10$ m
- Pression absolue de l'hélium, $p_{\text{He}} = 135$ kPa
- Pression absolue de l'air, $p_{\text{air}} = 100$ kPa
- $T_{\text{He}} = T_{\text{air}} = 20^\circ\text{C} = 293.15$ K
- Masse surfacique de l'enveloppe du ballon: 0.085 kg/m²



Question 8 (5 pts) – De l'eau s'écoule en régime stationnaire de la conduite circulaire ci-dessous. En assumant un fluide non-visqueux et incompressible, déterminez la vitesse de l'eau à l'exutoire. Utilisez les valeurs suivantes:

- $h = 0.025$ m
- $D = 0.3$ m
- $d = 0.1$ m
- Poids spécifique du mercure: 1.33×10^5 N/m³



Total des points : /20

Bon examen!

AIDE-MÉMOIRE CIV2310 – Mécanique des fluides

Chapitre 1: Propriétés des fluides

1. Densité relative: $SG = \frac{\rho_{\text{fluide}}}{\rho_{\text{eau à } 4^{\circ}\text{C}}} = \frac{\gamma_{\text{fluide}}}{\gamma_{\text{eau à } 4^{\circ}\text{C}}}$
2. Poids spécifique: $\gamma = \rho g$
3. Loi des gaz parfaits: $p = \rho RT$ avec R : constante spécifique du gaz [$J/(\text{kg} \cdot \text{K})$]
4. Loi de viscosité de Newton: $\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy}$; $[\mu] = \left[\frac{N \cdot s}{m^2} \right]$
5. Relation entre viscosité cinématique et viscosité dynamique: $\nu = \frac{\mu}{\rho}$; $\left[\frac{m^2}{s} \right]$

Chapitre 2: Statique des fluides

1. Pression hydrostatique pour un fluide incompressible: $p = \gamma h + p_0$
2. Force hydrostatique sur une surface plane

- Surface plane horizontale:

- Direction: normale à la surface
- Orientation: vers la surface
- Amplitude: $F_R = pA$
- Point d'application: *centroïde* de la surface

- Surface plane inclinée:

- Direction: normale à la surface
- Orientation: vers la surface
- Amplitude: $F_R = \gamma h_c A = \gamma (y_c \sin \theta) A$
- Point d'application: au centre de pression (x_R, y_R)

$$x_R = \frac{I_{xyc}}{y_c A} + x_c$$

$$y_R = \frac{I_{xc}}{y_c A} + y_c \text{ avec: } y_c = \frac{h_c}{\sin \theta}$$

3. Force hydrostatique sur une surface courbe
 - a. Composante horizontale: force sur la surface projetée dans un plan vertical
 - b. Composante verticale: poids du fluide au-dessus de la surface
4. Poussée d'Archimède: $F_B = \text{poids du fluide déplacé} = \gamma V$

Chapitre 3: Théorème de Bernoulli

1. Accélération

a. Le long d'une ligne de courant: $a_s = V \frac{\partial V}{\partial s}$

b. Normal à une ligne de courant: $a_n = \frac{V^2}{\mathfrak{R}}$

2. Théorème de Bernoulli: $\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$

3. Équation de continuité: $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2$

Chapitre 4: Cinématique des fluides

1. Lignes de courant: $\frac{dy}{dx} = \frac{v}{u}$

2. Champ d'accélération:

$$\begin{cases} a_x = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \\ a_y = \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \\ a_z = \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \end{cases}$$

3. Dérivée matérielle: $\frac{D(\quad)}{Dt} = \frac{\partial(\quad)}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla)(\quad)$

4. Théorème de transport de Reynolds : $\frac{DB_{\text{sys}}}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{\text{CV}} \rho b \, dV + \int_{\text{CS}} \rho b \mathbf{V} \cdot \hat{\mathbf{n}} \, dA$