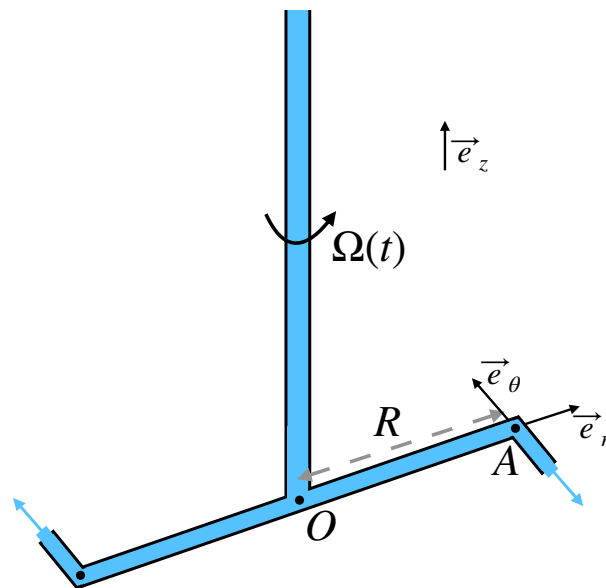


Sujet 1

I Tourniquet hydraulique

Un tourniquet hydraulique possède deux bras identiques OA et OB de longueur R et de section S . Chaque bras est terminé par un tube de même section S faisant avec le bras un angle $\alpha = \pi/2$, de longueur négligeable devant R . L'eau, supposée incompressible de masse volumique μ , est injectée dans le tourniquet hydraulique par le tube centrale de section $2S$ avec un débit volumique D_v constant.



On note J le moment d'inertie par rapport à l'axe Oz du tourniquet (ce dernier inclut l'eau présente dans le tourniquet) et $\vec{\Omega} = \Omega(t)\vec{e}_z$ son vecteur rotation.

1. Exprimer la vitesse d'éjection du fluide \vec{u} en A dans le référentiel du laboratoire en fonction de Ω , R , D_v , S et \vec{e}_θ .
2. A l'aide d'un bilan de moment cinétique, obtenir l'équation suivante

$$\frac{dL_z}{dt} = J \frac{d\Omega}{dt} + \mu D_v R \left(R\Omega - \frac{D_v}{2S} \right)$$

3. Obtenir finalement l'expression de $\Omega(t)$ sachant qu'à l'instant initial, le tourniquet est à l'arrêt. On utilisera pour cela le théorème scalaire du moment cinétique appliqué au système fermé précédent.

Sujet 2

I Fuite dans un réservoir

Un réservoir d'eau pour les pompiers en cas de feu de forêt a les dimensions suivantes : Largeur : 4m, Hauteur : 3m, Longueur : 5m. L'épaisseur du mur est $e = 20$ cm.

À 50 cm du sol, il y a une fissure horizontale de longueur $L = 10$ cm dans la paroi et de largeur w . Dans la fissure, l'écoulement suit une loi de Poiseuille telle que le débit volumique vaut $Q = \frac{w^3 \Delta P L}{12 \eta e}$ avec Q le débit volumique, et ΔP la perte de charge.

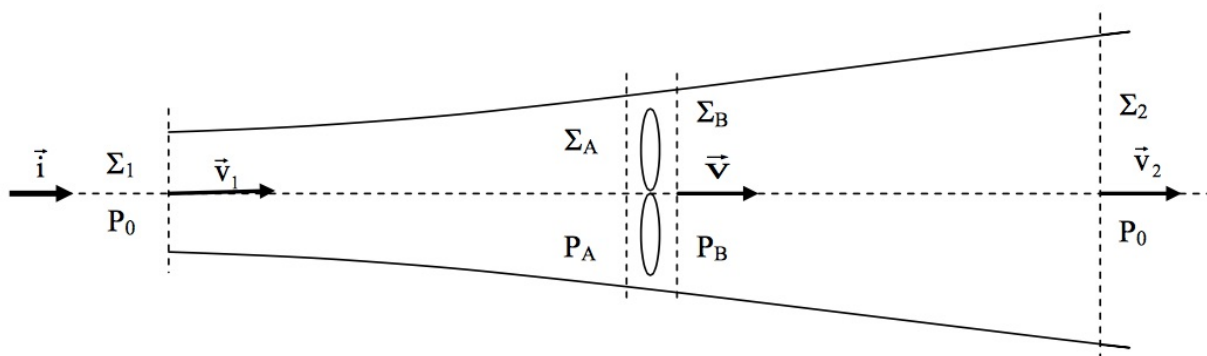
Le réservoir, initialement rempli totalement, voit sa hauteur d'eau diminuer de 20 cm en 2 mois.

1. Estimer la largeur w de la fissure.

Sujet 3

I Éolienne

On s'intéresse dans cette partie au fonctionnement d'une éolienne constituée d'une hélice à deux pâles et schématisée sur la figure ci-dessous. On représente sur ce schéma un tube de courant.



Pour l'étude, on se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen et on néglige la pesanteur. On suppose un régime permanent établi. L'air est considéré comme un fluide parfait et incompressible, de masse volumique ρ et de débit massique D . La figure fait apparaître un tube de courant d'air traversant l'hélice.

La pression à grande distance de l'hélice, à savoir au niveau des surfaces d'entrée Σ_1 et de sortie Σ_2 de sections respectives S_1 et S_2 , est égale à la pression atmosphérique P_0 .

La pression est uniforme sur une section droite du tube de courant. On note P_A et P_B les pressions au niveau des surfaces Σ_A et Σ_B de sections S_A et S_B . On suppose $S_A = S_B = S$ et on admet que $v_A = v_B = v$.

1. Déterminer une relation entre S_1 , S_2 , v_1 et v_2 .
2. Exprimer P_A en fonction de P_0 , ρ , v_1 et v . Idem pour P_B en fonction de P_0, v_2, v et ρ .
3. Déterminer la force de pression exercée sur l'hélice en fonction de ρ , S , v_1 et v_2 .
4. Montrer à l'aide d'un bilan de quantité de mouvement que $\vec{F} = D(v_1 - v_2)\vec{i}$ où D représente le débit massique d'air. En déduire une relation entre v , v_1 et v_2 .
5. Exprimer la puissance reçue par l'hélice en fonction de ρ , v_1 , S et du rapport $x = v_2/v_1$ à l'aide d'un bilan d'énergie cinétique. Pour quelle valeur de x cette puissance est-elle maximale ? Exprimer \mathcal{P}_{max} .
6. Le rendement théorique est défini par $\eta = \mathcal{P}/\mathcal{P}_c$ où \mathcal{P}_c est la puissance cinétique en entrée de l'hélice. Déterminer η en fonction de x . Calculer \mathcal{P}_{max} et η_{max} . On donne $\rho = 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $v_1 = 12 \text{ m/s}$ et $S = 1,4 \text{ m}^2$.

Sujet 4

I Diagramme E-pH du soufre ; utilisation pour un dosage

On donne les potentiels standards E° à 25 °C (à $pH = 0$) :

- O_2 / H_2O : 1,23 V
- I_3^- / I^- : 0,54 V
- IO_3^- / I_3^- : 1,17 V
- $S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}$: 0,09 V

De plus, on prendra $RT \ln(10)/F \approx 0,06$ V à 25 °C

A Diagrammes $E - pH$ simplifié du soufre et de l'iode en solution aqueuse

Le diagramme $E - pH$ du soufre est fourni en annexe. On a pris en compte les espèces suivantes $S(s)$, $HSO_4^-(aq)$, $SO_4^{2-}(aq)$, $H_2S(aq)$, $HS^-(aq)$ et $S^{2-}(aq)$. Chaque frontière a été tracée en posant que la concentration de chaque espèce dissoute y est égale à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

1. Identifier, sur le graphe en annexe, chacune des espèces représentées par les lettres A , B , ... F . On justifiera les attributions.
2. Retrouver la pente théorique de la frontière entre les espèces D et F .
3. On ajoute du soufre dans un bécher contenant de l'eau désaérée, puis on introduit de la soude concentrée jusqu'à ce que le soufre disparaisse. Décrire les phénomènes observés et écrire l'équation de la réaction observée. Comment nomme-t-on une telle réaction ?
4. On laisse, à l'air libre, pendant plusieurs heures, une solution de H_2S . On constate alors la présence d'un trouble jaunâtre. Proposer une interprétation.

On remarque de plus que le diagramme $E - pH$ de l'iode est tracé et superposé à celui du soufre. Il n'y a donc aucun tracé à effectuer ici.

B Titrage des ions sulfure

On cherche à déterminer la concentration des ions sulfure dans une solution de sodium Na_2S . On lit le mode opératoire suivant :

- **étape 1** Dans 20,0 mL d'une solution de diiode à $0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, on ajoute 20 mL d'hydroxyde de sodium (soude) à $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. La coloration initiale jaunâtre disparaît.
 - **étape 2** on introduit 20,0 mL de la solution de sulfure de sodium Na_2S à titrer (de concentration approximative $1 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$). On chauffe légèrement pendant 10 min, tout en agitant.
 - **étape 3** après avoir refroidi, on acidifie la solution par addition d'acide sulfurique dilué et la solution se colorise (jaune brun)
 - **étape 4** on effectue le titrage par une solution de thiosulfate de sodium $2Na^+, S_2O_3^{2-}$ à $0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Le volume versé à l'équivalence, lorsque la couleur jaunâtre disparaît à nouveau, est de 22,4 mL.
5. Interpréter le mode opératoire à l'aide des diagrammes $E - pH$ et indiquer les réactions mises en jeu au cours des différentes étapes de ce protocole en précisant les équation-bilans.

6. En déduire la concentration de la solution d'ions sulfure.

