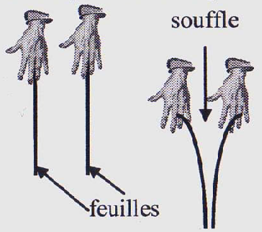
Hydrodynamique : Contrôle (2010-2011)

Valeurs et formules utiles : densité du pétrole ρ=800kg/m^3 ; viscosité cinématique du pétrole ν=1,77·10^{-4} m^2/s ; accélération de pesanteur g≈10m/s^2

$$\lambda=\begin{cases}\dfrac{64}{\mathrm{Re}}, & \mathrm{Re}<2000 \quad -\text{régime laminaire}\\[2mm] 0{,}11\left(\varepsilon+\dfrac{68}{\mathrm{Re}}\right)^{1/4}, & 3000<\mathrm{Re}<\dfrac{500}{\varepsilon} \quad -\text{régime turbulent lisse}\\[2mm] 0{,}11\varepsilon^{1/4}, & \mathrm{Re}>\dfrac{500}{\varepsilon} \quad -\text{régime turbulent rugueux}\end{cases}$$

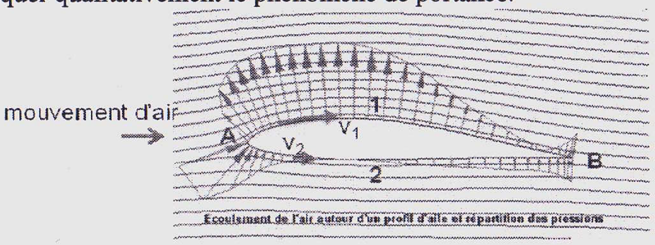
1. Théorie (6,5 pts.)

1.1. Expliquer le sens physique du nombre de Reynolds. Quelle est sa valeur correspondante au passage entre les deux régimes d'écoulement ?



1.2. On maintient deux feuilles de papier A4 verticalement à une distance environ 3 cm entre elles comme le montre le schéma ci-contre. On souffle de l'air dans l'espace entre ces deux feuilles et on remarque qu'elles s'attirent. Expliquer ce phénomène.

1.3. Un profil d'une aile d'avion est représenté schématiquement sur la figure ci-dessous. $\mathbf{v_1}$ et $\mathbf{v_2}$ sont les vitesses moyennes de l'air au-dessus et au-dessous de l'aile. Expliquer qualitativement le phénomène de portance.



Ecoulement de l'air autour d'un profil d'aile et répartition des pressions

2. Oléoduc (6 pts.)

On transporte du pétrole dans un oléoduc horizontal de diamètre interne **D=$\sqrt{\pi}$ ≈1,77 m** et longueur **L=10 km** à raison de **G=360T/h**. La rugosité de la surface interne de l'oléoduc est de **δ=0,5mm**.

En prenant π^2≈10, trouver les valeurs numériques de

2.1) la vitesse moyenne du pétrole **v** (moyennée sur la section de l'oléoduc);

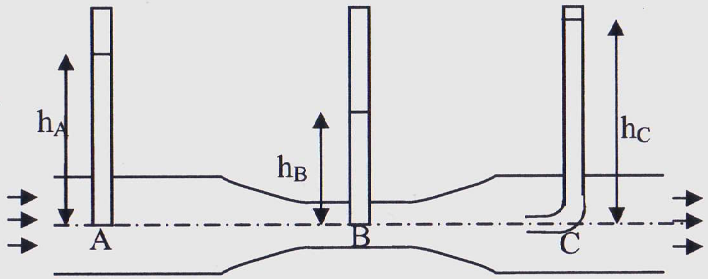
2.2) le nombre de Reynolds **Re**. Quel est le régime d'écoulement ?;

2.3) le coefficient de frottement **λ**;

2.4) les pertes de pression **ΔP_{pertes}** le long de l'oléoduc. Pour simplifier l'application numérique, arrondir toutes les valeurs intervenant dans **ΔP_{pertes}** à 1 chiffre significatif (ex : 1,88≈2).

3. Venturi (7,5 pts.)

On considère l'écoulement d'un **<u>liquide idéal</u>** dans un tube d'axe horizontal qui présente un étranglement, son diamètre passant de **D_A** à **D_B**, puis revenant à **D_C=D_A**. La vitesse du liquide au niveau de la section **A** est **v_A**. La masse volumique du liquide est ρ.



3.1. Trouver la vitesse **v_B** sur la section B et la vitesse **v_C** sur la section C en fonction de **v_A, D_A** et **D_B**.

3.2. Trouver les pressions **P_B** et **P_C** aux points B et C en fonction de la pression **P_A** au point A ainsi qu'en fonction de **v_A, D_A** et **D_B**.

Dans le tube horizontal et dans les trois tubes verticaux, le fluide n'a pas de mouvement suivant la direction verticale.

3.3. Trouver les hauteurs de colonnes du liquide, **h_A, h_B, h_C** dans chaque tube en fonction de la pression atmosphérique **P_0** qui règne dans l'air situé au-dessus, des pressions **P_A, P_B** et de la vitesse **v_A**.

3.4. Déduire la différence de hauteur **h_C-h_A** de colonne du liquide dans le tube A et C. Calculer la valeur numérique de **h_C-h_A** pour **v_A=1m/s, D_A=10 cm, D_B=5 cm** et **P_0=1bar**.

Expérimentalement, on trouve que le niveau **h_C** dans le troisième tube (C) est inférieur à celui **h_A** dans le tube (A).

3.5. Proposer une interprétation de ce fait expérimental.