2) Perte de charges : écoulement de Poiseuille :

$$Q_V = -\frac{\pi D^4}{128\eta}\frac{dP}{dx}$$

$$\boxed{Q_V \propto D^4}$$

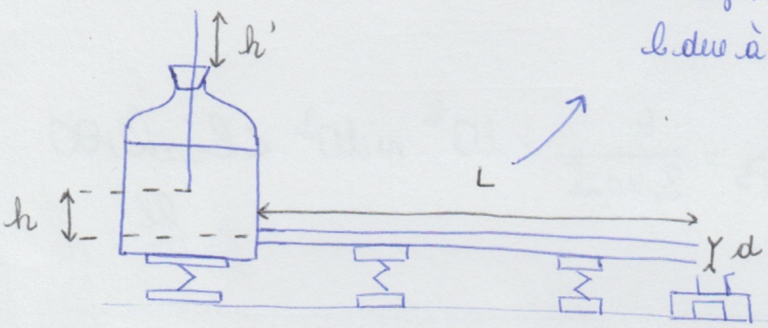
montage qualitatif ?

A un intérêt historiquement dans l'étude des écoulements → loi de Hagen-Poiseuille décrit les écoul^ts par circulation sanguine par exemple.

schéma profil d'écoulement ?

choix de L tq L >> l : longueur d'établissement pour avoir un régime permanent.

l due à de la diff°.



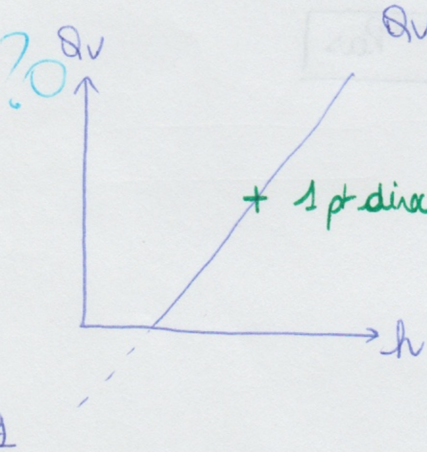
$$\boxed{Q_V = \frac{\pi D^4}{128\eta}\frac{\rho g h_{eau}}{L}}$$

penser à mesurer la T de l'eau. → mettre un tableau pour prendre valeur adaptée.

$\hookrightarrow Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho Q_V$

$Q_V = b(h' - h_0')$ → h' tq $h = 0$

On trace ?



Il faut choisir les bons points

↳ si Q_V trop bas ⇒ pb de tension de surface (loi de Laplace).
↳ solution = Teflon

↳ si Q_V trop grand risque d'avoir un écoulement turbulent ($R_C \simeq 2300$)

$$\eta_{eau} = \frac{\pi D^4}{128 b}\frac{\rho g}{L}$$

$$\Delta\eta_{eau} = \eta_{eau} \times \sqrt{\left(\frac{4\Delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2}$$

mettre tableau de η et pas 1 seul η tab

$$Q_m = \rho\, v \times S, \quad S = \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 \Rightarrow v = \frac{Q_m}{\rho\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

On vérifie $Re = \frac{\rho V d}{\eta} = \frac{Q_m d}{\eta\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{4Q_m}{\eta\pi d}$? diamètre ~~longueur grand tube?~~

vérifier $Re << \frac{64}{2{,}24} \times \frac{L}{D}$? $\sim 15\,000$.

$$\text{ODG } Re : \cancel{q_m \sim \frac{30\,g}{30\,s} = 1\,g/s = 10^{-3}\,kg/s}$$

$$\cancel{Re = \frac{q_m \times L}{\eta_{eau} \times \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{10^{-3} \times 1{,}5}{10^{-3} \times 3{,}14 \times \left(\frac{2{,}5 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2} = \frac{1{,}5 \times 4}{3 \times 6{,}25} \cdot 10^{6} = ?}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 25 \\ \hline 125 \\ 500 \\ \hline 6{,}25 \end{array}$$

$$Re = \frac{4 q_m}{\eta \pi d} = \frac{\cancel{10^{-3}} \times 4}{\cancel{10^{-3}} \times 3{,}14 \times 1{,}25 \cdot 10^{-3}} = \frac{4}{3{,}14 \times 1{,}25} \times 10^{3} \sim 10^{3} < R_C = 2400$$

$\underline{\underline{ok}}$

$\delta(t) \propto \sqrt{\nu t}$ $\quad x = Ut$

$\delta(x) \propto \sqrt{\frac{\nu x}{U}} \rightarrow$ en l $\delta(l) = b = \sqrt{\frac{\nu l}{U}} \Rightarrow \boxed{l = \frac{U b^2}{\nu}}$

$\Rightarrow \boxed{\eta_{eau} = 7{,}1 \pm 0{,}3 \cdot 10^{-4}\,Pa.s}$ $\quad \boxed{\eta_{huile} = 10 \cdot 10^{-4}\,Pa.s}$

Justificat° / Vérifs :
- T,
- humidité
- RP
- niveau.

Matériel :
- vase de Mariotte
- tube 1 petit, laptube
- Téflon?
- porte-tube
- scotch
- 3 boys
- balance
- 2 béchers.

(- Chrono
- pied à coulisse
- réglet)
- thermomètre.

À faire :
- vaisselle
- douche
- canapé
- diner - courses -
- aspi
- un peu de ray+

page 2

Teau =

η =

ℓ =

mesure Teau et noter ces valeurs

Ecoulement de Poiseuille

$$Q_V = \frac{\pi d^4}{128\eta}\frac{\ell g}{L} h \qquad b = \frac{\pi d^4 \ell g}{128\eta L} \sim 1{,}4.10^{-5}$$

$$\eta = \frac{\pi d^4 \ell g}{128\, b L} \sim 6{-}7.10^{-4}\ Pa.s.$$

$$\Delta\eta = \eta\sqrt{\left(\frac{4\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2} \quad \sim 0{,}06\ Pa.s.$$

$d \in [2{,}55, 2{,}85]$ mm
$\Rightarrow 2{,}7 \pm 0{,}2.$

$$Re = \frac{4Q_m}{\pi\eta d} = \frac{4\times\frac{0{,}03}{11{,}48}}{\pi\ 7\times10^{-4}\times 2{,}6.10^{-3}} \sim 1800 \quad < R_C = 2400$$

longueur d'établissement:

épaisseur de la couche limite $\delta \to R$.

$$\delta \propto \sqrt{\nu t}$$

à $x = ut$

$$\delta \propto \sqrt{\frac{\nu x}{u}}$$

On veut $\delta(l) = R$

$$R = \sqrt{\frac{\nu l}{u}} \Rightarrow l = \frac{u R^2}{\nu} = Re \times R.$$

$$= \frac{u D^2}{4\nu} = \frac{Re}{4} D.$$

$$\frac{l}{D} = \frac{Re}{4}$$

autre:
$$\frac{l}{D} = \begin{cases} 0{,}6 & \text{pour } Re \to 0 \\ 0{,}06\, Re & ; Re \in [100 - 1000] \\ 0{,}04\, Re & ; Re \in [1000; 2400]. \end{cases}$$

MP03 :

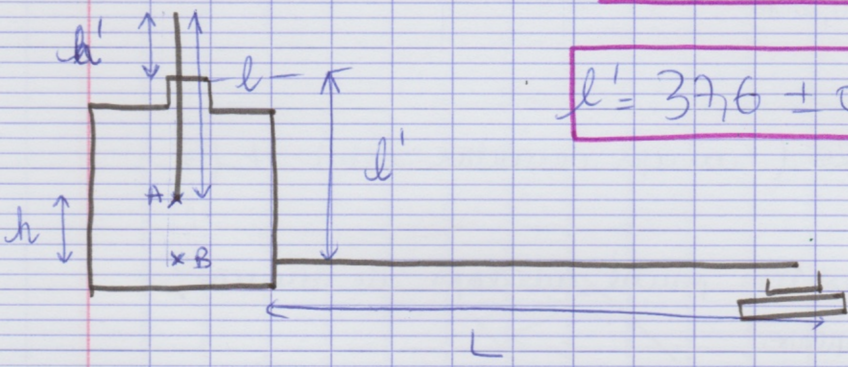
Ecoulement de Poiseuille

$L =$

longueur du tube (long) = $\boxed{150{,}3\text{ cm}}$ ($\pm$ 0,2 cm)

longueur petit tube $\boxed{(\underbrace{40{,}9\text{ cm}}_{\ell}) \pm 0{,}2\text{ cm}}$

$\boxed{\ell' = 37{,}6 \pm 0{,}4 \text{ cm}}$



On veut tracer le débit q en fonction de h.

$$h = \ell' - (\ell - h') = \ell' - \ell + h' = 37{,}6 - 40{,}9 + h'$$

$$\boxed{h = h' - 3{,}3\text{ cm}}$$

$$Q_m = \frac{\text{masse}}{\text{temps}} \qquad \rho = \frac{m}{V}$$

$$\boxed{Q_v = \frac{\text{volume}}{\text{temps}}} = \rho\,\frac{\text{masse}}{\rho\ \text{temps}} = \boxed{\frac{1}{\rho} Q_m}$$

données non notées sur Igor :

$$\begin{cases} h' = 6 \ ; \quad t = 121{,}97 \\ h' = 5 \ ; \quad t = 159{,}52 \end{cases}$$

$Q_v = \frac{\pi D^4 \rho g h}{128 \eta L}$

$\boxed{\text{avec } D = 2{,}85\,mm \pm 0{,}01\,mm, \quad \text{Température eau} = 19{,}6\,°C}$

$b = 1{,}4891 \cdot 10^{-5} = \frac{\pi D^4 \rho g}{128 \eta L}$

$\Rightarrow \boxed{\eta_{eau} = 7{,}1 \cdot 10^{-4}\ N.m.}$

A refaire en ajoutant incertitudes :

- On a $h_0 = h' - 3{,}3\,cm$ $\boxed{\Delta h = 0{,}8\,cm}$

  $\Delta h' = 0{,}2\,cm$ $\Delta = 0{,}6\,cm$.

- Δtemps $= 0{,}2\,s$ (car tps de réaction début et fin.

- Δmasse ? est un peu lié au temps de réaction ?
  ↳ se compense.

$\rho_{eau}(20°C) = 998\,kg/m^3$

$\Delta \cancel{\det} Q_v = Q_v \times \frac{\Delta temps}{temps}$.

$\Rightarrow$ pb avec weighting $+ \infty = 0 \Rightarrow$ n'importe quoi !
sans weighting $+ \infty = 0 \rightarrow$ ok ?

⚠ En fait j'ai plutôt $\boxed{Q_v = f(h')}$

$\Rightarrow \boxed{Q_v = b(h' - h_0)}$

On obtient $\begin{cases} b = 1{,}5245 \cancel{\cdot 10^{-5}} \pm 0{,}0123 \cdot 10^{-5} \\ \cancel{b} \\ -bh_0 = -6{,}6689 \pm 0{,}096 \cdot 10^{-7} \end{cases}$

$\Rightarrow \boxed{h_0 = 4{,}37 \pm 0{,}07\,cm}$

$\Delta h_0 = h_0 \times \sqrt{\left(\frac{\Delta b h_0}{b h_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2} = 0{,}07\,cm$

On a $\theta = \frac{\pi D^4 \rho g}{128 \eta L}$; $\eta = \frac{\pi D^4 \rho g}{128 \theta L}$

$\Rightarrow \eta = 6{,}92 \cdot 10^{-4} \pm 0{,}38$

$$\Delta\eta = \eta \times \sqrt{\left(\frac{\Delta\theta}{\theta}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{4\Delta D}{D}\right)^2}$$

$\boxed{\eta = 6{,}9 \pm 0{,}4 \cdot 10^{-4}}$

$\eta_{th} = 10 \cdot 10^{-4}$

Calcul incertitudes

$$\Delta\eta = \eta\sqrt{\left(\frac{\Delta\rho_b}{\rho_b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2} = 0{,}01 \text{ Pa.s.}$$

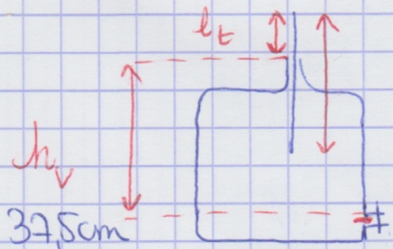
$$\underline{\eta = 1{,}06 \pm 0{,}01 \text{ Pa.s}}$$

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \qquad \Delta\nu = \nu\sqrt{\left(\frac{\Delta\eta}{\eta}\right)^2 + \cancel{\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)}^2} = 10 \text{mm}^2.\text{s}^{-1}$$

→ devait sûrement ∃ !

$$\Rightarrow \underline{\nu = 1090 \pm 10 \text{ mm}^2.\text{s}^{-1}}$$

Poiseuille :



$= 37{,}5$cm $\pm$ 1cm.

$h_t = 42{,}0 \pm 0{,}1$ cm.

$$h = h_v - (h_t - l_t)$$
$$= h_v - h_t + l_t$$
$$= 37{,}5 - 42{,}0 + l_t$$
$$= l_t - 4{,}5\text{cm}.$$

l_t

2,4cm.

série bleue : $Q_V = a + b\,h$

a : $0{,}10477 \pm 0{,}0341$ ~~en bloquant a = 0~~

b : $13{,}247 \pm 0{,}256$

$\Rightarrow b = 13{,}985 \pm 0{,}131$.

En théorie : $Q_V = \dfrac{\pi D^4 \rho g\, h}{128\,\eta\, L}$

⚠ on a Q_m

$$Q_m = \frac{m}{t}$$

$V =$

$D = 2{,}80$mm.

$\rho = 10^3$kg/m^3

$\eta = 10^{-3}$ Pa.s

$L = 160$ cm.

$\nu = \dfrac{m}{\rho}$

$$Q_V = \frac{V}{t} = \frac{m}{\rho t}.$$

$$b = \frac{\pi D^4 \rho g}{128\,\eta L} \Rightarrow \eta = \frac{\pi D^4 \rho g}{128 L\, b}$$

$\Rightarrow Q_V = \overset{0}{a} + b h$

$b = 1{,}385 \pm 0{,}01$
10^{-5}

$$\Rightarrow \underline{\eta = 6{,}6.10^{-4} \text{ Pa.s.}}$$

$\eta_{th} = 10^{-3}$.