

NOM / Prénom :

Note :

Groupe :

Session du 18 Décembre 2015

Promo 47

Sans document – Calculatrice autorisée - Barème de notation donné à titre indicatif

Tout résultat doit être encadré et avoir une unité.

Rendre avec la feuille d'examen LE SUJET COMPLET, le QCM et la question bonus.

L'examen est noté sur 54 pts ramenés sur 20

La plupart des questions sont indépendantes.

Exercice n° 1 : Prélèvement d'eau dans un lac (21 pts)

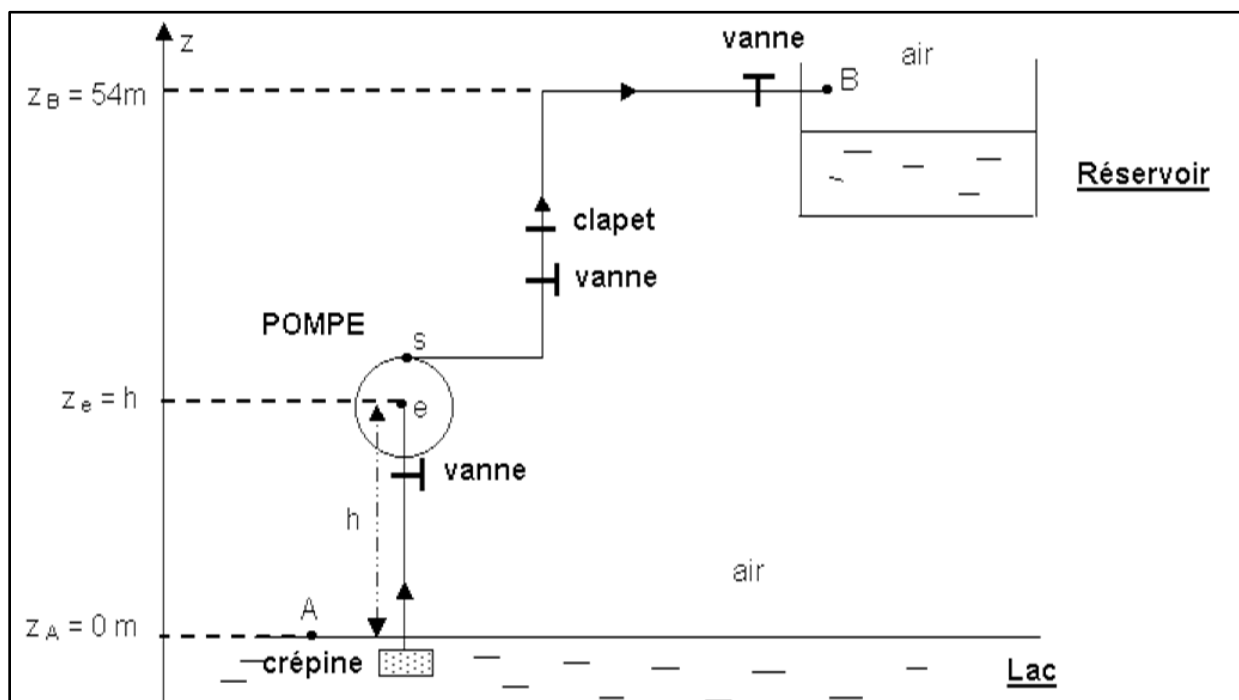
Une installation de pompage prélève de l'eau depuis un lac (côte z_A) dont le niveau est constant jusqu'à la côte $z_B = 54 \text{ m}$ afin d'alimenter un réservoir. (cf. schéma ci-dessous).

Le débit au refoulement est de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ et le diamètre D des canalisations à l'aspiration comme au refoulement est de 300 mm.

Ces canalisations possèdent un coefficient de pertes de charge unitaire (J) de $7,75 \cdot 10^{-4} \text{ mCE/m}$.

L'eau prélevée par la pompe débouche à l'air libre au point B.

La longueur totale de la conduite est de $L_{\text{tot}} = 650 \text{ m}$.



Le tableau ci-dessous résume les coefficients K des différents organes présents sur la conduite :

<i>Organes</i>	<i>Coefficient K</i>
Crépine	$K_{\text{crépine}} = 8$
Vanne	$K_{\text{vanne}} = 2$
Clapet	$K_{\text{clapet}} = 3$
Coude à 90°	$K_{\text{coude}} = 0,5$

Les vannes sont supposées identiques (nature et ouverture).

L'accélération de la pesanteur sera prise égale à $9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

- 1) **Montrer** que la vitesse de l'eau (u) dans le circuit est de : $0,39 \text{ m.s}^{-1}$. (Cette valeur sera prise pour la suite de l'exercice).
- 2) **Calculer** les pertes de charge singulières (ΔH_{sing}) et les pertes de charge régulières ($\Delta H_{\text{rég}}$) dans le circuit.
- 3) **En déduire** les pertes de charge totales (ΔH_{tot}).
- 4) **Calculer** la HMT de la pompe par application du théorème de BERNOULLI en deux points judicieusement choisis que vous ferez figurer sur le schéma précédent.
- 5) **En déduire** la puissance hydraulique fournie par la pompe.
- 6) Sachant que le prix du kW.h est fixé à 7,71 centimes d'euros, **calculer** le coût de cette installation sachant qu'elle fonctionne 18 h par jour.
- 7) **Calculer** la valeur du nombre de REYNOLDS et **préciser** la nature de l'écoulement.
- 8) **Calculer** la valeur du coefficient de frottement (λ).
- 9) En utilisant l'abaque de COLEBROOK, **calculer** la rugosité absolue (ε) (à exprimer en millimètre) de la canalisation. **Bien faire apparaître** sur l'abaque, l'exploitation que vous en avez faite et qui vous a permis de trouver le résultat.
- 10) Par application du théorème de BERNOULLI en deux points judicieusement choisis que vous ferez figurer sur le schéma précédent, **exprimer** la hauteur de pression à l'entrée de la pompe ($P_e/\rho g$) en fonction de (P_{atm} , ρ , g , h , u , J , $K_{\text{crépine}}$, K_{vanne}).
Pour ce calcul, la longueur de la conduite en aspiration sera assimilée à la hauteur h .
- 11) **En déduire** la hauteur limite (h_{lim}) à laquelle la pompe peut être placée au-dessus du lac, en sachant que la température de l'eau est de 20°C . **Préciser et expliquer** (3 lignes maximum) ce qui se passe dans le conduit en aspiration si cette hauteur est dépassée.

Données : $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$; $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg/dm}^3$; $\eta_{\text{moto_pompe}} = 0,70$; $\mu_{\text{eau}} = 10^{-3} \text{ Pa.s}$; Abaque de COLEBROOK.

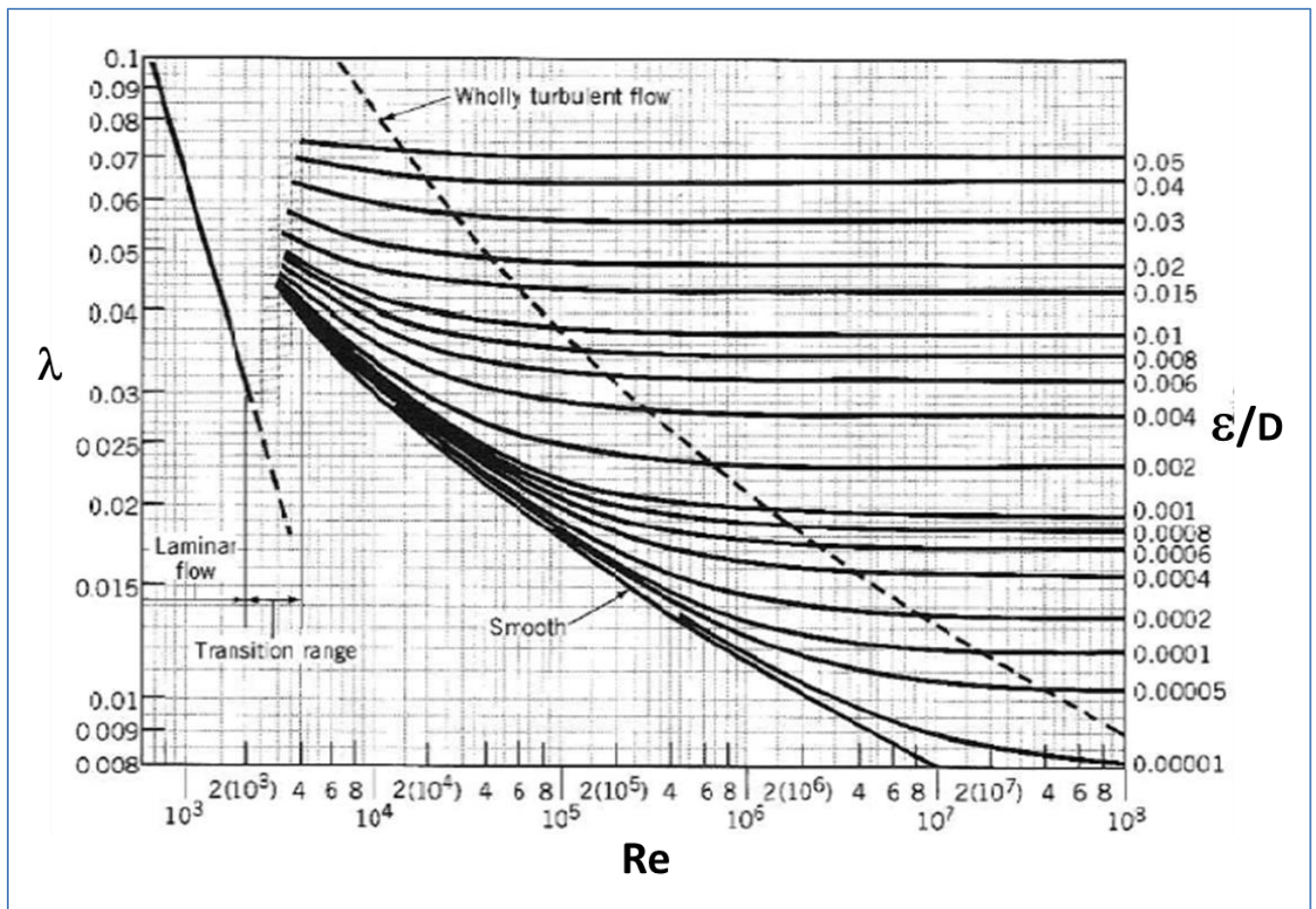
La Pression de Vapeur Saturante (P_{vs}) exprimée en (Pa) et la température (T) exprimée en (K), de l'eau liquide en équilibre avec sa vapeur saturante, sont reliées par la relation :

$$\ln P_{\text{vs}} = -5117/T + 25,27$$

Coefficient de perte de charge unitaire :

$$J(\text{mCE/m}) = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Abaque de COLEBROOK

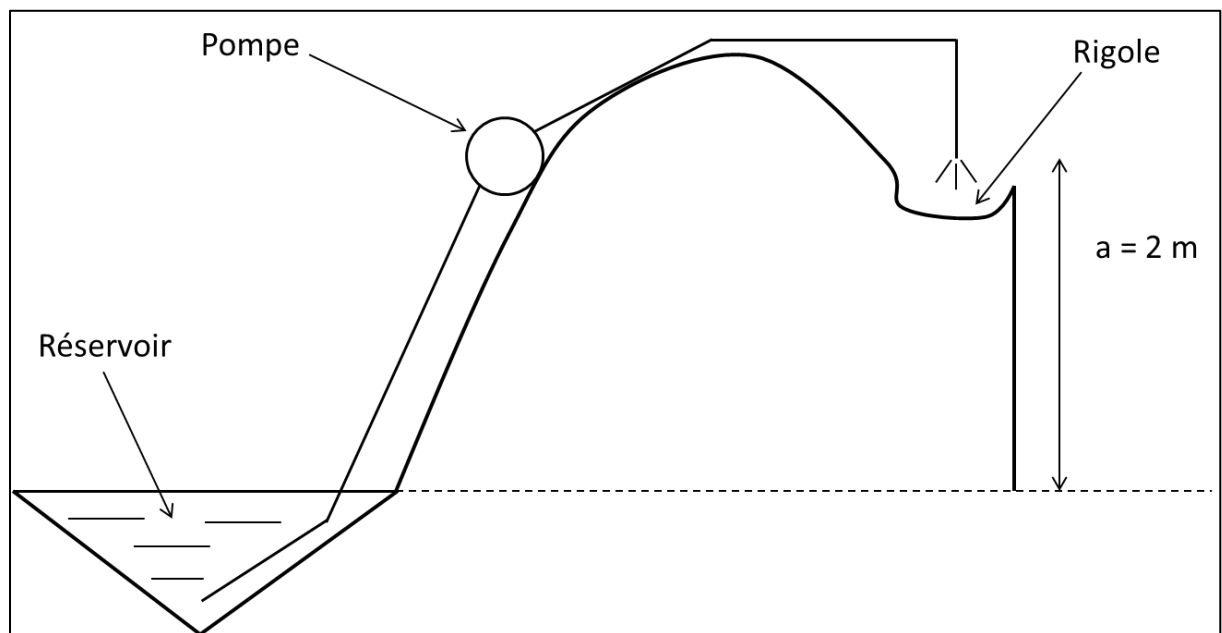


Exercice n° 2 : Assèchement d'un réservoir (10 pts)

On veut assécher un réservoir naturel recueillant l'eau de pluie pour le nettoyer. On utilise une tuyauterie et une pompe centrifuge. La tuyauterie débite à l'air libre dans une rigole. Elle est constituée par 10 m en aspiration (L1) et par 20 m en refoulement (L2), et son diamètre (D) est de 10 cm. Le coefficient de perte de charge linéaire (λ) est de 0,02.

La charge de la pompe est donnée par $HMT = -1815 Q^2 - 35 Q + 7$

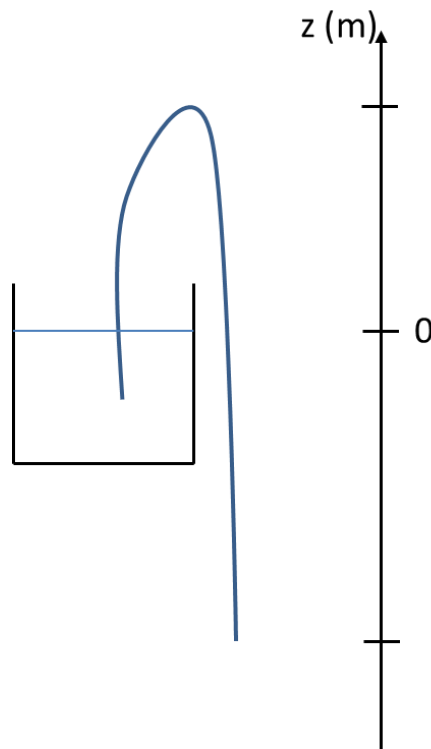
- 1) Par application du théorème de BERNOULLI en deux points judicieusement choisis que vous ferez figurer sur le schéma ci-dessous, **exprimer** la Hauteur Manométrique Totale (HMT) en fonction de (a , g , u , λ , D , $L1$, $L2$).
- 2) **Montrer** que le débit Q vérifie l'équation suivante : $7599 Q^2 + 35 Q - 5 = 0$
- 3) **En déduire** le débit de l'écoulement.



Données : $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ g.cm}^{-3}$; $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$; $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

Coefficient de perte de charge unitaire :

$$J(\text{mCE/m}) = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Exercice n° 3 : Etude qualitative et quantitative d'un siphon : (12 pts)

De l'eau est siphonnée à partir d'un réservoir de grande dimension, ouvert à l'atmosphère avec un débit de 89 L/s. L'extrémité (S) de déversement du tuyau du siphon à l'air libre est située à 4,20 m au-dessous de la surface de l'eau du réservoir et le sommet (B) est situé à 1,50 m au-dessus de cette même surface (A). Les termes représentant les pertes de charge régulières et singulières sont $1,5.u^2/2g$ du réservoir au sommet du siphon et de $1,0.u^2/2g$ du sommet à l'extrémité du siphon.

- 1) **Associer** sur le schéma ci-dessus, les points de l'énoncé et leur cote géométrique suivant l'axe z (orienté vers le haut).
- 2) **Calculer** le diamètre du tuyau nécessaire et la hauteur de pression statique relative au sommet du siphon.
- 3) Pour mettre en fonction le siphon, il faut au préalable l'amorcer en aspirant par l'extrémité basse du tuyau. **Expliquer qualitativement** (sans calcul), ce qui se passe.
- 4) **Justifier quantitativement** (par le calcul), le sens de circulation de l'eau une fois le siphon amorcé.

Données : $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$; $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg/L}$; $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

Exercice n° 4 : QCM

(Il n'y a qu'une seule bonne réponse par question ; il n'y a pas de points négatifs) (11 pts)

1. **Entourer LA** proposition exacte **(3 pts)**



En soufflant dans le tuyau, les canettes (qui sont vides) vont:

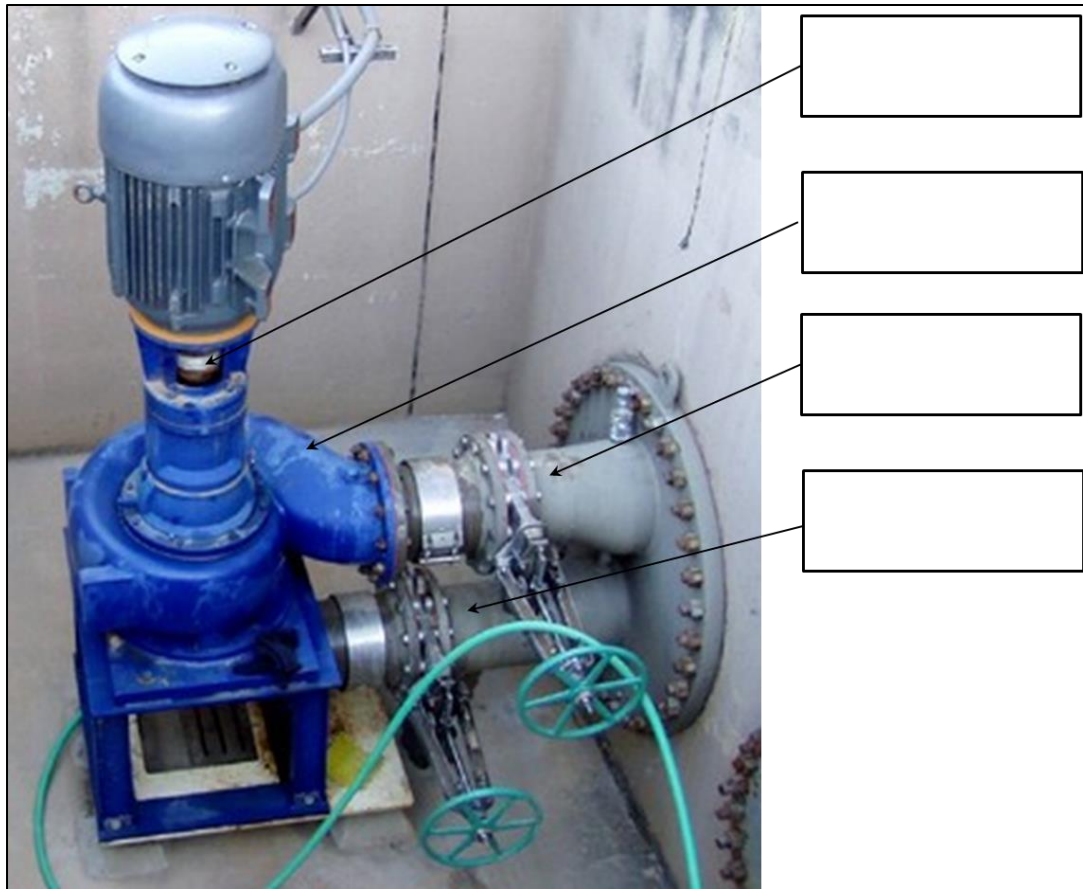
- A) Se rapprocher
- B) Rester immobiles
- C) S'éloigner

Donner le nom du phénomène mis en jeu :

2. **Relier** chaque terme (de gauche) à chacune de ses propriétés/caractéristiques (à droite) **(2 pts)**

Pression dynamique	Dont la viscosité dynamique est constante malgré l'augmentation du gradient de vitesse
Fluide rhéofluidifiant	Est proportionnelle à u^2 , s'exerce parallèlement à l'écoulement
Fluide newtonien	Peut être mis à profit pour remonter de l'eau sans pompe
Coup de bélier	Qui voit sa viscosité dynamique diminuer avec l'augmentation du gradient de vitesse

3. **Remplir** les cases vides avec les termes suivants : circuit d'aspiration, arbre, volute, circuit de refoulement **(2 pts)**



4. La mesure de la viscosité d'une huile est effectuée au laboratoire par la méthode du viscosimètre à chute de bille ; les billes sont en aluminium, la température est de 15 °C.

Cocher LA valeur obtenue parmi les propositions ci-dessous **(4 pts)**

- | | |
|-------------|--------------------------|
| 72,9 Pa.s | <input type="checkbox"/> |
| 0,0067 Pa.s | <input type="checkbox"/> |
| 692 cSt | <input type="checkbox"/> |
| 7328 Pa.s | <input type="checkbox"/> |
| 3,303 Pa.s | <input type="checkbox"/> |
| 63,6 cPo | <input type="checkbox"/> |
| 0,233 Pa.s | <input type="checkbox"/> |
| 0,47 Pa.s | <input type="checkbox"/> |

Données : Diamètre bille = 2,96 mm ; $d_{Al} = 2,7$; $\rho_{huile} = 865 \text{ g/L}$; La bille met 6 secondes pour parcourir 22,5 cm ; $\rho_{eau} = 999 \text{ kg/m}^3$; $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Loi de STOKES :

$$\mu = \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho_{bille} - \rho_{fluide}) \cdot R^2 \cdot g}{u_{lim}}$$

Question bonus : (6 pts) :

Redémontrer l'expression de la loi de POISEUILLE :

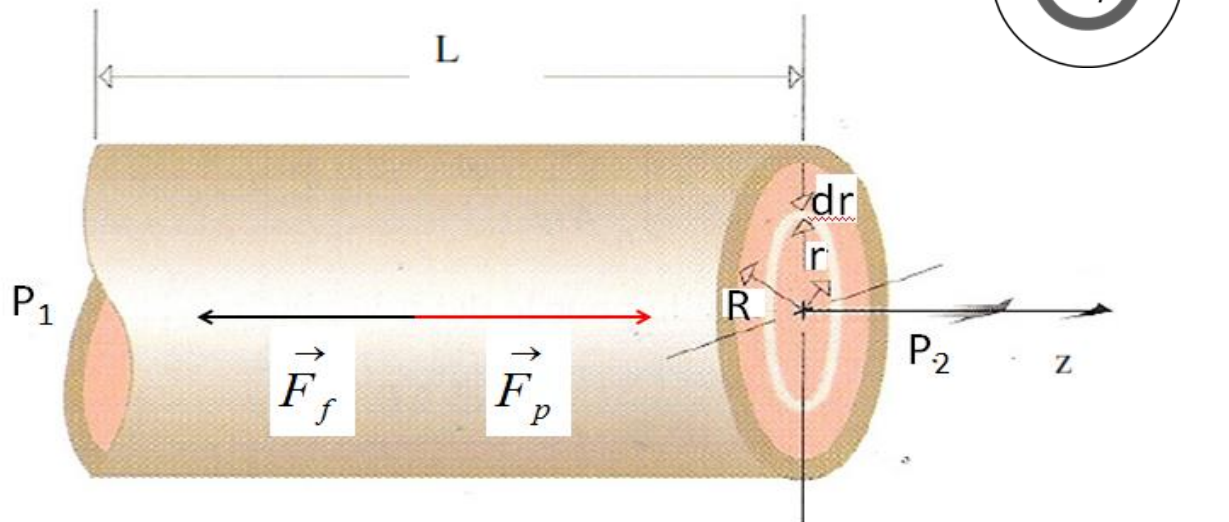
$$u(r) = \frac{P_1 - P_2}{4\mu L} \cdot (R^2 - r^2)$$

Correspondant à la vitesse d'un fluide visqueux (viscosité dynamique μ) s'écoulant dans un tuyau cylindrique de longueur fixe L , de rayon fixe (R), et de rayon variable r .

F_f représente la force de frottement due à la viscosité du fluide

F_p représente la résultante des forces de pression

Le fluide s'écoule de 1 vers 2 ($P_1 > P_2$)



Réponse à la question bonus :