

Introduction à la mécanique des fluides
CONTROLE TERMINAL - 1^{ère} session
Durée : 2h

Vendredi 7 Janvier 2022

*Pas de documents, pas de téléphone portable, calculatrice autorisée.
Prenez soin de justifier vos réponses et de respecter les notations employées.
Le soin de la rédaction et l'orthographe seront pris en compte.*

Questions de Cours (12 points)

Indiquez les bonnes réponses (plusieurs sont possibles) sur votre copie **en justifiant votre raisonnement**.

Question 1 (1 point)

- A. Quand un fluide incompressible est introduit dans un tube en U rigide, il y a conservation du débit
- B. Le théorème de Bernoulli est une conséquence de la loi de Pascal
- C. Le nombre de Reynolds est défini par $Re=2\rho vr/\eta$

Question 2 (1 point)

Calculez au niveau d'un rétrécissement d'un canal fluïdique, la vitesse v_2 sachant que $v_1 = 0,03 \text{ m.s}^{-1}$, $S_1 = 15 \text{ cm}^2$ et $S_2 = 5 \text{ cm}^2$
A. 90 cm.s^{-1} B. $0,18 \text{ cm/s}$ C. 18 mm.s^{-1} D. 9 cm/s E. aucune réponse exacte

Question 3 (1 point)

On considère l'artère représentée ci-dessous (Fig.1). Le débit reste constant mais on note une perte de charge qui est 32 fois plus importante dans la portion rétrécie. Quel doit être alors le rapport entre les rayons r_1 et r_2 des deux artères.

- A. $r_1 = 4 r_2$ B. $r_1 = 32 r_2$ C. $r_1 = 0,5 r_2$ D. $r_1 = 2 r_2$ E. aucune réponse exacte

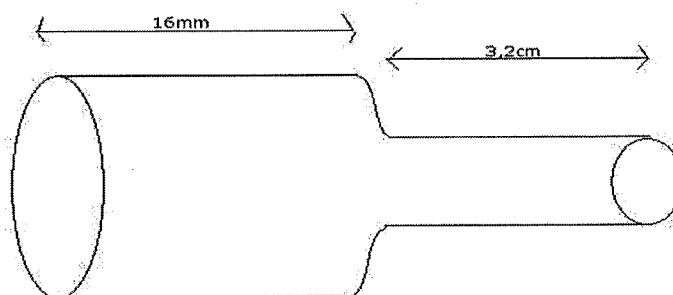


Fig 1 : Rétrécissement d'une artère

Question 4 (1 point)

Dans les mêmes conditions que la question 3, sachant que $v_1 = 18 \text{ cm/s}$, alors v_2 vaut

- A. 30 cm/s B. 72 cm/s C. 120 cm/s D. 18 cm/s E. 41 cm/s

Question 5 La loi de Poiseuille. (1 point)

- A. Exprime la variation de débit en fonction des résistances à l'écoulement. (variation de pression)
- B. S'applique quelles que soient les conditions de circulation si le fluide est newtonien. (écoulement laminaire)
- C. Fait intervenir le rayon du vaisseau à la puissance 4^{ième}.
- D. N'est utilisable que pour un nombre de Reynolds inférieur à 2000.

Question 6 La viscosité. (1 point)

- A) Entre 2 lames de fluides circulant parallèlement à des vitesses différentes, plus la surface commune aux deux lames est grande, plus l'intensité de la force de frottement est importante.
- B) Dans le Système International de mesure, la viscosité η s'exprime en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
- C) Pour les liquides newtoniens, η varie avec la température.

Question 7 Tension superficielle. (2 points)

Trouvez la pression à l'intérieur d'une goutte d'eau ayant un diamètre de 0,5 mm à 20 °C si la pression extérieure est de 1,03 N / cm² et la tension superficielle de l'eau à cette température est de 73 mN/ m.

Question 8 (2 points). A rédiger en 4 lignes

Qu'appelle t on le phénomène de cavitation ? Quelles sont les conséquences ?

Question 9 (2 points) A rédiger en 4 lignes

A quoi correspond la loi de diffusion d'une particule ? Dépend-elle de la taille de la particule ? De la viscosité du milieu environnant ? de l'accélération de la particule ? De la température ?

Exercice 1 (6 points)

Du fioul de masse volumique $\rho = 910 \text{ kg/m}^3$ et de viscosité dynamique η est transporté de A vers B à travers une conduite cylindrique (oléoduc) d'axe horizontal, de longueur $L = 2 \text{ km}$ et de rayon $R = 8 \text{ cm}$, avec un débit volumique $Q = 36 \text{ m}^3 / \text{h}$. Les pressions en A et B sont respectivement $P_A = 3 \text{ atmosphères}$ $P_B = 0,4 \text{ atmosphères}$ (1 atmosphère $\approx 105 \text{ Pa}$). On admettra le régime d'écoulement permanent et laminaire pour lequel le débit est donné par la formule de Poiseuille

1. Calculez la vitesse moyenne d'écoulement v du fioul.
2. Calculez la viscosité dynamique et la viscosité cinématique du fioul transporté.
3. Calculez le nombre de Reynolds de cet écoulement et justifiez son caractère laminaire.
4. Si la puissance de la pompe s'exprime en Watt, trouvez à l'aide des équations aux dimensions la relation qui relie la puissance de la pompe, le débit de la pompe et la différence de pression.
5. Montrez que la puissance P de la pompe de cet oléoduc est proportionnelle au carré de la vitesse moyenne v (on négligera l'énergie cinétique du fuel) ; calculez P .
6. Quel doit-être le rayon R_0 d'une conduite cylindrique qui transporte de l'eau de viscosité cinématique $\nu_0 = 9.10^{-7} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ à la vitesse moyenne de 2 m/s pour assurer la similitude dynamique (c'est-à-dire le même régime d'écoulement) de cet écoulement avec celui du fioul étudié.

Exercice 2 (6 points)

Pour lutter contre la diminution des ressources en eau, une solution de plus en plus développée consiste à récupérer l'eau de pluie pendant la période hivernale, la stocker dans une cuve de récupération, et l'utiliser par exemple pour alimenter les chasses d'eau ou les robinets extérieurs. On dispose d'un récupérateur d'eau de pluie relié à un robinet extérieur par une conduite en PVC de diamètre $D = 15 \text{ mm}$ et de longueur $L = 30 \text{ m}$. Le robinet est situé à $h_1 = 1 \text{ m}$ au-dessus du sol.

L'installation est équipée d'une pompe qui permet de garantir un débit suffisant pour remplir un arrosoir de 15 L en 30 s. La cuve de récupération est enterrée dans le sol, sa sortie se trouvant à une profondeur $h_2 = 2,50$ m. Le niveau d'eau dans la cuve est égal à $H = 1,5$ m, le dessus de la cuve se trouvant porté à pression atmosphérique grâce à un regard.

On tiendra compte du coefficient de perte de charge λ qui dépend à la fois du nombre de Reynolds de l'écoulement et des rugosités (pour le PVC, la rugosité est de $1,5 \mu\text{m}$).

1. Calculez la vitesse débitante V dans la conduite et le nombre de Reynolds. (2 pts)
2. En utilisant l'abaque donnée (Fig. 2), déterminez le coefficient de perte de charge λ puis la valeur numérique de la chute de pression Δp . (1 pt)

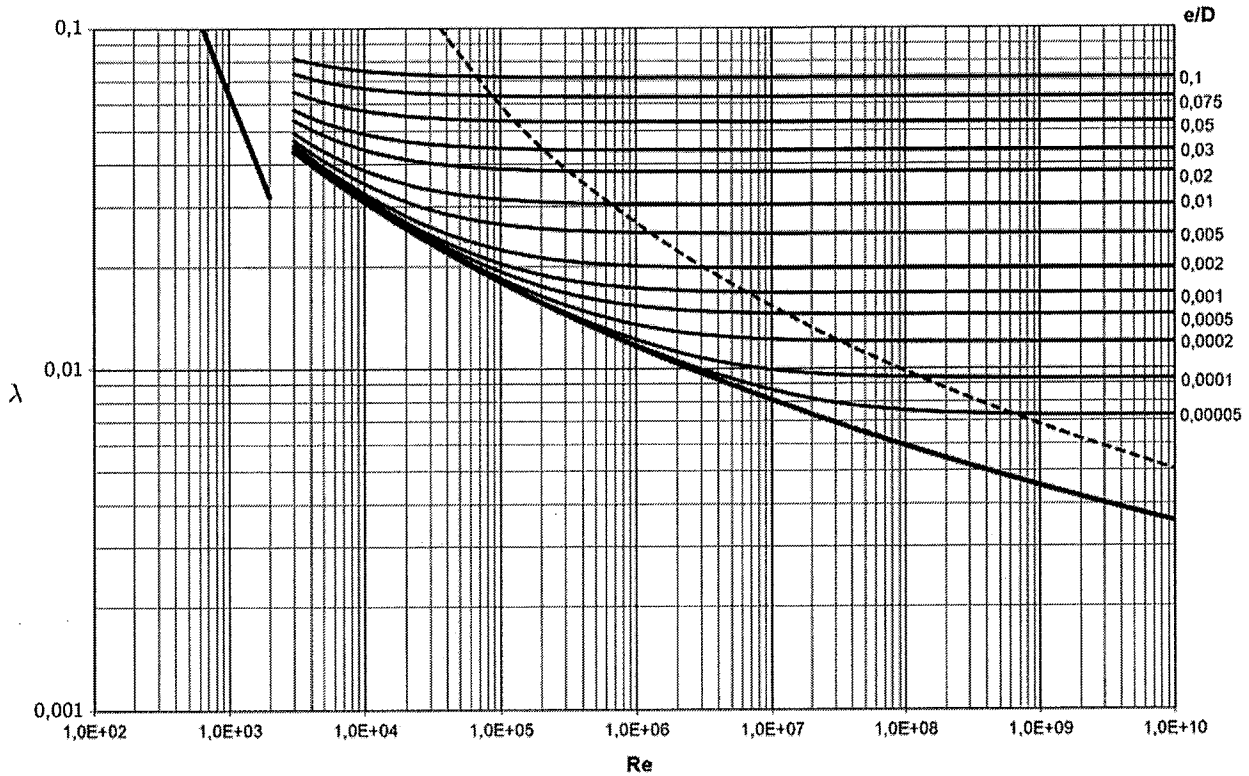


Figure 2 Abaque de Moody

- 3 - En déduire la puissance indiquée que la pompe doit fournir à l'eau pour maintenir le débit. (1pt)
- 4 - La pompe a un rendement de 60 %, en déduire la puissance électrique consommée lorsque le robinet est ouvert. (1pt)
- 5 - Les valeurs obtenues ici sont en fait sous-estimées. Quel phénomène négligé ici permet de l'expliquer ? (1pt)

Formulaire général :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad \rho = \rho_0 \frac{p}{p_0} \frac{T_0}{T} \quad \Delta p = \frac{8\eta L}{\pi R^4} q_v \quad \Delta p = \lambda \frac{\rho v^2 L}{2 D}$$

$$\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) = \frac{P}{q_v} - \Delta p \quad v = \frac{\eta}{\rho} \quad P_h = \Delta p \cdot Q$$

Données sur l'eau : masse volumique $\rho = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; viscosité $\eta = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$.

