

# Mécanique des fluides

---

Révisions

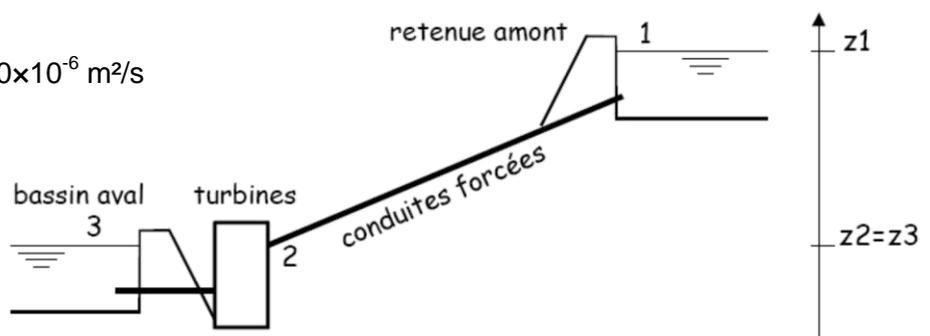
### 1- Installation hydroélectrique (/14)

Une installation hydroélectrique comporte une retenue d'eau amont, **trois conduites forcées** parallèles de diamètre 300 cm chacune, un ensemble de turbines, un bassin aval selon le schéma donné en annexe. Lors du turbinage, le débit-volume total est  $q_v = 217 \text{ m}^3/\text{s}$ . On supposera nulles les vitesses de l'eau en 1 et en 3.

- 1- Calculer la vitesse d'écoulement de l'eau dans **les conduites forcées**.
- 2- Calculer le nombre de Reynolds pour l'écoulement de l'eau dans une conduite forcée ; l'écoulement est-il laminaire ou turbulent ?
- 3- Calculer les pertes de charge dans **une conduite forcée** entre les points 1 et 2.
- 4- Calculer, en utilisant Bernoulli, la puissance échangée (fonction de  $W_p$ ) entre l'eau et le milieu extérieur **dans l'ensemble des turbines** entre les points 2 et 3 en supposant qu'il n'y a pas de pertes de charge lors de cet échange.
- 5- La puissance utile fournie par les turbines est de 1200 MW. Calculer le rendement des turbines.

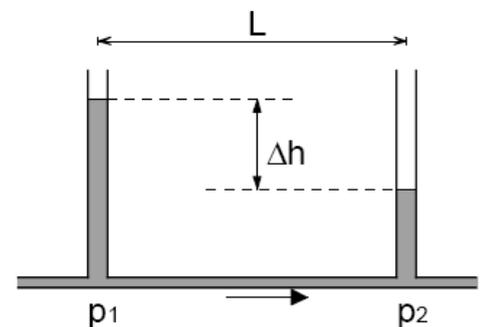
On donne :

- viscosité cinématique de l'eau :  $1,00 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- $p_1 = p_3 = 1100 \text{ mbar}$
- $p_2 = 73 \text{ bar}$
- $z_1 = 1695 \text{ m}$
- $z_2 = z_3 = 740 \text{ m}$



### 2- Viscosité (/7)

Pour mesurer la viscosité d'une huile, on utilise le dispositif schématisé ci-contre. On fait couler l'huile dans un tube horizontal de 7,0 mm de diamètre et comportant deux tubes manométriques verticaux situés à  $L = 600 \text{ mm}$  de l'un de l'autre. On règle le débit-volume de cet écoulement à  $4,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ . La dénivellation de l'huile entre ces deux tubes est alors  $\Delta h = 267 \text{ mm}$ . La masse volumique de l'huile est de  $910 \text{ kg/m}^3$ . On suppose que l'écoulement est de type laminaire.



- 1- Calculer la viscosité dynamique de l'huile.
- 2- Calculer le nombre de Reynolds de cet écoulement ; justifier l'hypothèse initiale.

### 3- Château d'eau (/19)

Une station d'alimentation d'un château d'eau utilise une pompe immergée de puissance  $P$  à déterminer.

Cette pompe refoule l'eau dans une conduite verticale de hauteur  $l = z_2 - z_1 = 40 \text{ m}$  et de diamètre  $d = 120 \text{ mm}$ .

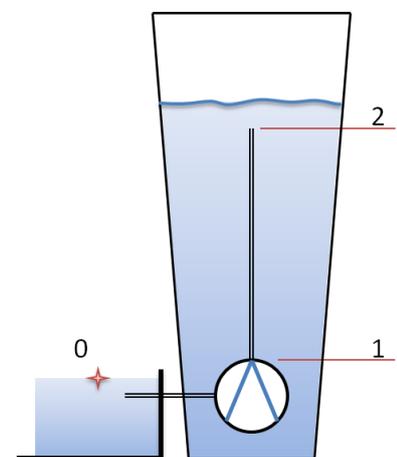
La vitesse d'écoulement dans la conduite est:  $v_1 = v_2 = 5 \text{ m/s}$ .

Les pressions d'eau (absolues) mesurées avec un manomètre en 0, 1, 2 sont:

- $P_0 = 101325 \text{ Pa}$  (pression atmosphérique),
- $P_1 = 5,4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,
- $P_2 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

On donne la viscosité cinématique de l'eau:  $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . On néglige les pertes de charge singulières.

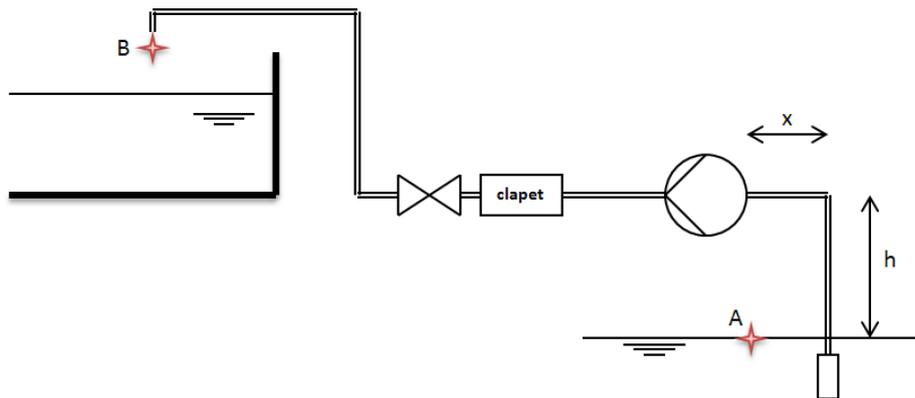
- 1- Par application du théorème de Bernoulli, calculer la perte de charge linéaire  $\Delta P_L$  entre les sections 1 et 2 de la conduite.



- 2- Calculer le nombre de Reynolds dans la conduite et en déduire la nature de l'écoulement.
- 3- Calculer le coefficient  $\lambda$  de pertes de charge linéaire dans la conduite.
- 4- Par application du théorème de Bernoulli, calculer l'énergie de la pompe  $W_p$ . On néglige les pertes de charge singulières dans la pompe.
- 5- Calculer le débit volumique et le débit massique de la pompe.
- 6- Le rendement de la pompe est donné par le constructeur:  $\eta = 0,85$ . Calculer la puissance absorbée  $P_a$ .

#### 4- Installation de pompage ( /20)

Le schéma suivant représente une installation de pompage permettant la constitution d'une réserve d'eau prélevée dans un bassin de traitement dont le niveau reste pratiquement constant :



Le diamètre intérieur de la conduite est  $D = 100$  mm et la rugosité  $\varepsilon$  est évaluée à 1 mm. Sa longueur totale est de 80 m. On donne  $z_A = 0$  m et  $z_B = 30$  m.

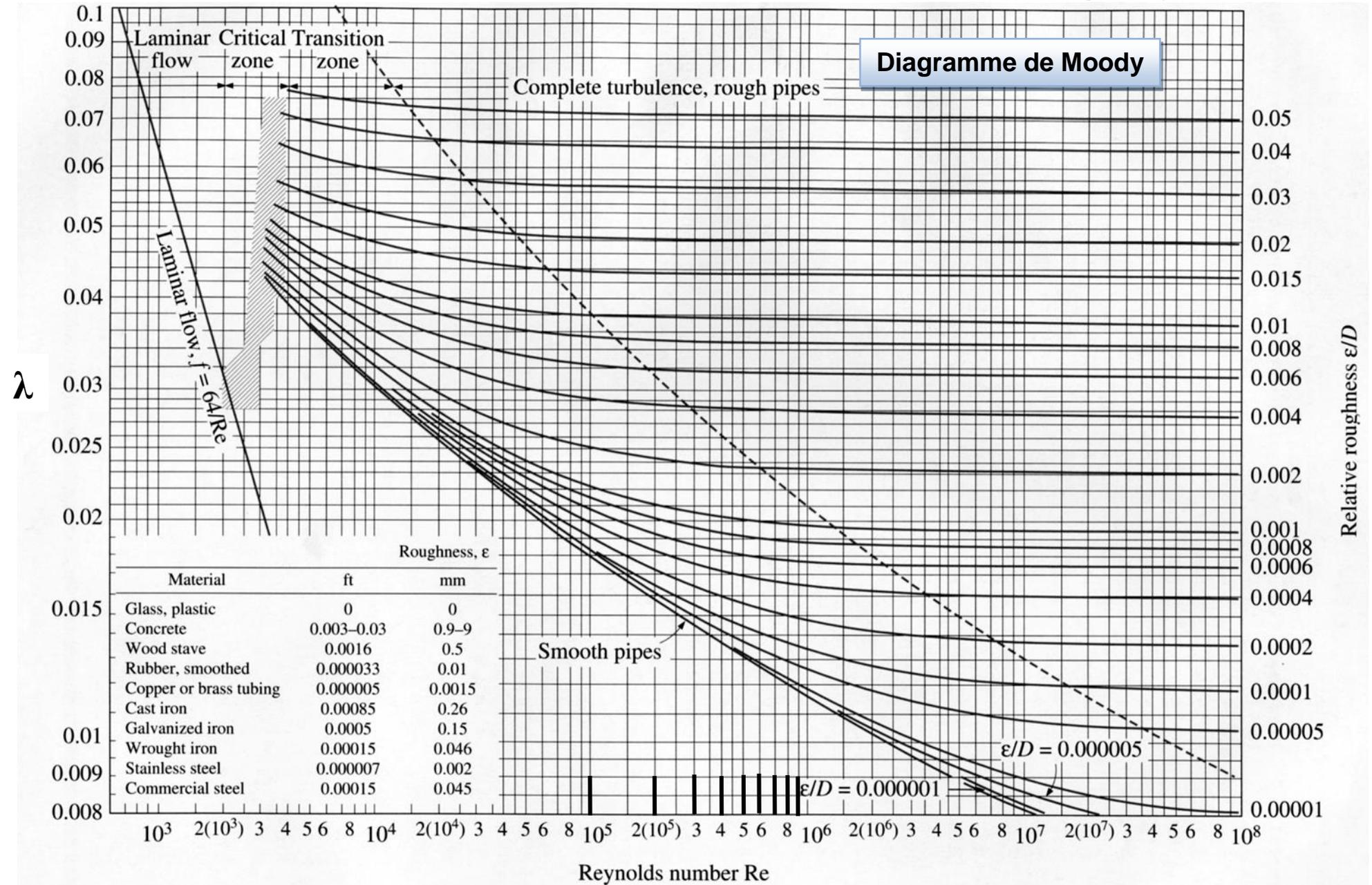
Le coefficient de perte de charge  $\lambda$  sera déterminé grâce au diagramme de Moody. On adoptera pour les coefficients de pertes de charges singulières  $\zeta$  : 4 pour la crépine, 2 pour le clapet de retenue, 0,25 pour la vanne, 0,6 pour chaque coude à  $90^\circ$ .

- $v_{\text{eau}} = 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

- 1- Calculer la vitesse d'éjection  $V_B$  à l'extrémité de la conduite sachant que l'installation est capable de débiter 57 m<sup>3</sup>/h.
- 2- Déterminer le nombre de Reynolds et le type d'écoulement.
- 3- Déterminer le coefficient  $\lambda$  grâce au diagramme de Moody et calculer les pertes de charge dans l'installation.
- 4- En déduire la puissance du moteur d'entraînement à prévoir pour la pompe si le rendement de celle-ci est de 0,6.
- 5- Pour éviter tout problème de cavitation, la pression à l'entrée de la pompe ne peut être inférieure à 30 kPa. A quelle hauteur maximale  $h$  au dessus du réservoir peut-on donc placer la pompe ?

Pour ce calcul la longueur  $x$  de conduite sera prise égale à 1 m.





1- Installation hydroélectrique

1- Calculer la vitesse d'écoulement de l'eau dans les conduites forcées.

12



$$q_v =$$

2- Calculer le nombre de Reynolds pour l'écoulement de l'eau dans une conduite forcée ; l'écoulement est-il laminaire ou turbulent ?

12

$$Re =$$

3- Calculer les pertes de charge dans une conduite forcée entre les points 1 et 2.

14

$$p_1 + \rho g z_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 - \Delta p_T = p_2 + \rho g z_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$\Delta p_T =$$

Avec :

$p_1 =$	$p_2 =$
$z_1 =$	$z_2 =$
$v_1 =$	$v_2 =$

4- Calculer, en utilisant Bernoulli, la puissance échangée (en fonction de  $W_p$ ) entre l'eau et le milieu extérieur dans l'ensemble des turbines entre les points 2 et 3 en supposant qu'il n'y a pas de pertes de charge lors de cet échange.

14

$$p_2 + \rho g z_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \pm W_P = p_3 + \rho g z_3 + \frac{1}{2} \rho v_3^2$$

Avec :

$p_3 =$	$p_2 =$
$z_3 =$	$z_2 =$
$v_3 =$	$v_2 =$

$W_p =$  négatif ou positif ?

$$P = W_P \times q_v$$



5- La puissance utile fournie par les turbines est de 1200 MW. Calculer le rendement des turbines.

12

$$\eta = \frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}$$

## 2- Viscosité

1- Calculer la viscosité dynamique de l'huile.

15

La viscosité dynamique est le résultat du produit d'une pression statique (entre les deux tubes) et du temps mis pour parcourir la distance entre les tubes :

$$\mu = \text{pression} \times \text{temps}$$

$$p =$$

$$v = \frac{\text{distance}}{\text{temps}} = \frac{d}{t} \Rightarrow t =$$

2- Calculer le nombre de Reynolds de cet écoulement ; **justifier l'hypothèse initiale.**

12

## 3- Château d'eau

1- Par application du théorème de Bernoulli, calculer la perte de charge linéaire  $\Delta P_L$  entre les sections 1 et 2 de la conduite.

14



$$p_1 + \rho g z_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 - \Delta p_L = p_2 + \rho g z_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$\Delta p_L =$$

Avec :	
p <sub>1</sub> =	p <sub>2</sub> =
z <sub>1</sub> =	z <sub>2</sub> =
v <sub>1</sub> =	v <sub>2</sub> =

2- Calculer le nombre de Reynolds dans la conduite et en déduire la nature de l'écoulement.

**/2**

3- Calculer le coefficient λ de pertes de charge linéaire dans la conduite.

**/3**

$$\Delta p_L = \frac{\lambda \cdot \rho \cdot v^2 \cdot L}{2 \cdot D} \rightarrow \lambda =$$

4- Par application du théorème de Bernoulli, calculer l'énergie de la pompe W<sub>p</sub>. On néglige les pertes de charge singulières dans la pompe.

**/4**

$$p_0 + \rho g z_0 + \frac{1}{2} \rho v_0^2 \pm W_P = p_1 + \rho g z_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2$$

$$W_P =$$

Avec :	
p <sub>0</sub> =	p <sub>1</sub> =
z <sub>0</sub> =	z <sub>1</sub> =
v <sub>0</sub> =	v <sub>1</sub> =
W <sub>p</sub> = négatif ou positif ?	

5- Calculer le débit volumique et le débit massique de la pompe.

**/3**

6- Le rendement de la pompe est donné par le constructeur: η = 0,85. Calculer la puissance absorbée Pa.

**/3**



**4- Installation de pompage**

1- Calculer la vitesse d'éjection  $V_B$  à l'extrémité de la conduite sachant que l'installation est capable de débiter  $57 \text{ m}^3/\text{h}$ .

**/2**

$$q_v =$$

2- Déterminer le nombre de Reynolds et le type d'écoulement.

**/2**

3- Déterminer le coefficient  $\lambda$  grâce au diagramme de Moody et calculer les pertes de charge dans l'installation.

**/2**

**/4**

$$\lambda =$$

$$\Delta p_T = \Delta p_L + \Delta p_S$$

4- En déduire la puissance du moteur d'entraînement à prévoir pour la pompe si le rendement de celle-ci est de 0,6.

**/4**

**/3**

$$p_A + \rho g z_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 - \Delta p_T + W_P = p_B + \rho g z_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$$

$$W_P =$$

Avec :

$p_A =$

$p_B =$

$z_A =$

$z_B =$

$v_A =$

$v_B =$

$$\eta =$$



- 5- Pour éviter tout problème de cavitation, la pression à l'entrée de la pompe ne peut être inférieure à 30 kPa. A quelle hauteur maximale  $h$  au dessus du réservoir peut-on donc placer la pompe ?

**/3 (ou 60/60 si tout juste...)**

On appellera  $\Delta p_T$  les pertes de charges totales entre le point A et le point d'aspiration. Les pertes de charges totales restent égaux aux pertes de charges linéaires et singulières **entre A et asp.**

Avec :

$p_A =$

$p_{asp} =$

$z_A =$

$z_{asp} =$

$v_A =$

$v_{asp} =$

