

SESSION AUTOMNE

MECANIQUE DES FLUIDES

DS – EVALUATION FINALE

Durée = 2h Bon courage et bonne chance !

Nom : _____ Prénom : _____

SESSION: _____ Signature : _____

La calculatrice est autorisée uniquement pour vos applications numériques. Téléphone Mobile Interdit.

Précisez le détail de vos calculs ainsi :

- Formule littérale avec les Unités du Système International,
- Écriture de l'Application Numérique à effectuer,
- Résultat de votre calcul avec l'Unité.

Aucun document sur votre table de DS.

Le sujet devra être restitué entièrement à la fin de l'épreuve.

Veillez lire la globalité du sujet avant de répondre aux questions.

Vos réponses seront exclusivement écrites sur les feuilles du sujet.

Il est rappelé que tous les échanges entre les étudiants sont interdits.

Tout manquement aux règles de l'examen fera l'objet d'une déclaration en conseil de discipline de l'Université.

PARTIE UNE : INSTALLATION de TURBINAGE 4 POINTS

PARTIE DEUX : MONTAGNE – STATION EPURATION 4 POINTS

PARTIE TROIS : POMPAGE – LAC 5 POINTS

PARTIE QUATRE : VENTILATION MECANIQUE CONTROLEE 7 POINTS

TOTAL EVALUATION : 20 POINTS

PARTIE UNE : INSTALLATION de TURBINAGE

4 POINTS

Une installation hydroélectrique est constituée d'une retenue amont, d'une conduite forcée de section de $0,5 \text{ m}^2$ et d'une turbine située 500 m plus bas que le niveau de la retenue.

Le débit dans la conduite forcée est de 500 L/s . Toutes les pertes de charge sont négligées.

1. Calcul des Vitesses

a. Calculer la vitesse de l'eau dans la conduite forcée.

b. Rappeler l'équation reliant les sections du réservoir, notée S_1 , et de la conduite forcée, notée S_2 , et les vitesses de l'eau dans la retenue, notée V_1 , et dans la conduite, notée V_2 (équation de continuité).

La section du réservoir étant très grande devant celle de la conduite, en déduire que la vitesse de l'eau dans le réservoir est négligeable.

Installation de pompage

L'installation de pompage schématisée ci-dessous refoule un débit $Q_v = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ d'eau depuis un lac à la cote Z_A , dont le niveau est constant, jusqu'à la cote $Z_B = 54 \text{ m}$, pour alimenter un réservoir.

On prendra :

$\rho(\text{eau}) = 1000 \text{ kg/m}^3$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ et $p(\text{atmosphérique}) = 10^5 \text{ Pa}$.

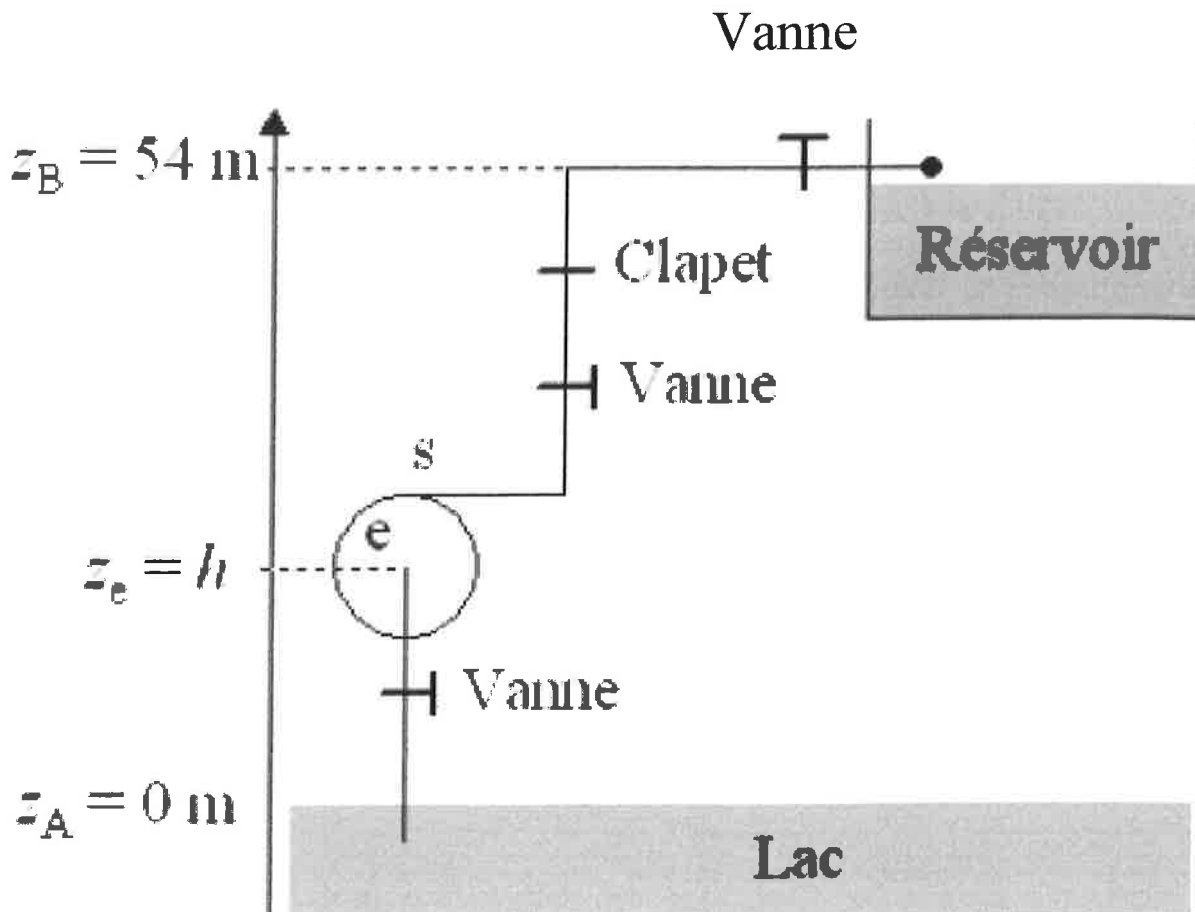
Les conduites en fonte à l'aspiration et au refoulement ont un diamètre $D = 0,3 \text{ m}$; la longueur totale des conduites est $L(\text{totale}) = 550 \text{ m}$.

Elles provoquent une Perte de Charge Linéique $j_L = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ de Colonne d'Eau par mètre de conduite droite.

La conduite comporte divers organes, mentionnés sur le schéma, avec leur coefficient K de Pertes de Charge Singulière provenant de la formule :

$$\Delta h_s = K_s \cdot (1/2 \cdot g) \cdot V^2$$

$$K_s(\text{Crépine}) = 8 ; K_s(\text{Vanne}) = 2 ; K_s(\text{Clapet}) = 3 ; K_s(\text{Coude à } 90^\circ) = 0,5.$$



1. Calculer la vitesse d'écoulement V dans la conduite en régime permanent.

2. Calculer les Pertes de Charge (PdC en m de Colonne d'Eau) Linéaire J_L puis les Pertes de Charge Singulière J_S dans la conduite.

En déduire les Pertes de Charge (PdC en m de Colonne d'Eau) Totale $J(Totale)$.

3. En appliquant le théorème de Bernoulli entre les points A et B, déterminer la puissance absorbée par le moteur électrique d'entraînement de la pompe, le rendement global du groupe motopompe étant de 70 %.

PARTIE QUATRE : VENTILATION MECANIQUE CONTROLEE 7 POINTS

Le PROJET porte sur le dimensionnement d'une installation de renouvellement d'air :

Son objectif est d'extraire l'air vicié de deux salles d'un restaurant pour le remplacer par un air sain.

Le nombre de renouvellements par heure préconisé est égal à 10 (le volume d'air de la pièce doit être renouvelé 10 fois par heure).

Pour limiter le bruit, la vitesse de l'air dans les canalisations ne devra pas dépasser 5 m/s.

Le schéma ci-dessous représente l'installation :

Les salles ont les dimensions suivantes :

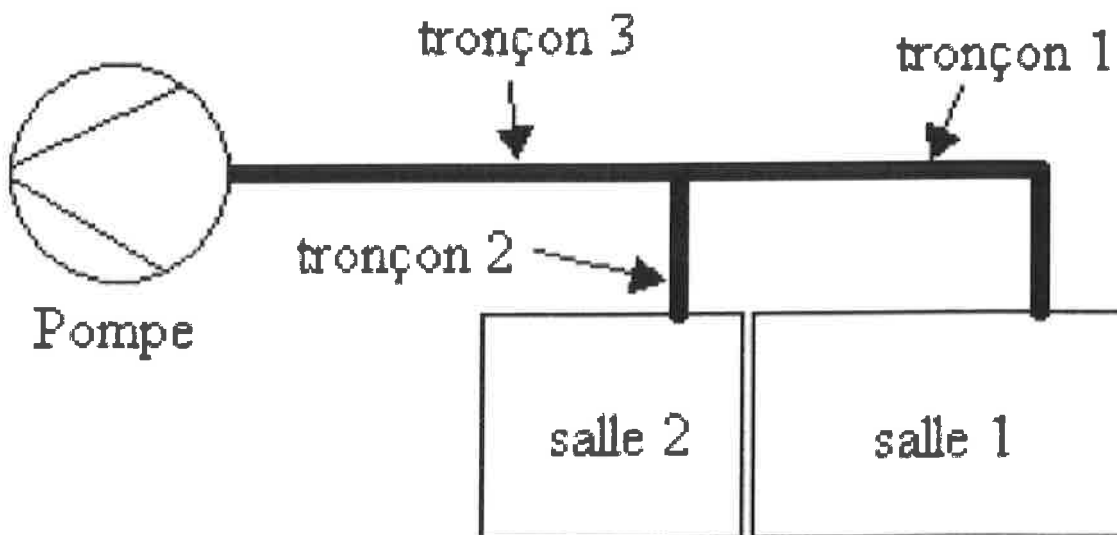
• salle 1 :

Hauteur sous plafond égale à 3,5 m ; longueur égale à 20 m et largeur égale à 8 m.

• salle 2 :

Hauteur sous plafond égale à 3,5 m ; longueur égale à 10 m et largeur égale à 6 m.

Les conduites de l'installation sont circulaires, le tronçon 3 a une longueur de 5 m, le tronçon 1 une longueur de 6 m et le tronçon 2 une longueur de 4 m.



La relation de Bernoulli pour un fluide se déplaçant d'une Position 1 vers une Position 2 en échangeant une Puissance P et avec des Pertes de Charge Δp s'écrit :

$$p_1 + (1/2) \cdot \rho \cdot V_1^2 + \rho \cdot g \cdot Z_1 - \Delta p + (P/Q_v) = p_2 + (1/2) \cdot \rho \cdot V_2^2 + \rho \cdot g \cdot Z_2$$

- g est l'accélération de la Pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$,
- ρ (fluide = eau) est la masse volumique de l'eau : $\rho(\text{eau}) = 1000 \text{ kg/m}^3$,
- Z_1 et Z_2 représentent les cotes des Positions 1 et 2,
- V_1 et V_2 sont les vitesses du fluide aux Positions 1 et 2,
- p_1 et p_2 sont les pressions du fluide aux Positions 1 et 2,
- Δp sont les Pertes de Charges en Pa,
- P est la puissance échangée par le fluide entre les Positions 1 et 2,
- Q_v est le débit volumique.

Pour effectuer les Applications Numériques, prendre les valeurs suivantes :

- $\rho(\text{air})$ est la masse volumique de l'air : $\rho(\text{air}) = 1,2 \text{ kg/m}^3$,
- $p(\text{atmosphérique})$ est la pression atmosphérique : $p(\text{atmosphérique}) = 10^5 \text{ Pa}$.

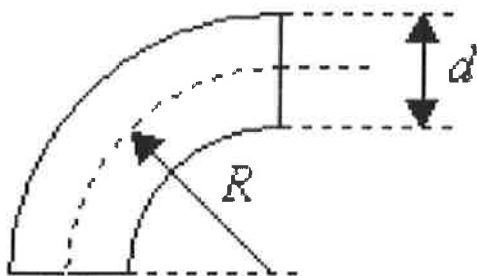
Les Pertes de Charge Linéaires sont obtenues à partir de l'Abaque de la dernière page.

Les Pertes de Charge Singulières sont obtenues par la relation :

$$\Delta p_s(\text{PdC en Pa}) = K \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot V^2$$

avec ρ la masse volumique du fluide et V sa vitesse.

- Pour les coudes de la canalisation, K est déterminé à partir du tableau suivant :



R est le rayon de courbure de la conduite.

R/d	0,5	0,75	1	1,5	2
K	1	0,45	0,30	0,20	0,20

- Le « Té » assurant la jonction entre les tronçons 1 et 2 avec le tronçon 3 présente un coefficient $K = 1,4$.
- Chaque bouche d'extraction présente un coefficient $K = 0,7$.

1. Calcul des sections de conduites de l'installation

a. Calculer le Volume de chaque salle et en déduire les débits Q_{v1} et Q_{v2} dans les canalisations des tronçons 1 et 2.

b. En déduire les sections $S1$ et $S2$ de ces canalisations pour que la vitesse maximale admissible ne soit pas dépassée.

c. Calculer le débit Q_{v3} dans la canalisation principale (tronçon 3) et en déduire sa section.

Les sections calculées précédemment n'étant pas disponibles, on prendra des canalisations de diamètres $D1 = 630$ mm (tronçon 1), $D2 = 400$ mm (tronçon 2) et $D3 = 800$ mm (tronçon 3).

d. Calculer la vitesse de l'air dans le tronçon 1 avec le diamètre de canalisation choisi.

Le cahier des charges est-il respecté en ce qui concerne la vitesse maximale dans cette conduite, en justifiant votre réponse ?

Pour la suite, la vitesse de l'air dans les conduites est prise égale à 5m/s.

2. Pertes de charge pour le tronçon 1

a. Utiliser l'abaque de la dernière page pour déterminer les Pertes de Charge Linéaires (en Pa), à partir des Pertes de Charges linéiques (en Pa/m) extraites de l'Abaque, dans la conduite du tronçon 1 et, écrivez ci-dessous votre démarche d'utilisation de l'Abaque.

b. Le tronçon 1 comprend deux coudes de rayons égaux à 100 cm et une bouche d'extraction. Calculer la somme des Pertes de Charges Singulières (en Pa) pour ce tronçon.

c. Déduire de ce qui précède les Pertes de Charge Totales (en Pa) Δp_1 pour le tronçon 1.

3. Pression au point E1

Le point E1 est le point du tronçon 1 juste avant la jonction avec le tronçon 2. On souhaite appliquer la relation de Bernoulli sur le tronçon 1 pour un filet d'air partant de la salle 1 (qui est à la pression atmosphérique) et allant à la pompe.

a. Justifier que la vitesse de l'air dans la salle est supposée nulle.

b. La conduite est horizontale, écrire comment est modifiée la relation de Bernoulli ?

c. Dédire des questions précédentes que $p_{E1} = -\Delta p_1 + p_{atm} - (1/2)\rho V_1^2$ avec p_{E1} la pression au point E_1 et p_{atm} la pression atmosphérique.

Calculer la différence entre la pression atmosphérique et p_{E1} .

4. Puissance de la pompe

La pression en sortie du « Té » de jonction des tronçons 1 et 2 avec le tronçon 3 est de 70 Pa en dessous de la pression atmosphérique, les pertes de charge dans le tronçon 3 sont égales à 15 Pa. Cette conduite est horizontale.

a. Quelle est la vitesse de l'air à travers la pompe ?

b. Déterminer la puissance de la pompe (l'air à sa sortie est à la pression atmosphérique).

ABAQUE pour la détermination des pertes de charge dans les conduites

