

Note : Dans l'examen, utilisez les propriétés suivantes de l'eau : $\rho = 999,7 \text{ kg/m}^3$, $\gamma = 9804 \text{ N/m}^3$, $\nu = 1,306 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ et $p_v = 1,23 \text{ kPa abs.}$

Question 1 (7 points)

Une station de pompage basse pression alimentant une usine de traitement de l'eau potable est à l'étude; les pompes qui l'équiperont doivent être sélectionnées et le puits humide dimensionné. Le système hydraulique est schématisé à la figure 1. Le débit moyen journalier est de 73 L/s. Les facteurs de débit maximal journalier et horaire sont respectivement 1,90 et 2,85.

La station de pompage reçoit l'eau de la rivière par une prise d'eau et une conduite d'adduction en béton armé ($C_{HW}=120$) dans laquelle l'écoulement est gravitaire. La conduite d'adduction a un diamètre de 50 cm et une longueur de 120 m. Les pertes de charge singulières dans la prise d'eau et dans la conduite d'adduction ont un coefficient total de 3 applicable à la vitesse moyenne dans la conduite. Les niveaux maximal et minimal de l'eau dans la rivière sont à l'altitude 217,0 m et 216,5 m.

Il est prévu équiper la station de pompage de 4 pompes identiques, excluant la pompe d'urgence, montées en parallèle. Chaque pompe sera installée dans un puits autonome. La conduite d'aspiration ($C_{HW}=130$) a un diamètre de 0,25 m et une longueur de 8 m. Les pertes de charge singulières ont un coefficient de 3,2 applicable à la vitesse moyenne dans la conduite d'aspiration.

De la station de pompage, l'eau est acheminée vers l'usine de traitement par une conduite de 300 m de longueur, de 35 cm de diamètre ($C_{HW}=130$). Le bassin d'entrée (identifié BE) à l'entrée de l'usine de traitement est à niveau constant, à l'altitude 225 m. Les pertes de charge singulières ont un coefficient de 4,5 applicable à la vitesse moyenne dans la conduite de refoulement.

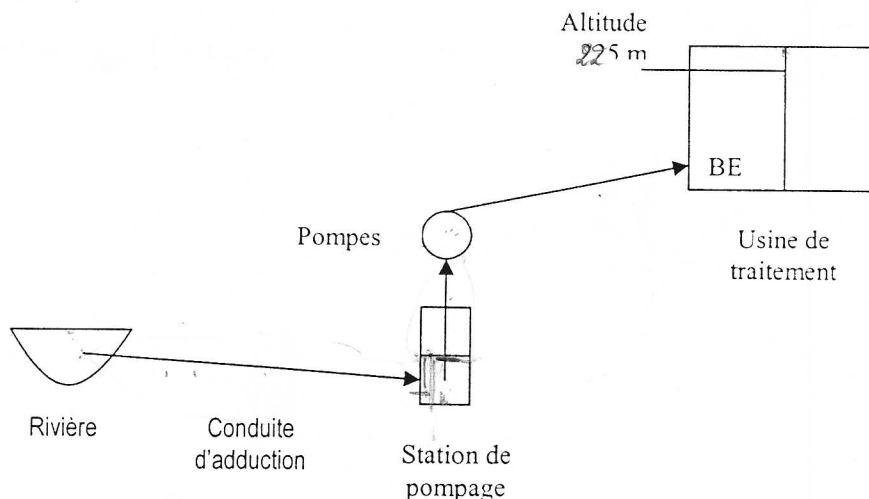


Figure 1 Schéma du système hydraulique (question 1)

Deux modèles de pompe sont envisagés pour cette station de pompage. Leurs courbes caractéristiques sont montrées aux figures 2 et 3.

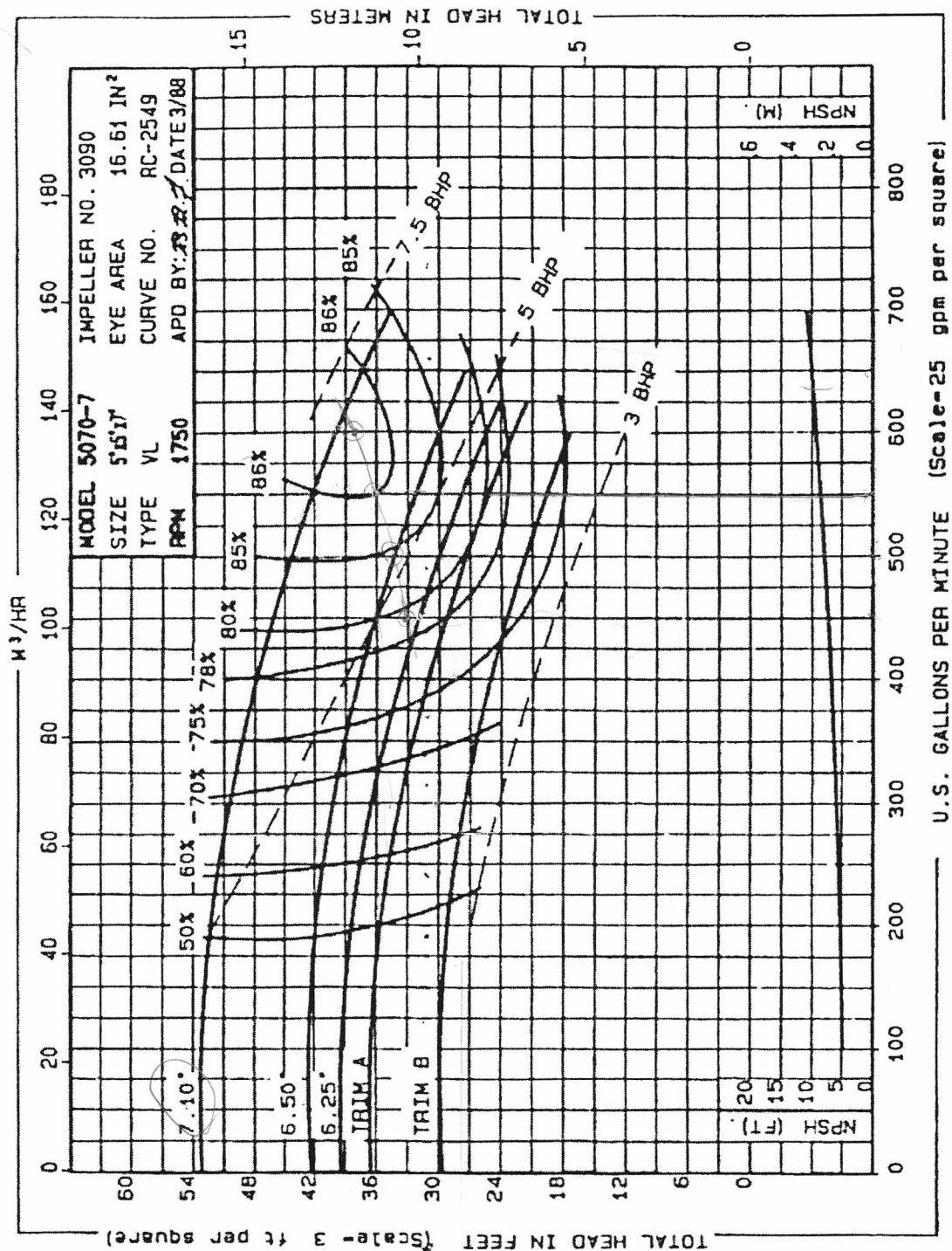


Figure 2 Courbe caractéristique de la pompe 5070-7 (question 1)

Question 1 (suite)

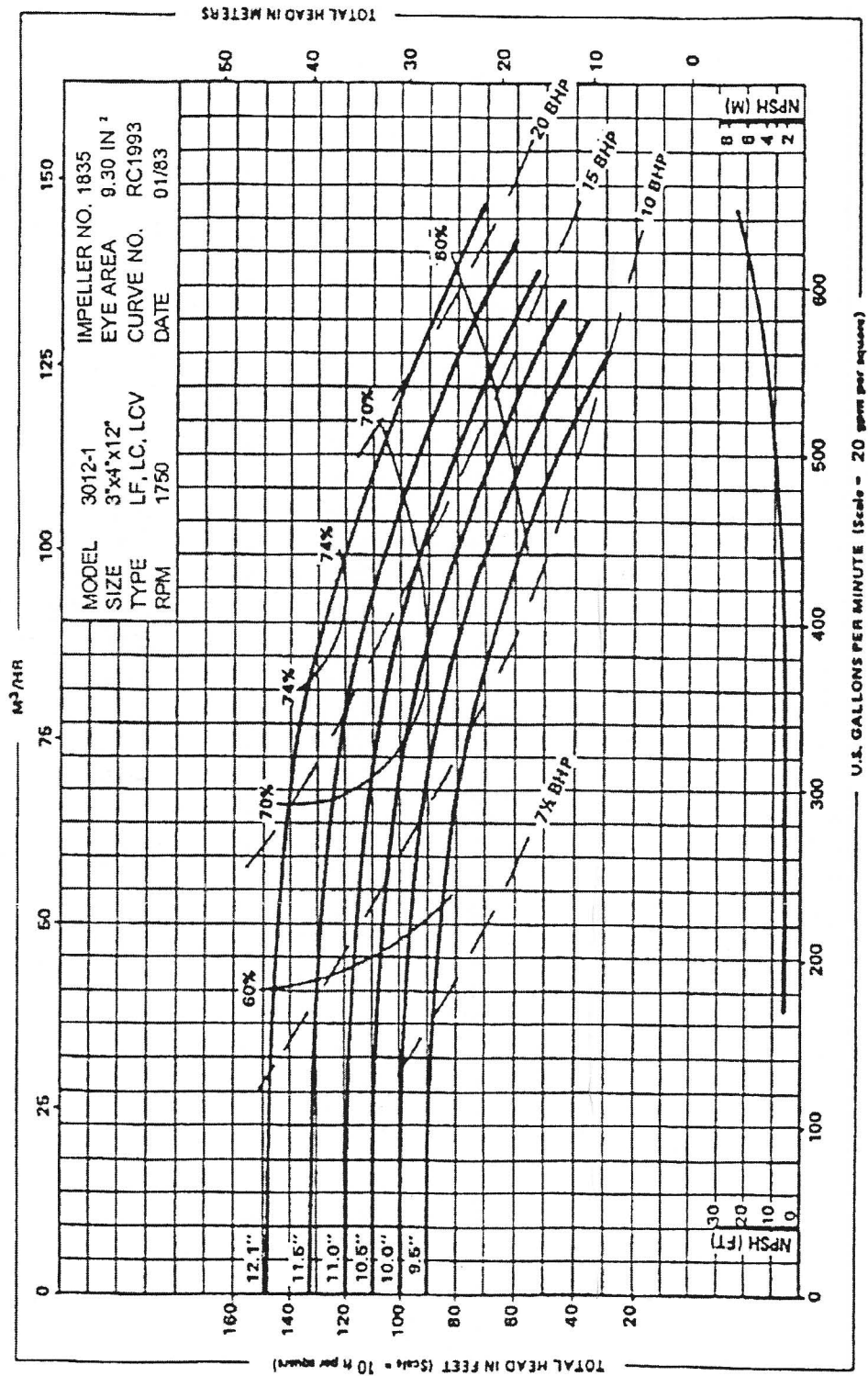


Figure 3 Courbe caractéristique de la pompe 3012-1 (question 1)

- 1-1. Choisissez le modèle et le diamètre de la roue des 4 pompes qui équiperont la station de pompage. Est-ce que ce nombre de pompes est suffisant ? (Expliquez clairement votre démarche et les raisons de votre choix) (3 points).
- 1-2. Déterminez le point d'opération des pompes choisies en 1-1 lorsque les 4 opèrent simultanément que leur nombre soit ou non suffisant (1 point).
- 1-3. Déterminez l'altitude du fond du puits humide (1,5 point).
- 1-4. Déterminez l'altitude la plus élevée à laquelle installer les pompes, pour les pompes choisies en 1-1 et le point d'opération défini en 1-2. La pression atmosphérique est 101,3 kPa (1,5 point).

Question 2 (4 points)

Un débit d'eau de 150 L/s s'écoule dans une conduite d'acier ($E=207 \cdot 10^6$ kPa) de 650 m de longueur, de 0,8 m de diamètre et de 10 mm d'épaisseur. Cette conduite se déverse à pression atmosphérique et son débit est contrôlé par une vanne, tel qu'illustré à la figure 4.

Déterminez le temps le plus court de fermeture complète de la vanne pour limiter la surpression maximale dans la conduite à 50 m d'eau. ($E_v=2,07 \cdot 10^6$ kPa; $\gamma=9804$ N/m³ et $\rho=999,7$ kg/m³)

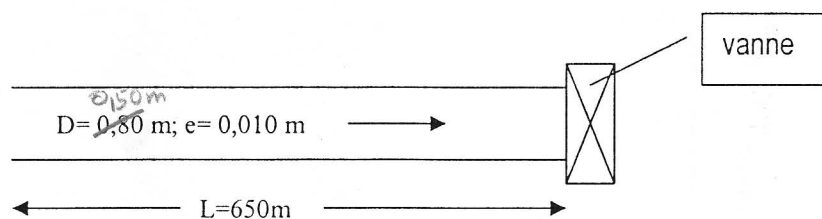


Figure 4 Schéma du système hydraulique (question 2)

Question 3 (4 points)

Le dimensionnement des conduites du réseau pluvial schématisé à la figure 5 et dont le tableau 1 donne les caractéristiques des sous-bassins et le tableau 2 celles des conduites doit être complété. Ces conduites sont en béton armé ($n=0,013$). La période de récurrence adoptée pour ce réseau est de 5 ans et la courbe IDF pour cette fréquence est donnée par l'équation 1.

$$I(\text{mm} / \text{h}) = \frac{2184,4}{t(\text{minute}) + 12} \quad [1]$$

Déterminez le diamètre des conduites C2 et C3 et ensuite, pour les trois conduites, le niveau des radiers intérieurs aux nœuds amont et aval. Dimensionnez les conduites du réseau pluvial pour une couverture minimale de 2,0 m. Cherchez à minimiser les volumes d'excavation. Suivez les

règles de bonne pratique énoncées en classe et suivies dans le projet de collecte des eaux usées.
Négligez l'épaisseur des conduites dans le calcul des radiers.

Tableau 1
Caractéristiques des sous-bassins

Sous-bassin	Aire (ha)	R	t_e (minutes)	Q_{\max} (m ³ /s)
A	1,4 ✓	0,90	5	0,445
B	2,0 ✓	0,35	10	0,191
C	1,8 ✓	0,55	10	À calculer

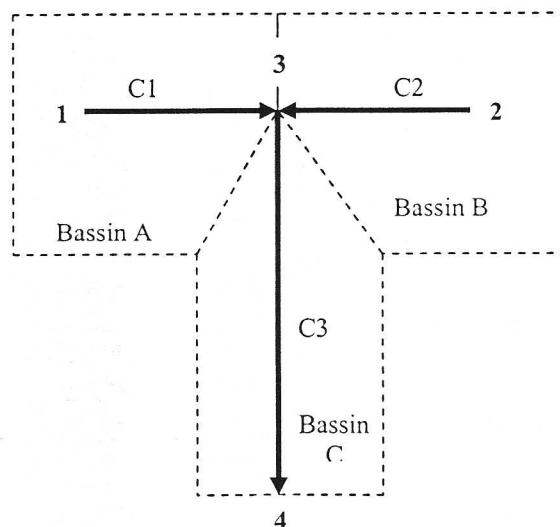


Figure 5 : Schéma du territoire à équiper d'un réseau d'égout pluvial (question 3)

Tableau 2
Caractéristiques des conduites

Conduite	Nœud amont	Nœud aval	Longueur (m)	Niveau du sol aménagé (m)		Diamètre commercial réel (mm)
				Nœud amont	Nœud aval	
C1	1	3	60	110,0	109,5	0,535
C2	2	3	150	109,5	109,5	À calculer
C3	3	4	180	109,5	107,5	À calculer

Question 4 (3 points)

Déterminez le diamètre d'une conduite en fonte (rugosité relative de 0,25 mm) qui doit transporter un débit d'eau de $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ sur une distance de 250 m sous la contrainte de limiter la perte de charge totale à 2,7 m. Les pertes singulières ont un coefficient global de 4,8 applicable à la vitesse moyenne dans la conduite.

Question 5 (2 points)

Vous devez répondre à la question 5a ou à la question 5b. Ne répondez qu'à une seule question.

Question 5a

La population d'un bassin à desservir par un réseau sanitaire projeté est de 150 personnes. Si le débit sanitaire unitaire est de 320 L/p-d et le bassin une superficie de 2,25 ha, calculez le débit pour lequel la conduite sanitaire sera dimensionnée et le débit minimal qu'elle devrait transporter (2 points).

Question 5b

Identifiez les principales composantes hydrauliques d'un aménagement hydroélectrique basse ou moyenne chute et expliquez l'utilité de chacune. Expliquez brièvement comment dimensionner au niveau de résolution d'un avant-projet les turbines (2 points)

Total des points : /20 points

Bon examen !!
Bon congé scolaire!
Bonne année 2008

Soyez prudents dans vos déplacements !!

Meilleurs vœux d'une carrière intéressante et féconde celles et ceux qui terminent leurs études.

Le professeur Guy Leclerc

Informations diverses et aide-mémoire

Quelques facteurs de conversion

- 1 USgal/minute $\times 0,06309 = 1$ L/s
- 1,0 L/s $\times 15,865 = 1,0$ USgal/minute
- 1,0 m = 3,2808 pi.
- 1,0 kW = 1,341 HP

Équation d'énergie 1-D, fluide réel incompressible, écoulement transitoire

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_s + \frac{L}{g} \frac{dV}{dt}$$

Alimentation en eau et station de pompage

Équation de Hazen-Williams (unités m, m³/s)

$$h_f = 10,679 \frac{L}{d^{4,871}} \frac{Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852}}$$

Critère de vitesse dans les conduites d'adduction

Critère	Vitesse minimale (m/s)	Vitesse maximale (m/s)
objectif	0,9	1,22
limite	0,6	1,85

$$NPSH = H_g - H_v - H_{as} - J_a = \frac{P_0 - p_v}{\gamma} - z_a - J_a$$

Équation de la puissance (unités m, m³/s)

$$P = \frac{\gamma Q H}{1000}$$

Critères de vitesse recommandés

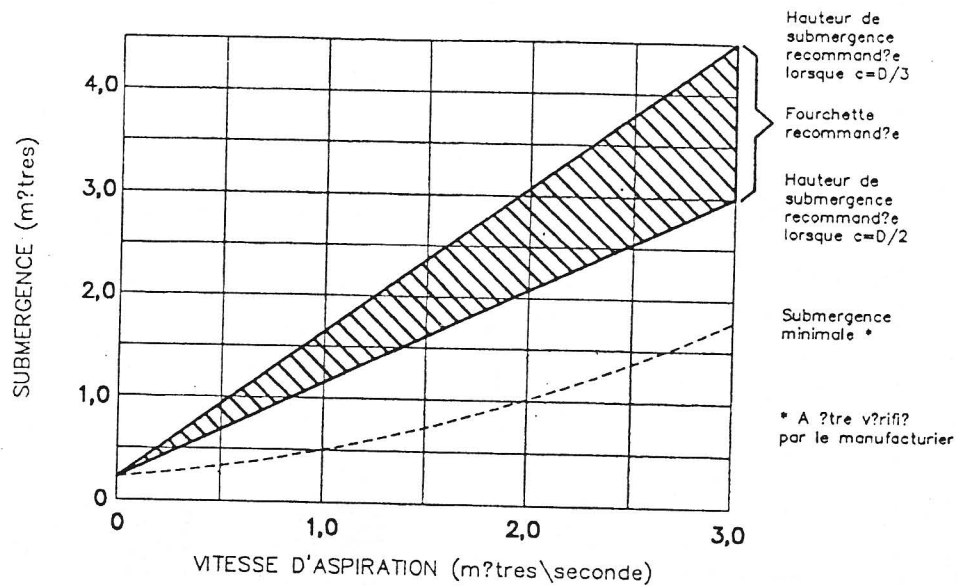
- Aspiration : 1,2 à 1,8 m/s
- Refoulement 1,8 à 2,4 m/s

Collecte des eaux usées

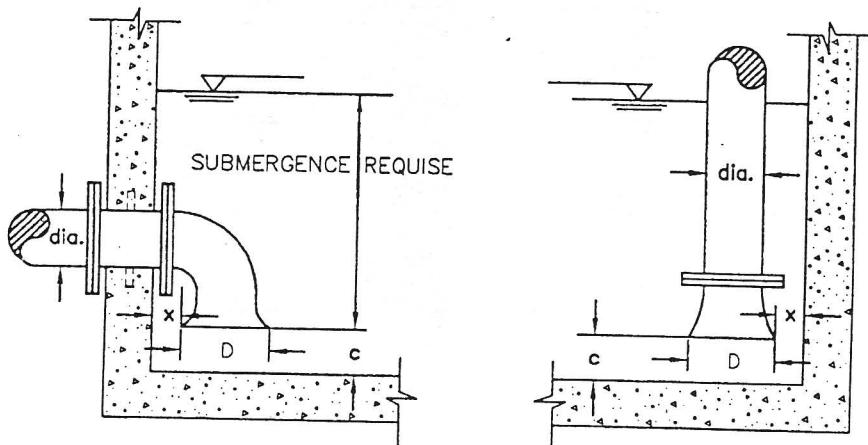
Estimation du diamètre minimal d'une conduite coulant pleine

$$D_{\min} = \left[\frac{3,2084 Q n}{\sqrt{S}} \right]^{\frac{3}{8}}$$

Recommandations pour submergence

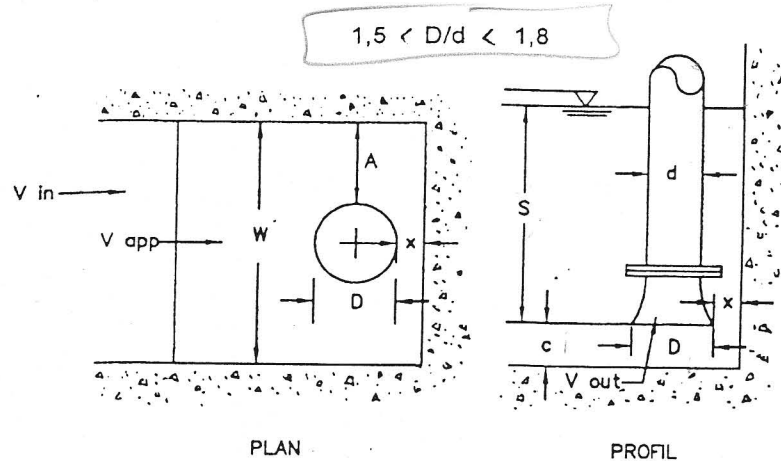


$D=1,5 \text{ } \odot \text{ } 1,8 \times \text{dia.}$
 $x=D/4 \text{ } \odot \text{ } D/2$
 $c=D/2$



Critères de dimensionnement

1) Pour un puits autonome



Standards et recommandations existantes

Reference	V _m (m/s)	V _{app} (m/s)	V _{out} (m/s)	C	X	S	A	W	L
HISPC	≤ 0,6	≤ 0,3	≤ 2,6	0,40	0,35D	3D à 2D	-	2D	3D
AIRH	≤ 0,6	≤ 0,3	0,75 à 2,0	0,40 à 0,6D	D/4	3,5D à 0,5D	-	2D	4D
BHRA	≤ 0,6	≤ 0,3	1,3	D/2	D/4 à D/2	1,5D	-	2D à 3D	4D ⁽¹⁾
RHSPD	≤ 0,6	0,3	1,3	D/2	D/4 à D/2	1,5D	-	2D à 3D	4D ⁽¹⁾
STEPANOFF A.J.	-	-	-	D/2	D/2	1,5 m	D/2	-	
FRASER W.N./ARISON N.J.	-	-	-	D/2 à 3D 4	D	1,5D à 2D	3/4D	2,5D	
IVERSEN H.W.	-	-	-	D/2	D/4 à d/2	2D	1/4 D	-	

Légende

HISPC: Hydraulic Institute Standards for Centrifugal pumps
 AIRH: Association Internationale de Recherches Hydrauliques
 BHRA: British Hydraulic Research Association
 RHSPD: Review of the Hydraulic of Pump Sump Design

⁽¹⁾: varie s'il y a des obstructions

Onde de surpression, coup de bélier et cheminée d'équilibre

Vitesse de l'onde, c_p

- Conduite rigide $c = c_p = \sqrt{\frac{E_v}{\rho}}$ E_v : module d'élasticité du liquide

- Conduite élastique

$$c = c_j = \sqrt{\frac{E_c}{\rho}} = \frac{c}{\sqrt{1 + \frac{DE_v}{eE}}} = \sqrt{\frac{g}{\gamma \left(\frac{1}{E_v} + \frac{D}{eE} \right)}}$$

Suppression (fermeture instantanée, partielle ou totale)

$$\Delta p = -\rho c_p \Delta V = -\rho \Delta V \sqrt{\frac{E_c}{\rho}} = -\Delta V \sqrt{\frac{\gamma}{g} \left[\frac{1}{\frac{1}{E_v} + \frac{D}{eE}} \right]}$$

Durée du trajet aller-retour de l'onde

$$T_r = \frac{2L}{c_p}$$

h_s^{\max} : surpression maximale suite à une fermeture complète

$$h_s^{\max} = \frac{v_0}{\sqrt{\gamma \left(\frac{1}{E_v} + \frac{D}{eE} \right)}} = \frac{c_p v_0}{g} \quad \text{Formule d'Alievi}$$

Fermeture complète rapide ($0 \leq t_c \leq T_r$)

$$x_0 = \frac{c_p t_c}{2} \quad \text{où } x_0 \text{ est la longueur depuis l'entrée de la conduite qui n'est pas soumise à la surpression maximale.}$$

Fermeture complète lente ($t_c \geq T_r$)

$$h_s' = \frac{2Lv_0}{gt_c}$$

Cheminée d'équilibre de section constante

$$z = z_* \sin \frac{2\pi t}{T_*}$$

$$Z_* = v_0 \sqrt{\frac{LA_{\text{conduite}}}{gA_{\text{cheminée}}}}$$

$$T_* = 2\pi \sqrt{\frac{LA_{\text{cheminée}}}{gA_{\text{conduite}}}}$$

$$h_{\text{transmis}} = h_s \frac{A_{\text{conduite}}}{A_{\text{conduite}} + A_{\text{cheminée}}}$$

CIV 3330-20073.

p.1/2

Solutionnaire - Examen final

Question 1.

$$Q_{d \text{ moy}} = 73 \text{ L/s} \quad F_{d \text{ max}} = 1.90; F_{h \text{ max}} = 2.85$$

Station de pompage basse pression. $\Rightarrow Q_{d \text{ max}}$

$$Q_{d \text{ max}} = 73 \text{ L/s} \times 1.90 = 138.7 \text{ L/s}$$

1.1. Il faut vérifier si le nb. de pompes, 4, est suffisant. Deux modèles sont disponibles et chaque modèle accepte quelques diamètres.

- Hauteur statique = $225 - 216.5 = 8.5 \text{ m}$.
(216.5 m est l'altitude minimale du niveau de l'eau dans la rivière).

- Calcul des pertes de charge.

a) Conduite d'adduction. $C_{hw} = 120$

$$d_{add} = 0.50 \text{ m}; L = 120 \text{ m}.$$

$$K_{add} = 3$$

$$h_{f_{add}} = \frac{10.674 \times 120}{0.5^{4.874}} \times \left(\frac{Q}{120} \right)^{1.852}$$

$$= 5.8891 Q^{1.852}$$

$$h_{A_{add}} = \frac{3.0 \times \left(\frac{4Q}{\pi d_{add}^2} \right)^2}{2g} = 3.9661 Q^2$$

Question 1 (suite)

p. 2/12

b) Conduite d'aspiration.
 $d_{asp} = 0.25 \text{ m}$; $L_{asp} = 8 \text{ m}$; $k_{asp} = 3.2$

$$C_{H2O, add} = 130 \text{ ; } Q_{asp} = Q/4$$

$$h_{asp} = \frac{10.679 \times 8}{0.25} \times \left(\frac{4 \times 130}{Q} \right) = 0.6827 Q^{1.852}$$

$$h_{asp} = \frac{3.2}{29} \left(\frac{4Q}{4\pi d_{asp}^2} \right)^2 = 4.2305 Q^2$$

c) Conduite de refoulement
 $d_{ref} = 0.35 \text{ m}$; $L_{ref} = 300 \text{ m}$

$$C_{H2O} = 130 \text{ ; } k_{ref} = 4.5$$

$Q = Q_{total}$ car il n'y a qu'une seule conduite de refoulement.

$$h_{ref} = \frac{10.679 \times 300}{0.35} \left(\frac{Q}{4} \right)^{1.852} = 64.7848 Q^{1.852}$$

$$h_{0, ref} = \frac{4.5}{29} \left(\frac{4Q}{4\pi d_{ref}^2} \right)^2 = 24.7777 Q^2$$

p. 3/12

Les pertes de charge dans le système sont

$$\sum hf = 70.7566 Q^{1.852}$$

$$\sum h_s = 32.9743 Q^2$$

Au débit de design, $Q = Q_{dmax} = 0.1387 m^3/s$.

$$H_M = H_{statique} + 70.7566 Q^{1.852} + 32.9743 Q^2$$

$$= 8.5 + 1.8234 + 0.6343$$

$$= 10.9578 m \quad (35.95 \text{ pieds}).$$

Le modèle 3012-1 (p. 3 du questionnaire) ne répond pas à l'exigence de H_M et de $Q_{dmax}/4$.
(35.95 pi et 550 USgpm).

Le modèle 5070-7 offre deux possibilités

- diamètre de la roue de 6.5 po $\rightarrow Q = 450 \text{ USgpm}$.
ce qui est insuffisant.

- diamètre de 7.10 po. $\rightarrow Q = 675 \text{ USgpm}$.
débit suffisant.

Par contre cette pompe opérerait dans une des extrémités de sa courbe caractéristique. Efficacité intéressante mais peu d'espace de manoeuvre.

Je préférerais ajouter une 5^e pompe de diamètre 6.5 po.

La réponse peut prendre l'une des deux voies.

Problème 1. -
 1.2. Point d'opération pour les 4 pompes opérant en parallèle.
 P. 4/12

$$H_T = 8.5 + 70.756 Q^{1.852} + 32.9743 Q^2$$

ici Q est le débit total pompe par les 4 pompes.

Q total		H _T	
USGPM	m ³ /s.	m	loi
300 · 4 = 1200	0.0757	9.78	30.45
450 · 4 = 1800	0.1136	10.18	33.41
600 · 4 = 2400	0.1514	11.40	37.40

Sur la route de 6.5 po de roue, on obtient un débit par pompe de 500 USGPM et e = 85.2. Sur celle de 7.10 po, on trouve Q pompe = 625 USGPM et une efficacité supérieure à 80%.

Remarque: Les deux diamètres, sont possibles comme choix. Celui de 6.5 po demande l'ajout d'une 5^e pompe tout à fait.

Je poursuis. Avec la pompe de 6.5 po de diamètre de roue.

1.3 Altitude du fond du puits humide.
 Q_p = 500 USGPM ; Q_{total} = 2000 USGPM

$$h_L = h_f + h_a \text{ dans la conduite d'adduction}$$

$$h_L \text{ pour Q total} = 0.1262 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$h_L \text{ (adduction)} = 0.1775 \text{ m}.$$

$$\text{vitesse d'aspiration} = \frac{0.0315 \cdot 4}{\pi \cdot 0.25^2} = 0.642 \text{ m/s}.$$

1.3 (suite)

de la figure de la page 10, $0.9 \leq S \leq 1.1 \text{ m}$.
 prenons $S = 1.0 \text{ m}$.

L'altitude du fond du puits est z_{fond} .
 $z_{\text{fond}} = 216.5 - 0.1775 - 1.0 - r$.

La hauteur r offre plusieurs choix. Prenons

$$\frac{D}{d} = 1.5 \Rightarrow D = 0.375 \text{ m.}$$

et r selon HISPC par exemple,
 $r = 0.4 \cdot D = 0.15 \text{ m.}$

$$z_{\text{fond}} = 215.17 \text{ m. (Pour 4 pompes).}$$

C'est l'altitude maximale que pourrait avoir le fond du puits humide.

Noter que tout autre débit a été pris en compte dans la correction.

1.4 hauteur maximale où placer la pompe
 NPSH requis à $Q_p = 500 \text{ USGPH} = 8.0 \text{ pi}^3$

$$\text{NPSH}_d = \frac{(101.3 - 1.23) \cdot 10^3}{9804} - H_{\text{as}} - J_w$$

$$J_w = 0.0821 \text{ m.}$$

$H_{\text{as}} = 7.684 \text{ m}$ au-dessus de la surface de l'eau dans le puits humide

p. 6/12

Question 2.

$$Q = 0.150 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E_v = 2.07 \times 10^6 \text{ kPa}$$

$$E_{\text{air}} = 207 \times 10^6 \text{ kPa}$$

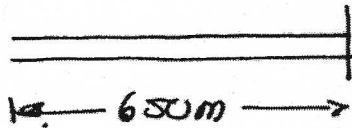
$$L = 650 \text{ m}$$

$$D = 0.50 \text{ m}$$

$$e = 0.01 \text{ m}$$

$$\rho = 9800 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = 997.7 \text{ kg/m}^3$$



Il faut limiter la surpression maximale à 50m d'eau.

1. Quelle est la surpression en fermeture instantanée ?

$$c_p = \sqrt{\frac{g}{\rho \left(\frac{1}{E_v} + \frac{D}{E_d} \right)}} = 1174.85 \text{ m/s}$$

$$h_{0 \text{ max}} = \frac{c_p v_0}{g} = \frac{1174.85 \text{ m/s} \times 0.150 \times 4}{\pi \times 0.5^2 \times 9.81} = 91.53 \text{ m}$$

Il faut donc une fermeture lente.

$$h'_0 = \frac{2 L v_0}{g t_c} \quad t_c = \frac{2 L v_0}{g h'_0}$$

$$t_c = \frac{2 \times 650 \times 0.7639}{9.806 \times 50} = 2.0255 \text{ s}$$

$$\text{durée aller retour} = \frac{2 L}{c_p} = 1.10 \text{ sec ok}$$

Fermeture lente

3. Conduite de béton armé. ($n = 0.013$)

Conduite C1 : Il faut déterminer la pente de la conduite. Essayons avec la pente du terrain naturel. $S = 0.0083$.

$$V_p = \frac{1}{n} \left(\frac{D}{4} \right)^{2/3} \sqrt{S}$$

S	V_p (m/s)	Q_p (m ³ /s)
0.0083	1.833	0.4128
0.0100	2.0118	0.4438
0.0110	2.1100	0.4743. ok

$$t_f = 0.4739 \text{ min.}$$

Radius amont = $110 - 2 - 0.535 = 107.465 \text{ m.}$
 aval. = $107.465 - 60 \cdot 0.011 = 106.805 \text{ m.}$
 la couverture à la section "aval" = 2.160 m.

Conduite C2.

$$Q_{\max} = 275 \cdot 10^{-3} \cdot 2.0 \cdot 0.35 \cdot \frac{2184.4}{22} = 10.412$$

$$= 0.1911 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Pente du terrain naturel: 0.000.

Essayons avec $S = 0.005$ (min d'une conduite amont) pour minimiser l'excavation.

$$D_{\min} = \left(\frac{3.2084 Q n}{\sqrt{S}} \right)^{3/8} = 0.4410 \text{ m}$$

$$D_{\text{com}} = 0.450 \text{ m}$$

$$\Rightarrow D_{\text{real}} = 0.455$$

$$V_p = 1.2770 \text{ m/s}$$

$$Q_p = 0.2076 \text{ m}^3/\text{s. ok}$$

$$t_f = 1.9578 \text{ min}$$

$$T_2 = 11.9578 \text{ min.}$$

3. (suite).

Conduite C2 (suite)

$$\begin{aligned} \text{radier amont} &= 109.5 - 2 - 0.455 = 107.045 \text{ m.} \\ \text{aval} &= 107.045 - 0.005 \cdot 150 = 106.295 \text{ m} \\ \text{couverture \& l'aval} &= 2.75 \text{ m} > 2.0 \text{ m} \end{aligned}$$

Conduite C3. $L = 180 \text{ m.}$ $S_{\text{terrain naturel}} = 0.0111$

$$T_c = \max(5.4739; 11.9578; 10) = 11.9578 \text{ min}$$

$$Q_{\text{max}, C3} = 2.75 \cdot 10^{-3} (1.4 \cdot 0.9 + 2.0 \cdot 0.35 + 1.8 \cdot 0.55) \cdot \frac{21844}{23.9578} = 0.7397 \text{ m}^3/\text{s}$$

$D_{\text{min}} = ?$ Travaillons avec $S = 0.0111$
pour débiter.

$$D_{\text{m}} = \left(\frac{3.2094 \cdot Q \cdot n}{V \cdot 0.0111} \right)^{3/8} = 0.6309 \text{ m}$$

$$D_{\text{com}} = 0.675 \text{ m} \Rightarrow D_{\text{réel}} = 0.685 \text{ m.}$$

Radier amont. = ?

$$\text{couronne de C1} = 106.805 + 0.535 = 107.340 \text{ m}$$

$$\text{couronne de C2} = 106.295 + 0.455 = 106.750 \text{ m.}$$

Règle couronne à couronne

$$\text{couronne amont de C3} = 106.750 \text{ m.}$$

$$\text{radier amont de C3} = 106.065 \text{ m.}$$

Couronne aval de C3 = 104.7520
 radier aval de C3 = 104.0670.
 Couverture = 2.748 m.

Pour minimiser les excavations on pourrait réduire la pente de la conduite. On referait alors le calcul car la grosseur de la conduite pourrait changer. Avec une pente de 0.0075, on conserverait le même diamètre de C3 et on réduirait la couverture, donc l'excavation.

Problème 4.

Diamètre ?

$$k_s = 0.25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$Q = 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 250 \text{ m}$$

$$h_L \leq 2.7 \text{ m} \quad K = 4.8$$

$$f \frac{L}{D} \left(\frac{Q \cdot 4}{\pi D^2} \right)^2 \frac{1}{2g} + K \left(\frac{Q \cdot 4}{\pi D^2} \right)^2 \frac{1}{2g} \leq 2.7 \text{ m.}$$

$$\frac{20.6567}{D^5} f + \frac{0.3966}{D^4} = 2.7 \quad [1]$$

Il faut trouver f qui satisfasse Moody.

1^{ère} itération $f_1 = 0.025$

$$[1] \text{ devient } \frac{0.5164}{D^5} + \frac{0.3966}{D^4} = 2.7$$

à résoudre pour D itérativement

prolia

Solutionnaire
Examen du 7 dec 2007

Probleme 4 (suite)

D (m)	T gauche
0.8	2.54
0.75	3.42
0.79	2.696
	2.7

$$V = \frac{10.4}{11 \cdot 0.79^2} = 2.04 \text{ m/s}$$

$$Re = 2.04 \cdot 0.79 \cdot \frac{1.306 \cdot 10^{-6}}{1.83 \cdot 10^{-6}} = 1.83 \cdot 10^6$$

$$K_{LD} = 3.2 \cdot 10^{-4} \quad f = 0.016$$

2e iteration $f = 0.016$

$$\frac{D_5}{D_4} = \frac{0.3305 + 0.3966}{0.3966} = 2.7$$

D (m)	T gauche
0.75	2.646
0.74	2.812
0.745	2.728
0.746	2.711
0.747	2.694

$$V = 2.2044 \text{ m/s}$$

$$Re = 1.26 \cdot 10^6$$

$$f = 0.016$$

Le diametre theorique est 0.747 m.

Question 5.

p. 11/12

a). 150 p. $\frac{320 \text{ L}}{\text{p.d.}}$ $A = 2.25 \text{ ha}$

$$Q_{\max} = \frac{150 \times 320}{24 \times 3600} F_{\max} + Q_{\text{inf}} + \text{Captage}$$

Prelevons le captage et l'infiltration par personne par jour. $Q_{\text{inf}} = 60 \text{ L/p.d.}$ et $Q_{\text{capt}} = 50 \text{ L/p.d.}$

$$Q = \frac{150 \times 320}{1000 \times 24 \times 3600} = 5.55 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} < 0.004 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

d'où $F_{\max} = 4$ et $F_{\min} = 0.25$

$$Q_{\max} = 5.55 \times 10^{-4} \times 4 + \frac{110 \times 150}{24 \times 3600 \times 1000} \\ = 0.0024 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_{\min} = Q \cdot F_{\min} + Q_{\text{inf}} \\ = 5.55 \times 10^{-4} \times 0.25 + \frac{60 \times 150}{1000 \times 24 \times 3600} \\ = 0.00024 \text{ L/s.}$$

b). prise d'eau, conduite d'amenée, conduite forcée, vâche centrale, turbines, aspirateur, conduite (galerie) de restitution, On peut avoir aussi une chambre d'équilibre amont ou aval.

p. 12/12

- prise d'eau ^{réservoir} capte l'eau de la rivière ou du
- conduite d'amenée (forçante) et conduite forcée amènent l'eau à chaque bâche spirale par un distributeur.
- bâche spirale (une par turbine) distribue l'eau uniformément dans la turbine
- turbine fait tourner le groupe turbo-alternateur
- aspirateur reçoit l'eau de la turbine (permet de récupérer toute la hauteur de chute)
- restitution → retourne l'eau au cours d'eau.

chambre d'équilibre → contrôle les surpressions causées par la variation du débit turbine.

Ed.