

Exercices-Pompes

Exercice 3.1

Quel genre de pompe doit-on utiliser pour déplacer un débit de 50 litres/seconde à une hauteur d'élévation de 25,0m à l'aide d'un moteur ayant une vitesse de rotation de 2500 rpm?

Quel est le rendement approximatif de cette pompe?

Exercice 3.2

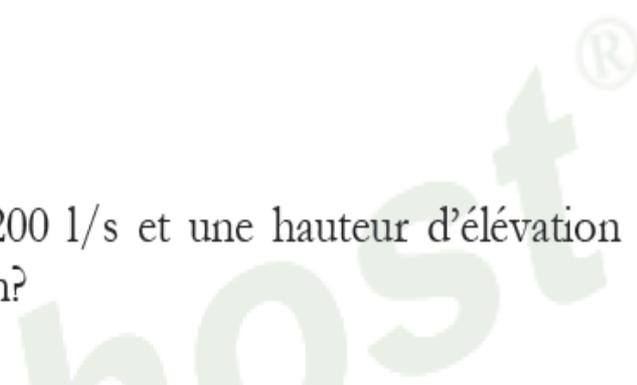
Quel genre de pompe doit-on utiliser avec un débit de 600 litres/seconde et une hauteur d'élévation de 8,0m lorsque la vitesse de rotation du moteur est de 1500 rpm?

Quel est le rendement de cette pompe?

Exercice 3.3

Quel genre de pompe doit-on utiliser avec un débit de 200 l/s et une hauteur d'élévation de 50,0m lorsque la vitesse de rotation du moteur est 1500 rpm?

Quel est le rendement de cette pompe?



Exercice 3.1

D'après (3.6) $n_s = 2500 \cdot 0,050^{0,5} / 25^{0,75} = 50$

D'après la figure 3.9, il faut une pompe à aspiration double

D'après la figure 3.10, le rendement est de 78%

Exercice 3.2

D'après (3.6) $n_s = 1500 \cdot 0,60^{0,5} / 8,0^{0,75} = 244$

D'après la figure 3.9, il faut une pompe axiale

D'après la figure 3.10, le rendement est de 79%

Exercice 3.3

D'après (3.6) $n_s = 1500 \cdot 0,20^{0,5} / 50,0^{0,75} = 36$

D'après la figure 3.9, il faut une pompe radiale

D'après la figure 3.10, le rendement est de 87%

Exercice 3.4

Soit une pompe dont la courbe caractéristique est donnée au tableau ci-après :

Débit (l/s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
H_p (m)		21,75	20	19	17,5	16	14	11	8
η (%)	0	25	50	70	80	82	80	70	65

La station de pompage est installée entre deux réservoirs (figure 3.33) dont les surfaces libres présentent une dénivellation (hauteur géométrique) de 14,0m.

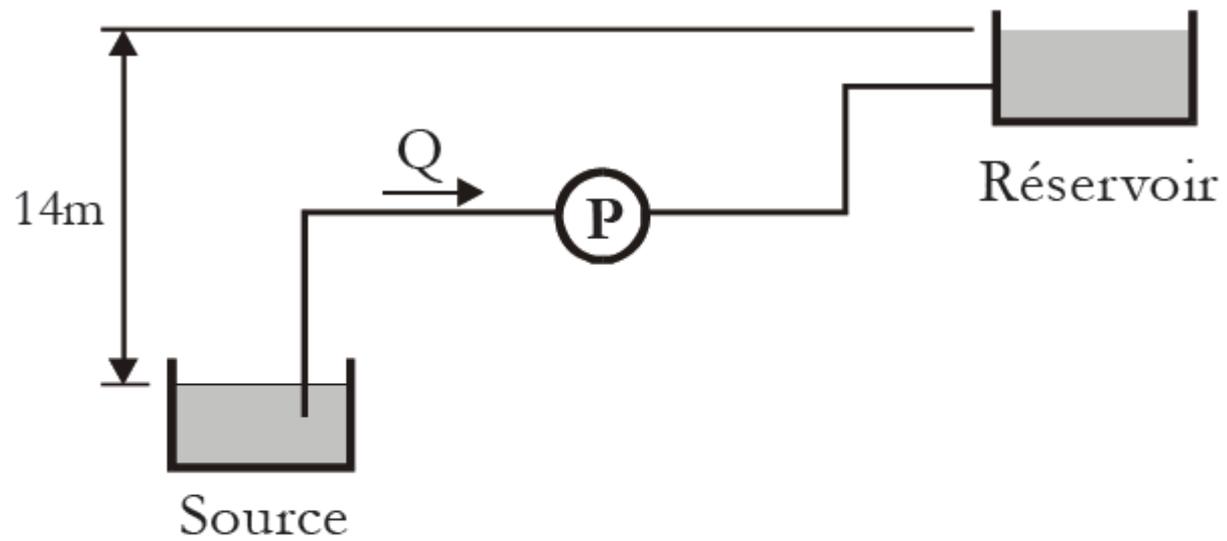


Fig. 3.33 Station de pompage entre deux réservoirs

La conduite très incrustée possède un coefficient de Hazen-Williams de 70. Elle a une longueur totale de 6,0km et un diamètre de 315mm.

Après réhabilitation par une méthode de chemisage, la conduite possède un coefficient de Hazen-Williams de 150 et un diamètre de 295mm.

Il faut déterminer le débit de fonctionnement de la pompe avant et après réhabilitation. On néglige les pertes de charge singulières.

Exercice 3.4

Pertes : h_f (frottement, équation 2.40)

$$h_f = L \left[\frac{3,59}{C_{Hw}} \right]^{1,852} \frac{Q^{1,852}}{D^{4,87}}$$

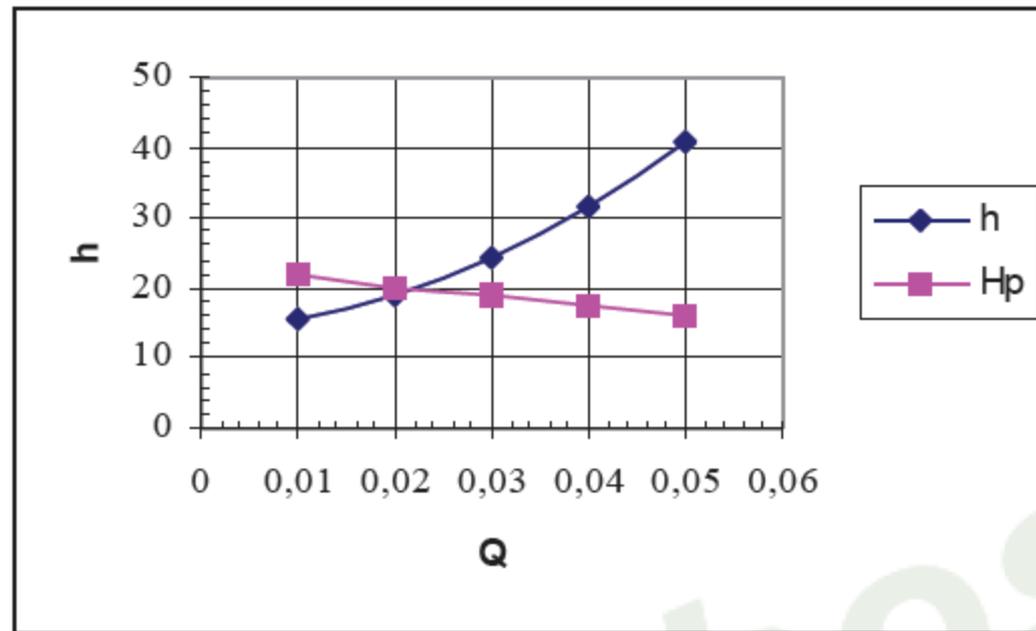
(1) * Avant réhabilitation : $C_{Hw} = 70$, $L = 6000m$; $D = 0,315m$

$$h_f = 6000 \cdot \left(\frac{3,59}{70} \right)^{1,852} \cdot \frac{1}{0,315^{4,87}} \cdot Q^{1,852} = 6797 \cdot Q^{1,852}$$

$$H_t = 14,0m + 6796 \cdot Q^{1,852}$$

Q	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
hf	1,34	4,85	10,28	17,51	26,47
H_t	15,34	18,85	24,28	31,51	40,47

En superposant la charge H_t à la courbe caractéristique de la pompe H_p :

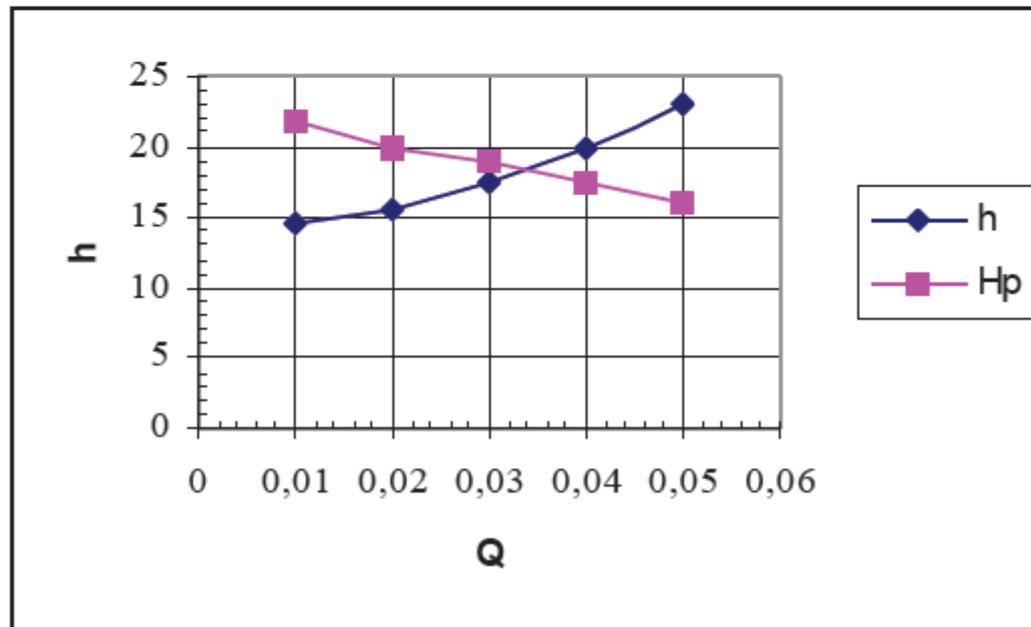


Le point de fonctionnement est : $Q = 0,022\text{m}^3/\text{s}$ (22 litres/seconde), avec $h = 20,0\text{m}$

(2) *Après réhabilitation : $C_{Hw} = 150$; $L = 6000\text{m}$; $D = 0,295\text{m}$

$$h_f = 2282 \cdot Q^{1,852} \quad H_t = 14,0\text{m} + h_f$$

Q	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
hf	0,45	1,63	3,45	5,88	8,89
h	14,45	15,63	17,45	19,88	22,89



Point de fonctionnement : $Q = 0,034\text{m}^3/\text{s}$ (34 litres/seconde), $H = 18\text{m}$

Deux pompes identiques placées en parallèle puisent l'eau d'une source pour la refouler vers un réservoir, tel que montré sur la figure 3.33 de l'exercice 3.4. La conduite de refoulement a une longueur totale de 6,0km, un coefficient de Hazen-Williams $C_{HW}=150$ et un diamètre $D=0,510m$. La courbe caractéristique de chacune des pompes est la même que celle fournie au tableau de l'exercice 3.4. On néglige les pertes de charge singulières.

- 1) Il faut trouver le débit de fonctionnement de chacune des pompes.
- 2) Il faut trouver la puissance absorbée par chacune des pompes.

Débit (l/s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
H_p (m)		21,75	20	19	17,5	16	14	11	8
η (%)	0	25	50	70	80	82	80	70	65

1) Selon l'équation 2.40

$$h_f = L \left[\frac{3,59}{C_{HW}} \right]^{1,852} \cdot \frac{Q^{1,852}}{D^{4,87}}$$

$$L = 6000m ; C_{HW} = 150 ; D = 0,510m$$

$$h_f = 6000 \cdot \left(\frac{3,59}{150} \right)^{1,852} \cdot \frac{Q^{1,852}}{0,510^{4,87}} = 158,56 \cdot Q^{1,852}$$

$$H_t = 14,0m + 158,56Q^{1,852}$$

Courbe caractéristique de la conduite (CCC)

Q	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
H_t	14,03	14,11	14,24	14,41	14,63	14,88	15,17	15,50	15,86

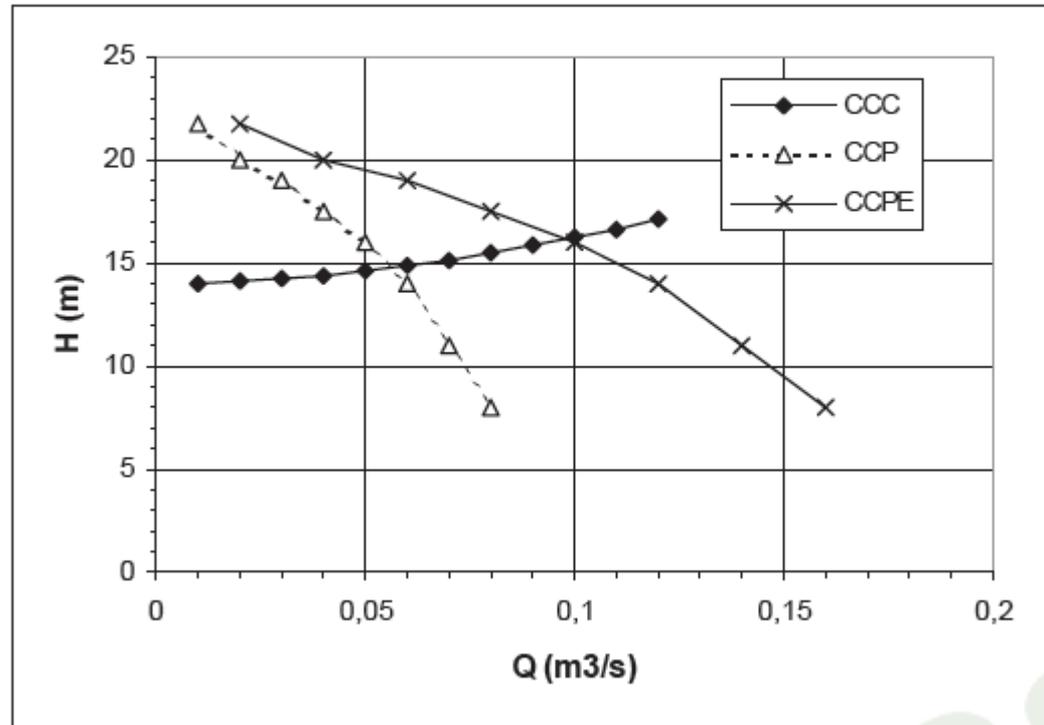
Courbe caractéristique de la pompe équivalente pour 2 pompes en parallèle : (CCPE)

Q(l/s)	20	40	60	80	100	120	140	160
Hp(m)	21,75	20	19	17,5	16	14	11	8

Donc, le point de fonctionnement pour deux pompes en parallèle est :

$Q = 99,5$ litres/seconde et $H_p = 16,2$ m.

Pour chaque pompe : $Q = 49,8$ l/s et $H_p = 16,2$ m.



2) Par l'équation 3.5 :

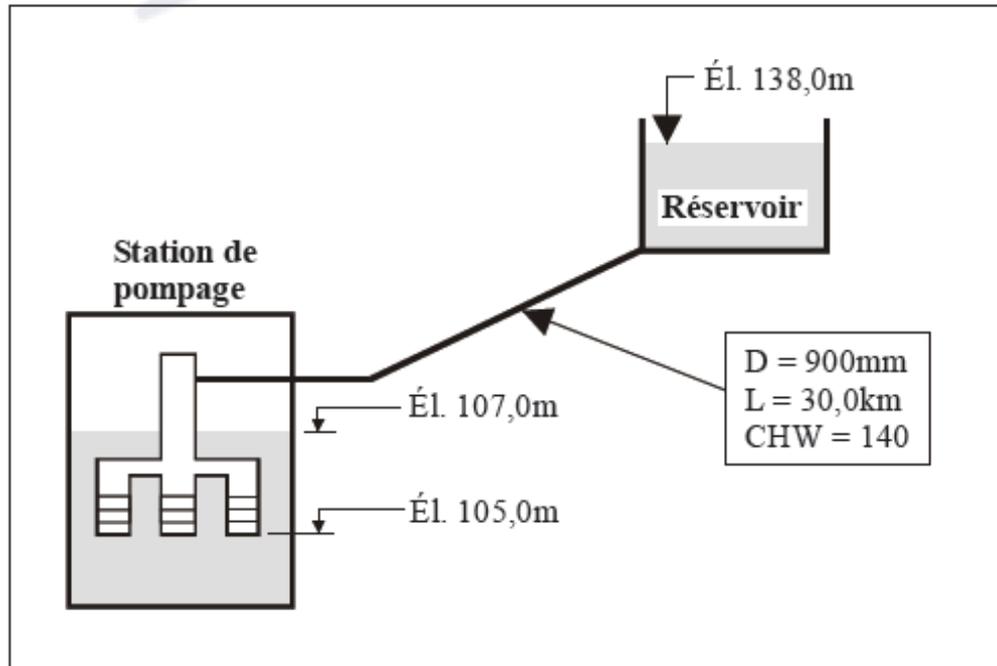
$$P = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H}{\eta}$$

La courbe de rendement de la pompe nous indique que pour $Q = 50 \text{ l/s}$

$$\eta = 0,82 = 82\%$$

$$P_{\text{absorbée}} = \frac{9,81 \cdot 0,0498 \cdot 16,2}{0,82} = 9,65 \text{ kW} \quad \text{par chacune des pompes}$$

Exercice 3.9



La station de pompage de la figure 3.36 est constituée de trois pompes fonctionnant en parallèle.

Chaque pompe est constituée de trois cellules en série.

La courbe caractéristique d'une cellule type est donnée au tableau ci-après.

- 1) Quel est le débit de fonctionnement lorsque toutes les pompes sont en marche?
- 2) Y a-t-il danger de cavitation?

Q (litres/seconde)	H mètres	(NPSH) _{requis}
0	42,0	
25	39,0	
50	36,0	
75	34,0	
100	32,0	
125	31,5	
150	31,0	
175	30,5	
200	30,0	10,4
225	29,0	10,5
250	26,0	11,3
275	23,5	12,5
300	19,5	14,3

Courbe caractéristique d'une cellule



Exercice 3.9

$$1) \quad J = L \left[\frac{3,59}{C_{HW}} \right]^{1,852} \cdot \frac{Q^{1,852}}{D_1^{4,87}} = 30.10^3 \left[\frac{3,59}{140} \right]^{1,852} \cdot \frac{1}{0,9^{4,87}} \cdot Q^{1,852}$$
$$\Rightarrow J = 56,5 Q^{1,852} \quad ; \quad Hg = 138 - 107 = 31m$$

Q(l/s)	25	50	75	125	225	300
J(m)	0,06	0,22	0,47	1,2	3,6	6,01

1 pompe : 3 cellules en série \Rightarrow même débit et $h_{\acute{e}q} = \sum h_i = h_p$

3 pompes // $\Rightarrow h_{\acute{e}q} = h_i$ et $Q_{\acute{e}q} = 3Q_i$

$$\Rightarrow Q_{\text{fonctionnement}}^{\text{systeme}} = 825 \text{ l/s}$$

Pour une pompe : $Q = (825 \text{ l/s})/3 = 275 \text{ l/s}$

$$2) \text{ NPSH } disp = 10 - (h_a + J_a) = 10 + h_a = 10 + 2 = 12m < \text{ NPH requis } = 12,5m$$

Il y a risque de cavitation.

Exercice 3.8

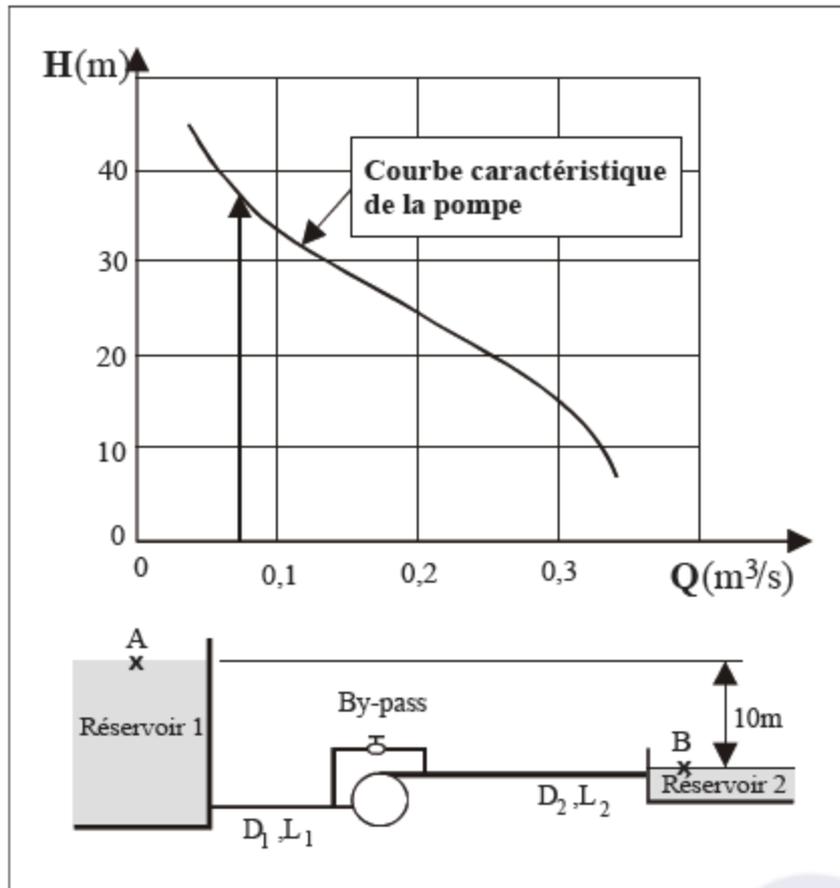


Fig. 3.35

L'écoulement entre deux réservoirs 1 et 2 peut se faire de A vers B ou de B vers A (figure 3.35). La pompe centrifuge dont la courbe caractéristique est fournie sur la figure, peut opérer dans les deux sens d'écoulement. Les deux réservoirs sont reliés par deux conduites de caractéristiques différentes.

La conduite 1 a les propriétés suivantes :

Diamètre $D_1 = 305\text{mm}$

Longueur $L_1 = 30,0\text{m}$

$C_{HW1} = 140$

La conduite 2 a les propriétés suivantes :

Diamètre $D_2 = 255\text{mm}$

Longueur $L_2 = 350\text{m}$

$C_{HW2} = 130$

Les pertes de charge singulières sont négligées.

Il faut évaluer par la méthode graphique le débit fourni par le système pour les 3 cas suivants :

- 1) pompe non opérante et by-pass ouvert,
- 2) pompe en fonctionnement et by-pass fermé, l'écoulement se faisant de A vers B,
- 3) pompe en fonctionnement et by-pass fermé, l'écoulement se faisant de B vers A.

Exercice 3.8

1) Pompe non opérante :

$$H = h_{f1} + h_{f2} = L_1 \left[\frac{3,59}{C_{Hw}} \right]^{1,852} \cdot \frac{Q^{1,852}}{D_1^{4,87}} + L_2 \left[\frac{3,59}{C_{Hw}} \right]^{1,852} \cdot \frac{Q^{1,852}}{D_2^{4,87}}$$

$$10m = \left[30 \left[\frac{3,59}{140} \right]^{1,852} \cdot \frac{1}{0,305^{4,87}} + 350 \cdot \left[\frac{3,59}{130} \right]^{1,852} \cdot \frac{1}{0,255^{4,87}} \right] Q^{1,852} = 358,66 \cdot Q^{1,852}$$

$$Q = \left(\frac{10}{358,66} \right)^{1/1,852} = 0,145m^3 / s$$

2) Pompe en fonctionnement, écoulement de A vers B :

$$H_P = -H + h_{f1} + h_{f2}$$

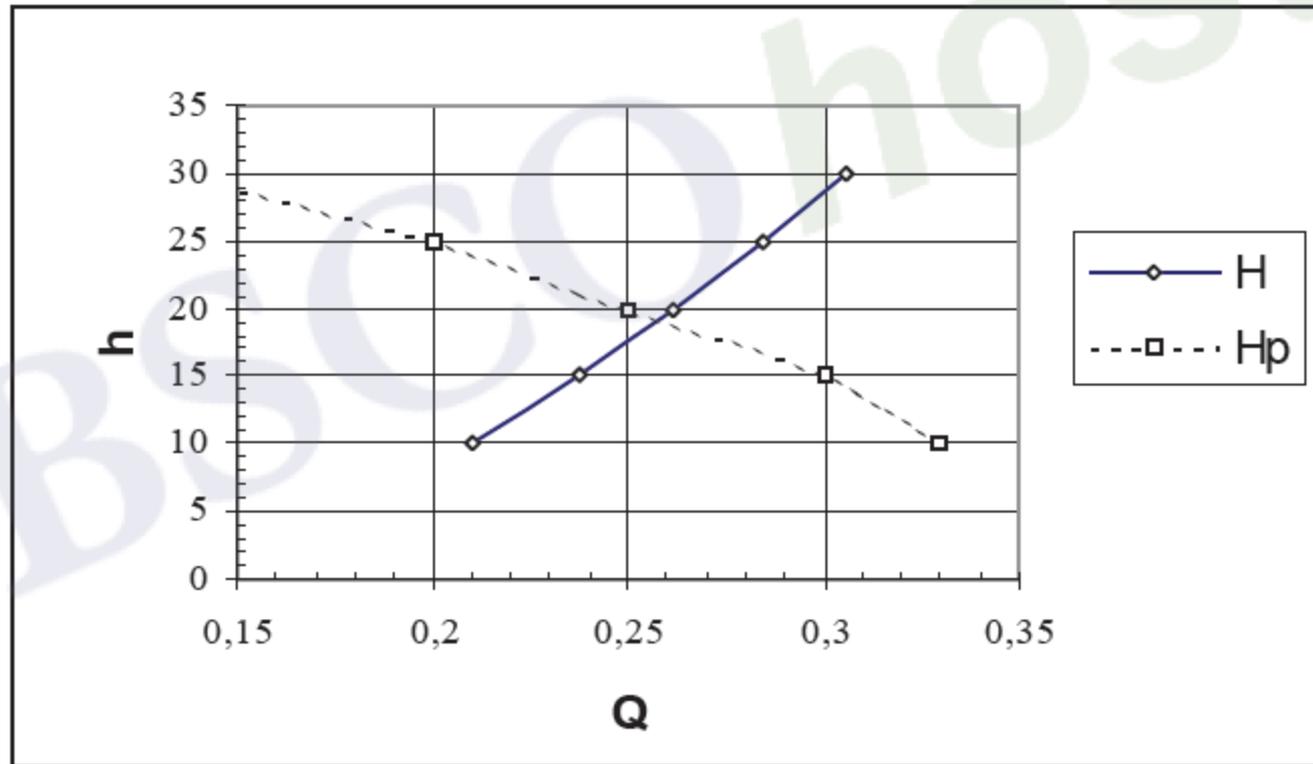
$$H_P = -10 + L_2 \left[\frac{3,59}{C_{Hw}} \right]^{1,852} \frac{Q^{1,852}}{D_2^{4,87}} + L_1 \left[\frac{3,59}{C_{Hw}} \right]^{1,852} \frac{Q^{1,852}}{D_1^{4,87}}$$

$$H_P = -10 + \left[350 \left[\frac{3,59}{130} \right]^{1,852} \cdot \frac{1}{0,255^{4,87}} + 30 \left[\frac{3,59}{140} \right]^{1,852} \cdot \frac{1}{0,305^{4,87}} \right] Q^{1,852}$$

$$H_P = -10 + 358,66 Q^{1,852}$$

$$Q = \left[\frac{H_P + 10}{358,66} \right]^{1/1,852}$$





pour $H = 19 \text{ m}$ $Q = 0,26 \text{ m}^3 / \text{s}$

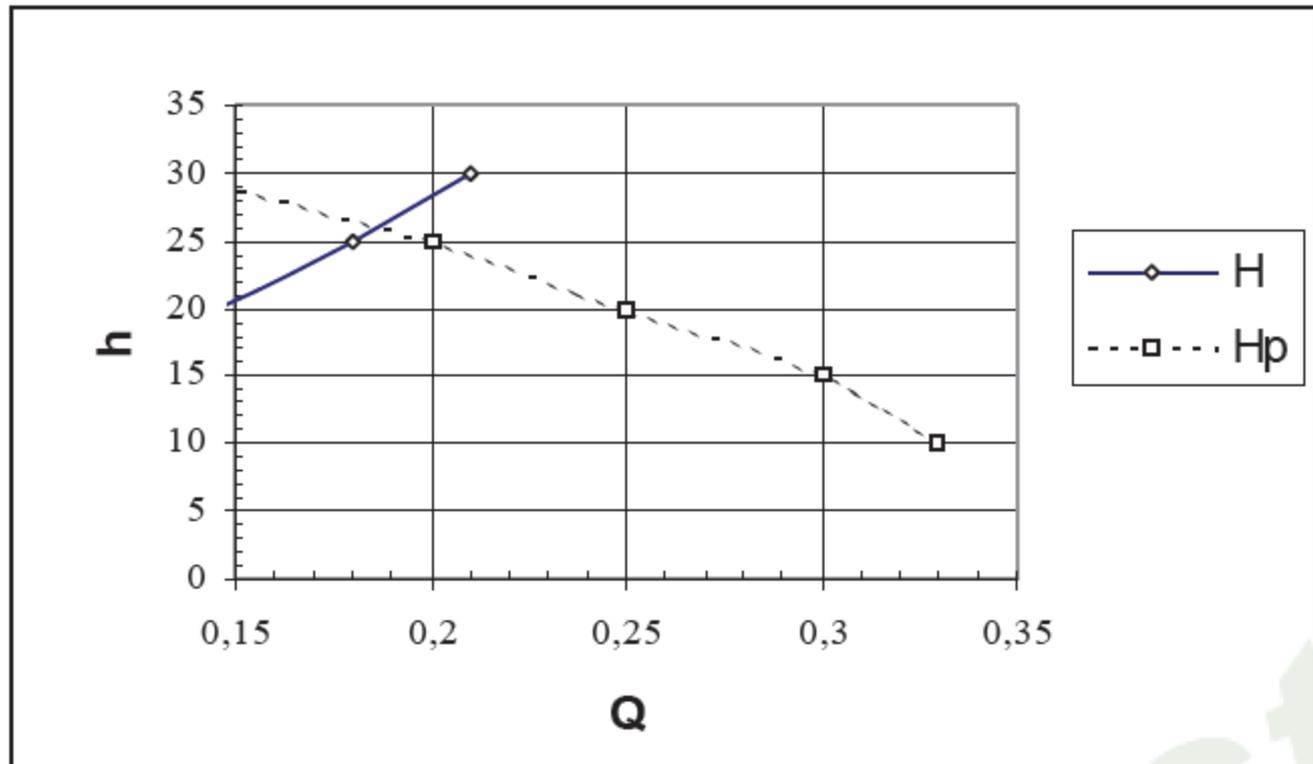
3) Pompe en fonctionnement, écoulement de B vers A :

$$H_P = H + h_{f1} + h_{f2}$$

$$H_P = 10 + L_1 \left[\frac{3,59}{C_{Hw}} \right]^{1,852} \frac{Q^{1,852}}{D_1^{4,87}} + L_2 \left[\frac{3,59}{C_{Hw}} \right]^{1,852} \frac{Q^{1,852}}{D_2^{4,87}}$$

$$H = 10 + \left[30 \left[\frac{3,59}{140} \right]^{1,852} \cdot \frac{1}{0,305^{4,87}} + 350 \left[\frac{3,59}{140} \right]^{1,852} \cdot \frac{1}{0,255^{4,87}} \right] Q^{1,852}$$

$$H_p = 10 + 358,66Q^{1,852} \Rightarrow Q = \left[\frac{H - 10}{358,66} \right]^{1/1,852}$$



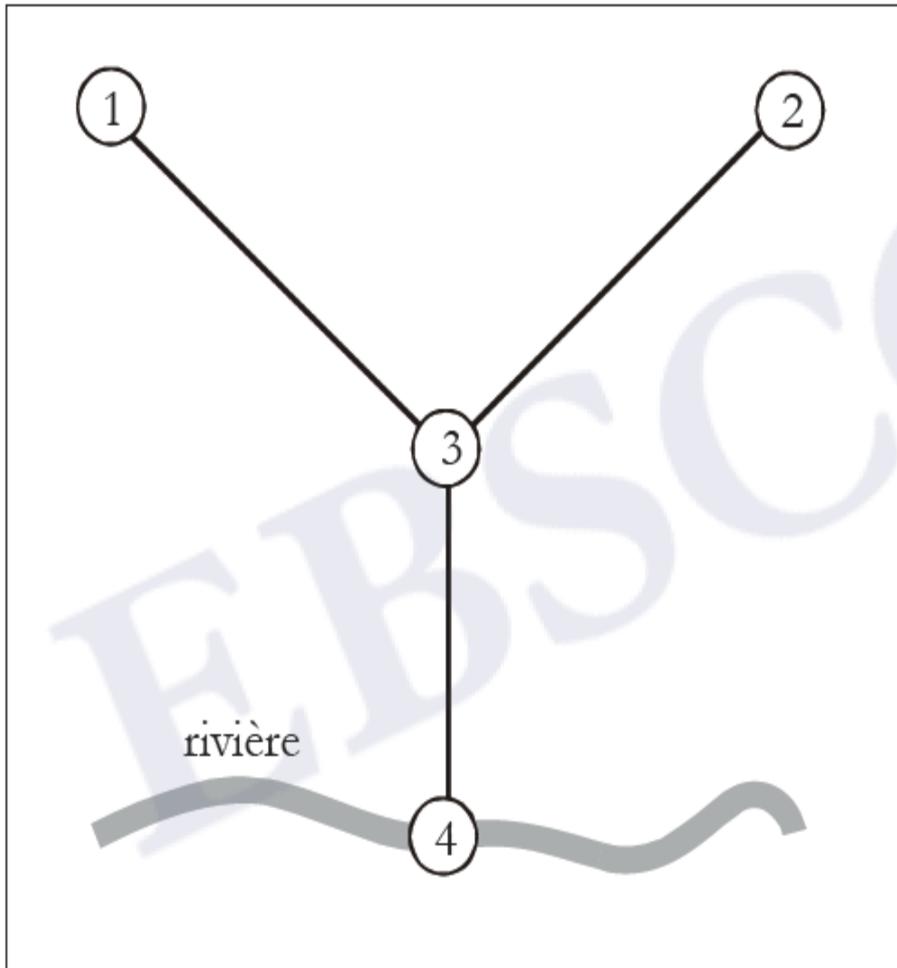


Fig. 536

Soit le système de drainage pluvial schématisé par la figure 5.36.

L'exutoire du réseau (nœud 4) est situé dans un cours d'eau où le niveau en temps d'orage atteint 24,0m. Le tableau ci-joint fournit les débits de pointe en temps d'orage, les diamètres, les longueurs et toutes les cotes pertinentes.

Il faut tracer la ligne piézométrique selon le chemin 1, 3 et 4, puis selon le chemin 2, 3 et 4. Il faut indiquer les endroits de mise en charge et les endroits d'inondation.

Il faut aussi calculer les diamètres nécessaires pour éliminer toutes les mises en charge en utilisant la liste des diamètres standard fournie ci-après. Utiliser $n = 0,013$.

Conduite		Débit (m ³ /s)	diamètre (m)	Cote au sol (m)		Cote du radier (m)		Longueur (m)
				amont	aval	amont	aval	
1	3	6	1,37	30,5	29,0	26,15	26,00	100
2	3	4	0,915	30,5	29,0	25,90	25,50	100
3	4	15	2,44	29,0	28,5	25,50	24,25	500

Liste des diamètres standard disponibles (en millimètres) :

255 305 380 460 535 610 760 915 1065 1220
1370 1525 1830 2135 2440 2745 3050 3350

Conduite 4-3

Débit pour conduite pleine, selon l'équation (5.17) :

$$Q_p = \frac{0,3117}{0,013} \cdot 2,44^{8/3} \cdot 0,0025^{1/2} = 12,94 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\frac{Q}{Q_p} = \frac{15,0}{12,94} = 1,16, \text{ donc il y a mise en charge}$$

Selon l'équation (5.15b) :

$$S_f = \left(\frac{n \cdot Q}{0,3117 \cdot D^{8/3}} \right)^2 = \left(\frac{0,013 \cdot 15}{0,3116 \cdot 2,44^{8/3}} \right)^2 = 0,003361$$

$$\Delta H = L \cdot S_f = 500,0 \text{ m} \cdot 0,003361 = 1,68 \text{ m}$$

Niveau d'eau en 3 : $27,0 \text{ m} + 1,68 \text{ m} = 28,68 \text{ m}$ (pas d'inondation en 3).

Conduite 3-1

$$Q_p = \frac{0,3117}{0,013} \cdot 1,37^{8/3} \cdot 0,0015^{1/2} = 2,15 m^3 / s$$

$$\frac{Q}{Q_p} = \frac{6,0}{2,15} = 2,8, \text{ donc il y a mise en charge}$$

$$S_f = \left(\frac{0,013 \cdot 6,0}{0,3117 \cdot 1,37^{8/3}} \right)^2 = 0,0168$$

$$\Delta H = 100,0m \cdot 0,0168 = 1,68m$$

Niveau de l'eau en 1 : $18,68m + 1,68m = 30,36m$ (pas d'inondation en 1)

Conduite 3-2

$$Q_p = \frac{0,3117}{0,013} \cdot 0,915^{8/3} \cdot 0,004^{1/2} = 1,197 m^3 / s$$

$$\frac{Q}{Q_p} = \frac{4}{1,197} = 3,35, \text{ donc il y a mise en charge}$$

$$S_f = \left(\frac{0,013 \cdot 4,0}{0,3117 \cdot 0,915^{8/3}} \right)^2 = 0,0447$$

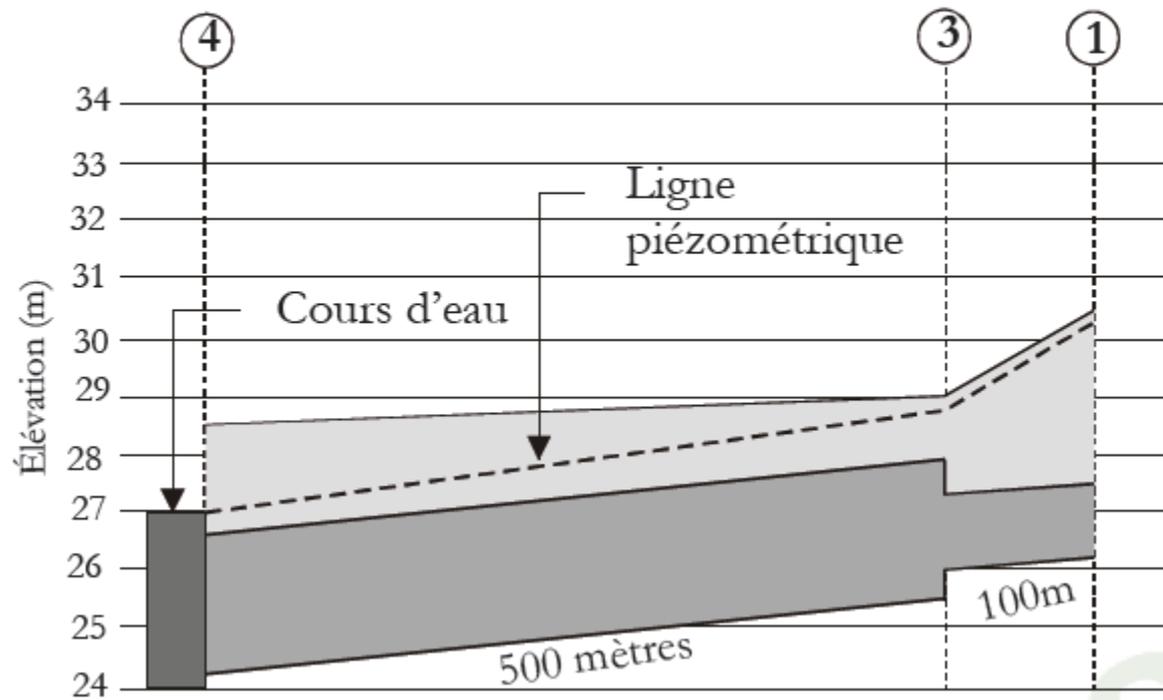
$$\Delta H = 100,0m \cdot 0,0447 = 4,47m$$

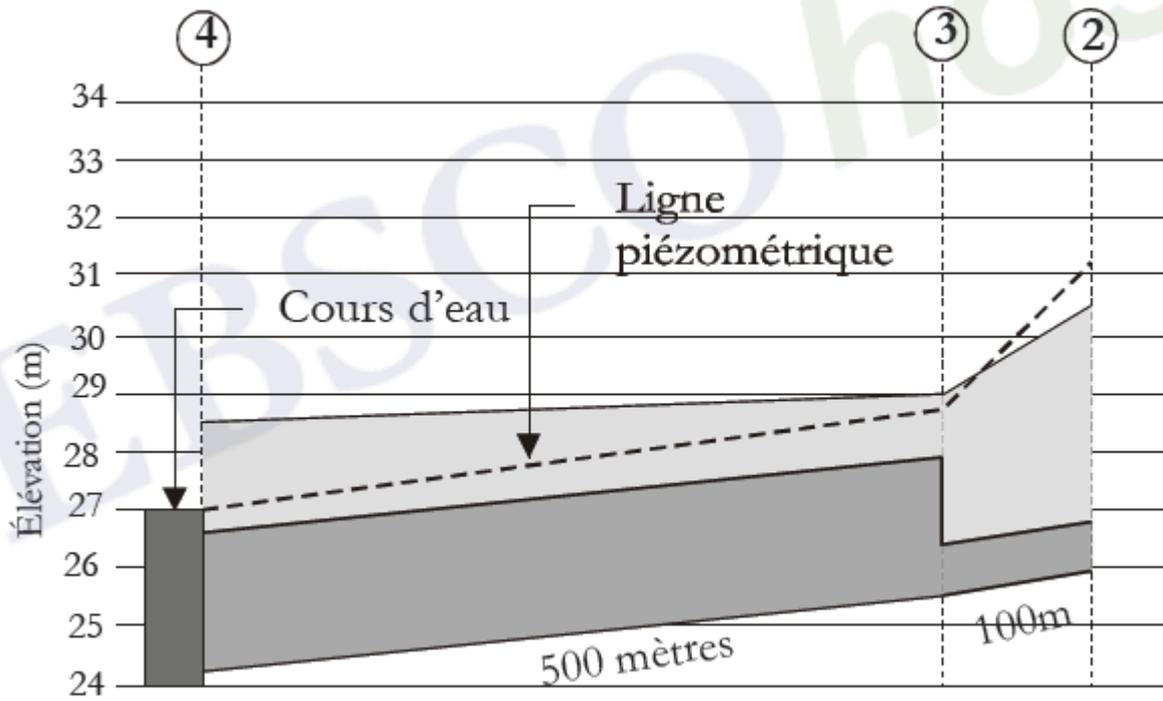
Niveau de l'eau en 2 : 26,68m + 4,47m = 31,15m

Le niveau du sol en 2 étant 30,5m, il y a une inondation de 0,65m.

Les profils piézométriques sont montrés sur la figure ci-jointe :

Échelle horizontale = 100 fois échelle verticale





Choix des diamètres pour éliminer les mises en charge et l'inondation. On suppose $S_f = S_0$.

Conduite 4-3

Pour une conduite pleine, on a de l'équation (5.17) :

$$D_p = \left(\frac{n \cdot Q_p}{0,3117 \cdot S_f^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (c)$$

$$D_p = \left(\frac{15,0 \cdot 0,013}{0,3117 \cdot 0,0025^{1/2}} \right)^{3/8} = 2,58m$$

Le diamètre disponible est $D = 2,745m$ pour lequel Q_p est :

$$Q_p = \frac{0,3117}{0,013} \cdot 2,745^{8/3} \cdot 0,0025^{1/2} = 17,71m^3 / s$$

$$\frac{Q}{Q_p} = \frac{15,0}{17,71} = 0,85$$

À l'aide du tableau 5.3, on obtient $y/D = 0,707$ et donc $y = 0,707 \cdot 2,745 = 1,94\text{m}$

La profondeur de l'eau au point 3 dans la nouvelle conduite de diamètre 2,745m est donc de 1,94m. L'écoulement est donc à surface libre au point 3 et il n'y a plus de mise en charge. La conduite sera pleine à partir d'un point entre 3 et 4.

Conduite 3-1

Procédant comme précédemment, $D_p = 2,013\text{m}$.

Diamètre disponible = 2,135m.

Pour ce diamètre $Q_p = 7,018\text{m}^3/\text{s}$; $Q/Q_p = 0,855$; $y/D = 0,71$

Profondeur de l'eau en 1 : $y = 1,52\text{m}$.

L'écoulement est à surface libre et il n'y a plus de mise en charge.

Conduite 3-2

Comme plus haut, $D_p = 1,439\text{m}$

Diamètre disponible = $1,525\text{m}$.

Pour ce diamètre $Q_p = 4,672\text{m}^3/\text{s}$; $Q/Q_p = 0,86$; $y/D = 0,72$

Profondeur de l'eau en 1 : $y = 1,1\text{m}$.

L'écoulement est à surface libre et il n'y a plus de mise en charge.