

Université Chahid Mustapha Ben Boulaid Batna 2

Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

Module : Distribution et Collecte des Eaux Urbaines

Chargé du Module : Mr KHELIF Abdelkrim

TD Destiné

Aux Étudiants Master 2 Option Hydraulique Urbaine

Semestre 3



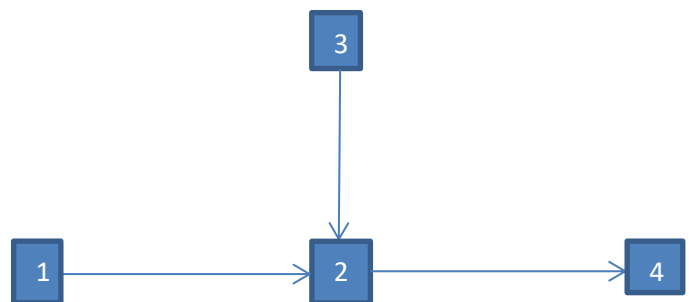
**Chapitre VI: Calcul Hydraulique des Réseaux
D'Assainissement**

TDN°4 CHAPITRE VI : CALCUL HYDRAULIQUE DES RÉSEAUX D'ASSAINISSEMENT

EXERCICE N°1 :

Dimensionner le réseau d'assainissement du quartier dont le schéma et les données sont représentés ci-dessous : La rugosité des parois : $n = 0.013$

Tronçon	L (m)	Qtth (l/s)	QEUT (l/s)	Côte CTN (m)	
				Amont	Aval
1-2	60	120	12	900	898.8
3-2	50	90	20	899.3	898.8
2-4	60	480	150	898.8	898.2

**SOLUTION N°1 :**

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Qtth l/s	i (m/m)	D mm	R _H m	S m ²	C	V _{ps} m/s	Q _{ps} l/s	r _Q	r _H	H _r mm	r _v	V _r m/s	QEUT	r _{Q'}	r _{H'}	H _{r'} mm	r _{v'}	V _{r'} m/s
120	0.02	300	0.075	0.0707	49.95	1.93	136.5	0.9	0.73	219	1.13	2.18	12	0.09	0.2	60	0.63	1.2
90	0.01	300	0.075	0.0707	48.83	1.34	94.47	0.95	0.87	259.5	1.04	1.4	20	0.21	0.32	95	0.77	1
480	0.01	600	0.150	0.2826	54.81	2.12	600	0.8	0.71	422.9	1.07	2.3	150	0.25	0.35	207.3	0.8	1.7

La procédure de calcul :

Calcul de la pente (colonne 3) : $i = \frac{\text{côte amont} - \text{côte aval}}{\text{longueur}}$; le diamètre (4) : Supposé ; le rayon hydraulique

(5) : $R_H = \frac{S}{P}$; (6) : $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$; (7) : $C = \frac{1}{n} \cdot R_H^{1/6}$; (8) : $V_{ps} = C \cdot \sqrt{R_H \cdot i}$;

(9) : $Q_{ps} = V_{ps} \cdot S$; (10) : $r_Q = \frac{Q_{tth}}{Q_{ps}}$; (11) : r_H Utiliser l'abaque ; (12) : $H_r = r_H \cdot D$;

(13) : r_v Abaque ; (14) : $V_r = r_v \cdot V_{ps}$; (16) : $r'_Q = \frac{Q_{EUT}}{Q_{ps}}$; (17) : r'_H Abaque ;

(18) : $H_r = r'_H \cdot D$; (19) : r'_v Abaque ; (20) : $V'_r = r'_v \cdot V_{ps}$

EXERCICE N°2 :

Dimensionner le réseau d'assainissement du quartier dont le schéma et les données sont représentés ci-dessous : La rugosité des parois : $n = 0.013$

Ordre	Tronçon	Qtth (l/s)	i (m/m)	D (mm)	R (m)	S (m ²)	C	Vps (m/s)	Qps (l/s)	rQ	rH (%)	Hr (mm)	S mouillée (m ²)	Vr (m/s)
1	1-2	205,68	0,023											
2	2-3	23,10	0,008											
3	2-5	182,58	0,071											
4	4-5	23,11	0,025											
5	5-6	205,68	0,013											
6	6-7	205,58	0,057											
7	7-8	205,68	0,045											

SOLUTION N°2 :

$$r_Q = \frac{Q_{tth}}{Q_{ps}} = \frac{V_r}{V_{ps}} \cdot \frac{S_{mouillée}}{S_{ps}} = r_v \cdot \frac{S_{mouillée}}{S_{ps}} \Rightarrow S_{mouillée} = \frac{r_Q}{r_v} \cdot S_{ps}$$

EXERCICE N°3 :

1/ Calculer la vitesse et le débit d'écoulement à section pleine dans un tuyau des eaux usées de section circulaire en amiante ciment d'un diamètre de 300 mm, ayant une pente de 2% et une rugosité «n» égale 0.013

2/ Calculer la hauteur de remplissage et la vitesse d'écoulement dans la même conduite lorsque le débit est de 33l/s.

SOLUTION N°3 :

1/ Le calcul de la vitesse est donnée par la formule de Chézy : $V_{ps} = C \cdot \sqrt{R_H \cdot I}$

Où : $R_H = \frac{D}{4} = \frac{0.3}{4} = 0.075\text{m}$; le coefficient de Chézy : $C = \frac{1}{n} \cdot R_H^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{0.013} \cdot 0.075^{\frac{1}{6}} = 49.95$

Donc la vitesse aura la valeur : $V_{ps} = 49.95 \cdot \sqrt{0.075 \cdot 0.02} = 1.93\text{m/s}$;

Enfin le débit à plein section : $Q_{ps} = V_{ps} \cdot S = V_{ps} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 1.93 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.3^2}{4} = 0.136\text{m}^3/\text{s}$

2/ En premier lieu on doit calculer le rapport des débits : $r_Q = \frac{Q}{Q_{ps}} = \frac{0.033}{0.136} = 24.3\%$;

En utilisant l'abaque 5 on a pour : $r_Q = 24.3$ donne un $r_H = 0.31$ et $r_v = 0.78$;

Donc nous aurons :

$$H_r = r_H \cdot D = 0.31 \cdot 0.3 = 0.093\text{m} = 93\text{mm} \text{ et } V_r = r_v \cdot V_{ps} = 0.78 \cdot 1.93 = 1.51\text{m/s}$$

EXERCICE N°4 :

Soit un collecteur des eaux usées en système séparatif dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Longueur : 175 m ;
- Débit de dimensionnement : 28,2l/s ;

- Pente : 0.5%

Dimensionner le collecteur et vérifier les conditions d'autocurage

SOLUTION N°4 :

En utilisant l'abaque Ab3, pour un débit de 28.2 l/s et une pente de 0.005m/m, on peut faire un choix par excès du diamètre $D = 250\text{mm}$, mais qui va transiter un débit d'une valeur de 39 l/s, qui donne une vitesse à pleine section de 0.8 m/s.

Si on effectue un choix par défaut nous aurons : $D=200\text{ mm}$ avec une pente de 0.009m/m supérieure à la pente disponible 0.005m/m.

Comme on peut faire un calcul direct :

La section d'ouvrage : $S = \frac{\pi D^2}{4}$, le périmètre mouillé : $P = \pi \cdot D$, d'où le rayon hydraulique :

$$R_H = \frac{S}{P} = \frac{D}{4};$$

$$\text{Donc : } Q_{ps} = 70 \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot S = 70 \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 70 \cdot \pi \cdot \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{5}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot D^{\frac{8}{3}} = 21.81 \cdot I^{1/2} \cdot D^{8/3}$$

$$\text{D'où : } D = \frac{Q_{ps}^{3/8}}{21.81^{3/8} \cdot I^{3/16}} = \frac{0.0282^{3/8}}{21.81^{3/8} \cdot 0.005^{3/16}} = 0.223\text{m}$$

Donc on prend un diamètre normalisé de la canalisation égal 250mm

Vérification des conditions d'écoulement :

$$r_Q = \frac{Q_{\text{calculé}}}{Q_{ps}} = \frac{28.2}{39} = 72.3\% \text{ qui donne un } r_H = 62\% \text{ et } r_V = 1.09$$

Donc : la hauteur de remplissage $H_r = 250 \cdot 0.62 = 155\text{mm}$ et la vitesse réelle

$$V_r = 0.8 \cdot 1.09 = 0.87 > 0.7\text{m/s}$$

Pour une hauteur d'eau égale au 2/10 du diamètre D :

$r_Q = 0.12 \Rightarrow Q_{moy} = 0.12 \cdot Q_{ps} = 0.12 \cdot 39 = 4.68\text{l/s}$: C'est le débit moyen qu'on assure son transit sans stagnation avec une vitesse d'autocurage :

$$V_r = r_V \cdot V_{ps} = 0.6 \cdot 0.8 = 0.48\text{m/s} > 0.3\text{m/s}$$

EXERCICE N°5 :

Soit un collecteur des eaux usées en système unitaire dont les caractéristiques sont les suivantes :

Longueur : 65 m

Débit de dimensionnement : 80 l/s

Pente : 0.8%

Dimensionner le collecteur et vérifier les conditions d'autocurage

SOLUTION N°5 :

En utilisant l'abaque Ab4, pour un débit de 80 l/s et une pente de 0.008m/m, on peut faire un choix par

excès du diamètre $D = 400\text{mm}$, mais qui va transiter un débit d'une valeur de 120 l/s , qui donne une vitesse à pleine section de 0.96 m/s .

Comme on peut faire un calcul direct :

La section d'ouvrage : $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$, le périmètre mouillé : $P = \pi \cdot D$, d'où le rayon hydraulique :

$$R_H = \frac{S}{P} = \frac{D}{4};$$

Donc : $Q_{ps} = 60 \cdot S \cdot R_H^{\frac{3}{4}} \cdot I^{\frac{1}{2}} = 16.65 \cdot D^{11/4} \cdot I^{1/2}$ d'où :

$$D = \frac{Q^{4/11}}{16.65^{4/11} \cdot I^{2/11}} = \frac{0.08^{4/11}}{16.65^{4/11} \cdot 0.008^{2/11}} = 0.345\text{m}$$

Donc on prend un diamètre normalisé $D = 400\text{mm}$

Vérification des conditions d'écoulement :

$$r_Q = \frac{Q_{\text{calculé}}}{Q_{ps}} = \frac{80}{120} = 66.67\% \text{ qui donne un } r_H = 58\% \text{ et } r_V = 1.07$$

Donc : la hauteur de remplissage $H_r = 400 \cdot 0.58 = 232\text{mm}$ et la vitesse réelle

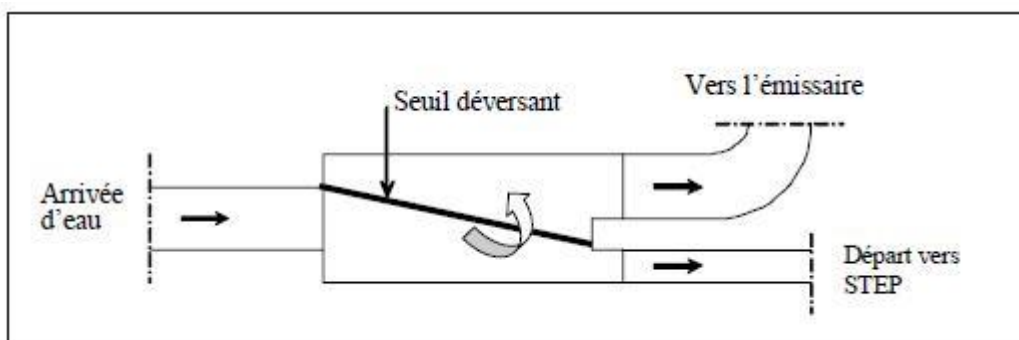
$$V_r = r_V \cdot V_{ps} = 0.96 \cdot 1.07 = 1.03 > 0.7\text{m/s}$$

Pour que le collecteur soit autocureur il doit transiter $0.1 Q_{ps}$, sans stagnation c-à-d :

$$r_Q = 0.1, \text{ on obtient } r_V = 0.55 \Rightarrow V_r = r_V \cdot V_{ps} = 0.55 \cdot 0.96 = 0.53 > 0.3\text{m/s}$$

$$r_Q = 0.1 \Rightarrow r_H = 17\% \Rightarrow H_r = 400 \cdot 0.17 = 68\text{mm}$$

EXERCICE N°6 :



Déversoir à seuil latéral et à conduite avale étranglée

On peut déterminer le débit du collecteur principal s'amenant vers la station d'épuration lorsque la dilution 5 (1 partie d'eau usée pour 4 parties d'eau pluviale) est atteinte par rapport au débit de temps sec.

Diamètre du collecteur principal avant le déversoir d'orage : $D = 600\text{mm}$;

Pente 1.6%

Débit par temps de pluie : 800 l/s

Débit par temps sec : 60 l/s

On demande de :

1/ Calculer la longueur du déversoir ;

2/ Calculer le diamètre du tuyau d'étranglement (eau usée) après le déversoir sur une longueur de 40m.

On utilise l'équation de Manning Strickler : $Q_{ps} = V \cdot S = K \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot S$ avec $K = 90$

Calcul de la longueur du seuil du déversoir (Formule de Poléni) :

$$Q_d = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_d^{3/2} \quad \text{Avec : } \mu = 0.6$$

SOLUTION N°6 :

1/ Le débit du collecteur s'amenant vers la station d'épuration avec une dilution 5:

$$Q_1 = (60 \cdot 4) + 60 = 300 \text{ l/s}$$

Le débit rejeté directement dans le cours d'eau :

$$Q_2 = 800 - 300 = 500 \text{ l/s}$$

Calcul du niveau d'eau H_1 dans la conduite d'arrivée :

D : 600 mm ;

I : 1.6% ;

K = 90.

Le débit à pleine section :

$$Q_{ps} = V \cdot S = K \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot S = 90 \cdot \left(\frac{0.6}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot (\sqrt{0.016}) \cdot \frac{\pi \cdot 0.6^2}{4} = 0.908 \text{ m}^3/\text{s} = 908 \text{ l/s}$$

$$\text{La hauteur partielle } H_1, \text{ par temps de pluie : } r_Q = \frac{Q_{tth}}{Q_{ps}} = \frac{800}{908} = 0.88$$

Ce qui est équivalent en utilisant l'abaque Ab5, à un rapport de remplissage $r_H=0,77$

$$H_1 = r_H \cdot D = 0.77 \cdot 600 = 462 \text{ mm}$$

La hauteur partielle H_2 , lorsque le débit égal 5x débit par temps sec = 300 l/s

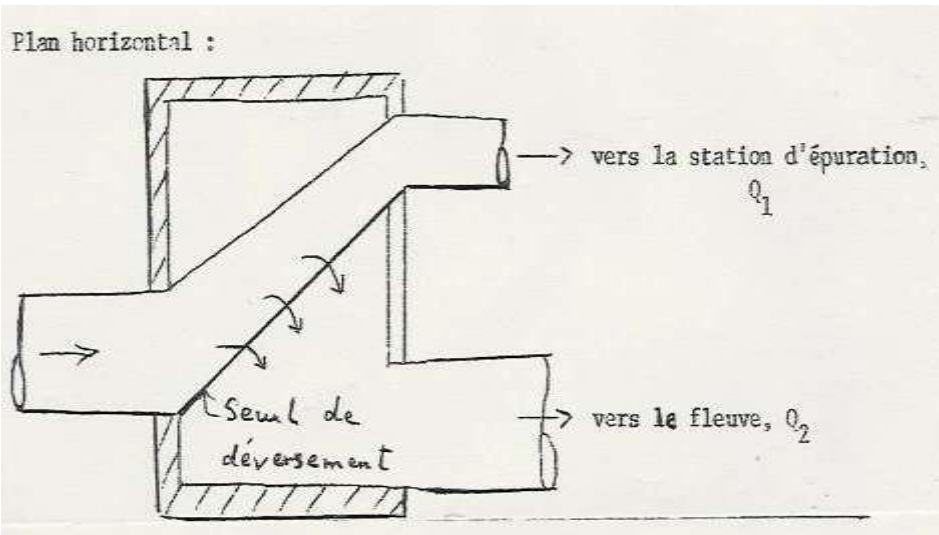
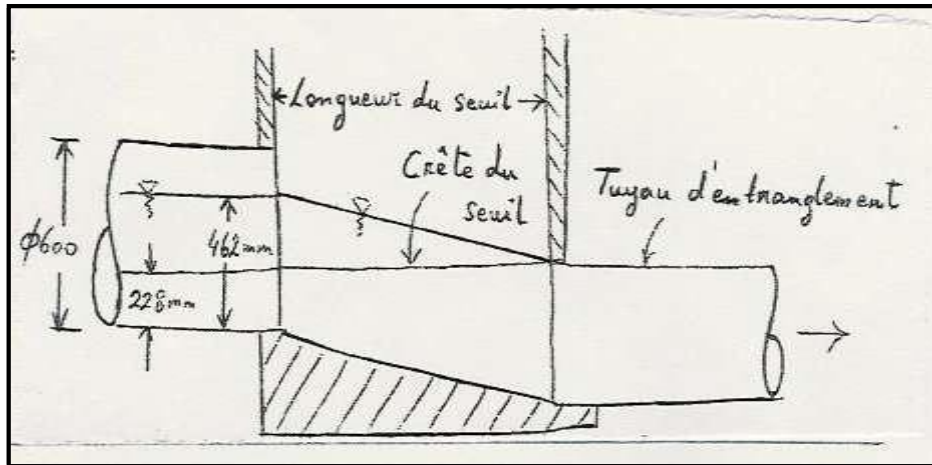
$$r_Q = \frac{Q_{tts}}{Q_{ps}} = \frac{300}{908} = 0.33$$

Ce qui est équivalent en utilisant l'abaque Ab5, à un rapport de remplissage $r_H=0,38$

$$H_2 = r_H \cdot D = 0.38 \cdot 600 = 228 \text{ mm} ;$$

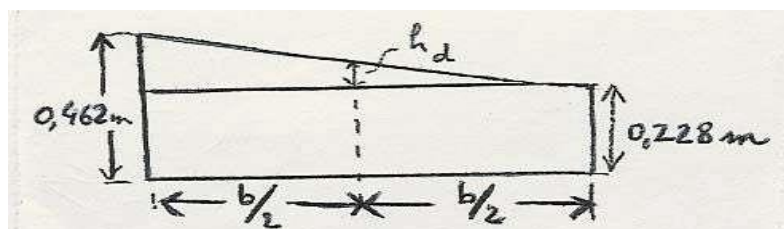
Donc La hauteur du seuil du déversoir est de 228 mm

Coupe :



Calcul de la longueur du seuil du déversoir (Formule de Poléni) :

$$Q_d = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_d^{3/2}$$



$$b = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q_d}{\mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_d^{\frac{3}{2}}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{0.5}{0.6 \cdot \sqrt{19.62} \cdot \left(\frac{0.462 - 0.228}{2}\right)^{\frac{3}{2}}} = 7.05m$$

2/ Calcul du tuyau d'étranglement (EU) :

Il doit être construit de telle façon que le débit ne dépasse pas 300 l/s :

$$Q_{ps} = K \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot S = K \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = K \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{5}{3}} \cdot \pi \cdot D^{\frac{8}{3}} = 28.04 \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot D^{\frac{8}{3}}$$

$$D = \frac{Q_{ps}^{\frac{3}{8}}}{28.04^{\frac{3}{8}} \cdot I^{\frac{3}{16}}} = \frac{0.3^{\frac{3}{8}}}{28.04^{\frac{3}{8}} \cdot 0.016^{\frac{3}{16}}} = 0.396m$$

Donc on prend un diamètre normalisé $D = 400mm$.

