

DEXIEUME PARTIE : Assainissement

Chapitre 1 : Hydraulique à surface libre

1- Introduction

Dans un écoulement à surface libre, le liquide s'écoule en contact de l'atmosphère. La surface libre est la surface de séparation entre l'eau et l'atmosphère. En tout point de cette surface, la pression égale à a pression atmosphérique.

Dans a nature, l'exemple typique d'un écoulement à surface libre est celui des rivières. En milieu urbain, l'écoulement dans une conduite d'égout pluvial ou sanitaire doit normalement être à surface libre.

Pour évaluer une conduite d'égout existante, l'ingénieur doit vérifier si l'écoulement se fait encore à surface libre malgré une augmentation éventuelle du débit à la suite de l'urbanisation ou de la rugosité de la conduite due au vieillissement. Pour une conduite projetée, l'ingénieur doit trouver la dimension optimale qui permet la circulation de l'eau à surface libre tout en gardant le projet économiquement rentable.

2- Caractéristiques géométrique des écoulements à surface libre

2-1- section mouillée d'un canal

La section d'un canal est la section perpendiculaire à son axe on appelle section mouillée « A » la portion de la section du canal limitée par les parois du canal et la surface libre

2-2- périmètre mouillée d'un canal

On appelle périmètre mouillée « P » d'un canal, le périmètre de la section mouillée qui inclut les parois solides mais ne comprend pas la surface libre.

2-2- rayon hydraulique

On appelle rayon hydraulique R_H le quotient de l'aire de la section mouillée « A » et du périmètre mouillée « P ».

$$R_H = \frac{A}{P} \quad (1)$$

En pratique, que la conduite soit enfouie ou en surface, sa pente sera a priori égale à celle du terrain naturel, qui est une donnée du problème. Après avoir

choisi a priori le matériau de la conduite, l'ingénieur doit calculer le diamètre économique pour véhiculer le débit de projet grâce à cette pente. Selon que cette pente soit très abrupte ou très faible, pour produire des vitesses respectivement très fortes ou très faibles d'un écoulement uniforme à surface libre, des rajustements dans le désigne de la conduite seront nécessaires.

Il existe plusieurs méthodes afin de relier la perte de charge unitaire S_f (pente) aux propriétés de l'écoulement en régime uniforme. La méthode la plus utilisée est celle e Manning :

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S_f^{1/2} \quad (2)$$

Ou, puisque ; $Q = V * A$

$$Q = \frac{A}{n} R_H^{2/3} S_f^{1/2} \quad (3)$$

V ; la vitesse moyenne de l'écoulement en m/s

S_f ; la pente de la ligne de charge = la pente de terrain dans l'écoulement uniforme.

R_H ; le rayon hydraulique en (m)

n ; coefficient de Manning

Le coefficient de Manning ne dépend que de la nature des surfaces des parois (tableau 1).

Description du canal	Valeurs de n		
	minimum	normale	maximum
CONDUITES FERMÉES PARTIELLEMENT PLEINES			
Métalliques			
Laiton lisse	0,009	0,010	0,013
Acier soudé	0,010	0,012	0,014
Acier riveté	0,013	0,016	0,017
Fonte enduite	0,010	0,013	0,014
Fonte brute	0,011	0,014	0,016
Fer forgé	0,012	0,014	0,015
Fer forgé galvanisé	0,013	0,016	0,017
Tôle ondulée, drain inférieur	0,017	0,019	0,021
Tôle ondulée, drain pluvial	0,021	0,024	0,030
Non métalliques			
Lucite	0,008	0,009	0,010
Verre	0,009	0,010	0,013
Ciment à surface finie	0,010	0,011	0,013
Ciment : mortier	0,011	0,013	0,015
Béton : ponceau droit et propre	0,010	0,011	0,013
Béton : avec coudes, connexions et quelques débris	0,011	0,013	0,014
Béton fini	0,011	0,012	0,014
Béton : égout droit avec regards etc.	0,013	0,015	0,017
Béton non fini, coulé dans des formes d'acier	0,012	0,013	0,014
Béton non fini, coulé dans des formes en bois lisse	0,012	0,014	0,016
Béton non fini, coulé dans des formes en bois rugueux	0,015	0,017	0,020
Bois : douve	0,010	0,012	0,014
Bois : laminé, traité	0,015	0,017	0,020
Terre cuite : tuile commune de drainage	0,011	0,013	0,017
Terre cuite : égout vitrifié	0,011	0,014	0,017
Terre cuite : égout vitrifié avec regards etc.	0,013	0,015	0,017
Terre cuite : drain vitrifié avec joints ouverts	0,014	0,016	0,018
Briques émaillées	0,011	0,013	0,015
Briques enduites de mortier de ciment	0,012	0,015	0,017
Égouts sanitaires tapissés de dépôts, avec coudes et connexions	0,012	0,013	0,016
Égout pavé avec fond lisse	0,016	0,019	0,020
Maçonnerie de gravats, cimentée	0,018	0,025	0,030
CANAUX CONSTRUITS OU TAPISSÉS			
Surface métallique			
Acier lisse non peint	0,011	0,012	0,014
Acier lisse peint	0,012	0,013	0,017
Tôle ondulée	0,021	0,025	0,030
Surface non métallique			
Ciment fini	0,010	0,011	0,013
Ciment de mortier	0,011	0,013	0,015
Bois raboté non traité	0,010	0,012	0,014
Bois raboté, créosoté	0,011	0,012	0,015
Bois non raboté	0,011	0,013	0,015
Bois de planches	0,012	0,015	0,018
Bois tapissé de papier à toiture	0,010	0,014	0,017
Béton fini à la truelle	0,011	0,013	0,015
Béton fini	0,013	0,015	0,016
Béton fini avec fond de gravier	0,015	0,017	0,020
Béton brut	0,014	0,017	0,020
Béton : gunite, bonne section	0,016	0,019	0,023
Béton : gunite, section ondulante	0,018	0,022	0,025
Béton : sur roche excavée de bonne qualité	0,017	0,020	
Béton : sur roche excavée irrégulière	0,022	0,027	

Tableau. 1 valeur de coefficient de Manning

Description du canal	Valeurs de n		
	minimum	normale	maximum
CANAUX CONSTRUITS OU TAPISSÉS (suite)			
Surface non métallique ((suite)			
Fond en béton, côtés en pierre taillée et mortier	0,015	0,017	0,020
Fond en béton, côtés en pierres quelconques et mortier	0,017	0,020	0,024
Fond en béton, côtés en maçonnerie de gravats plâtrée	0,016	0,020	0,024
Fond en béton, avec côtés en maçonnerie de gravats	0,020	0,025	0,030
Fond en béton, côtés en gravats ou riprap	0,020	0,030	0,035
Fond en gravier, côtés en béton placé dans des formes	0,017	0,020	0,025
Fond en gravier, côtés en pierres quelconques et mortier	0,020	0,023	0,026
Fond en gravier, côtés en gravats ou riprap	0,023	0,033	0,036
Briques émaillées	0,011	0,013	0,015
Briques dans du mortier de ciment	0,012	0,015	0,018
Maçonnerie de gravats dans le ciment	0,017	0,025	0,030
Maçonnerie de gravats	0,023	0,032	0,035
Pierre taillée	0,013	0,015	0,017
Asphalte lisse	0,013	0,013	
Asphalte rugueux	0,016	0,016	
Couverture végétale	0,030	0,500
CANAUX EXCAVÉS OU DRAGUÉS			
En terre, droits, propres et récents	0,018	0,018	0,020
En terre, droits, propres, après altération climatique	0,018	0,022	0,025
En terre, droits, propres, gravier, section uniforme	0,022	0,025	0,030
En terre, droits, avec herbe courte, peu d'autre végétation	0,022	0,027	0,033
En terre, sinueux, sans végétation	0,023	0,025	0,030
En terre, sinueux, de l'herbe et quelques autres végétaux	0,025	0,030	0,033
En terre, sinueux, beaucoup de plantes aquatiques dans canaux profonds	0,030	0,035	0,040
En terre, sinueux, fond en terre, côtés en gravats	0,028	0,030	0,035
En terre, sinueux, fond rocheux, côtés couverts de végétation	0,025	0,035	0,040
En terre, sinueux, fond en cailloux, côtés propres	0,030	0,040	0,050
Canaux dragués, sans végétation	0,025	0,028	0,033
Canaux dragués, un peu de buissons sur les berges	0,035	0,050	0,060
Canaux excavés dans le roc, parois lisses et uniformes	0,025	0,035	0,040
Canaux excavés dans le roc, parois irrégulières	0,035	0,040	0,050
Canaux non entretenus, végétation dense	0,050	0,080	0,120
Canaux non entretenus, fond propre, broussailles sur les côtés	0,040	0,050	0,080
Comme précédemment, écoulement à niveau maximum	0,045	0,070	0,110
Comme précédemment, avec broussailles denses	0,080	0,100	0,140
COURS D'EAU NATURELS			
Cours d'eau mineurs (largeur en crue < 30m), coulant dans la plaine			
Propres, droits, sans fosses profondes	0,025	0,030	0,033
Comme précédemment, avec cailloux et végétation	0,030	0,035	0,040
Propres, avec méandres, quelques bassins	0,033	0,040	0,045
Comme précédemment, avec cailloux et végétation	0,035	0,045	0,050
Comme précédemment, avec pentes et sections moins efficaces	0,040	0,048	0,055
Comme précédemment, avec cailloux	0,045	0,050	0,060
Parties lentes, végétation, bassins profonds	0,050	0,070	0,080
Portions encombrées de végétation, bassins profonds, berges boisées	0,075	0,100	0,150
Mineurs (largeur en crue < 30m), : ruisseaux de montagne à berges escarpées			
Fond en gravier et cailloux, peu de blocs	0,030	0,040	0,050
Fond en cailloux et de grands blocs	0,040	0,050	0,070

Tableau. 1 (suite) valeur de coefficient de Manning

Description du canal	Valeurs de n		
	minimum	normale	maximum
COURS D'EAU NATURELS (suite)			
Bassins versants			
Pâturages sans broussailles à herbe courte	0,025	0,030	0,035
Pâturages sans broussailles à herbe longue	0,030	0,035	0,050
Champs de culture sans végétation	0,020	0,030	0,040
Champs cultivés, plantes adultes en rangées	0,025	0,035	0,045
Champs cultivés, plantes adultes non alignées	0,030	0,040	0,050
Broussailles parsemées, végétation denses	0,035	0,050	0,070
Peu de broussailles et d'arbres, en hiver	0,035	0,050	0,060
Peu de broussailles et d'arbres, en été	0,040	0,060	0,080
Broussailles moyennes à denses, en hiver	0,045	0,070	0,110
Broussailles moyennes à denses, en été	0,070	0,100	0,160
Arbres : saulaie dense, été	0,110	0,150	0,200
Arbres : terre déboisée, avec souches, sans repousse	0,030	0,040	0,050
Comme précédemment, mais avec une repousse abondante	0,050	0,060	0,080
Boisé, arbres tombés, broussailles, niveau de crue sous les branches	0,080	0,100	0,120
Comme précédemment, niveau de crue atteint le niveau des branches	0,100	0,120	0,160
Cours d'eau majeurs (largeur en crue > 30m), coulant dans la plaine			
La valeur n est moins que celle des cours d'eau mineurs de description similaire car les rives offrent une moindre résistance effective.			
Section régulière sans blocs et sans broussailles	0,025	0,060
Section irrégulière et rugueuse	0,035	0,100

Tableau. 1 (suite et fin) valeur de coefficient de Manning