

CONTRIBUTION AU DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES DE FORME OVOÏDALE

CONTRIBUTION TO THE DESIGN OF EDGE SHAPED CONDUCTS

M. RIABI¹, B. ACHOUR²

¹ Maître-assistant, Université de Chleff
mohammedriabi@hotmail.com

² Professeur, Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface (LARHYSS)
Université de Biskra

RESUME

La présente étude a pour objectif le dimensionnement des conduites de forme ovoïdale partiellement remplies. Sur la base du modèle rugueux de référence le diamètre circonscrit caractéristique peut s'écrire $D = \psi \bar{D}$; \bar{D} représente le diamètre circonscrit du modèle rugueux de référence et ψ est un coefficient de correction des dimensions linéaires adimensionnel. Cette approche est applicable dans le domaine entier de l'écoulement turbulent et mène à des solutions explicites et pratiques de conceptions de telles conduites. Le calcul de la dimension linéaire, même celui de la profondeur normale, devient aisé dans une large gamme pratique du taux de remplissage compris entre 0,2 et 0,8.

ABSTRACT

The present study aims to contribute in the design of the egg-shaped conduct partially filled. On the basis of the referential rough model, the vertical diameter of the conduct can be written $D = \psi \bar{D}$, where \bar{D} is the vertical diameter of the referential rough model and ψ is a non-dimensional correction factor. This approach is applicable in the entire turbulent flow domain and leads in practice to explicit relationships for the design of such conducts. The computation of the linear dimension and also the normal depth is easy in the wide range of the flow depth ratio from 0.2 to 0.8.

1 INTRODUCTION

L'écoulement est considéré comme étant uniforme lorsque ses caractéristiques sont invariables dans le temps et dans l'espace. Les éléments à considérer dans l'écoulement permanent sont le débit volume Q , la pente i , la rugosité absolue ε , une dimension linéaire a quelconque (Achour et al., 2002), le taux de remplissage η de la conduite et la viscosité cinématique du liquide en écoulement. Ces paramètres sont liés par la relation fonctionnelle $\varphi(a, Q, i, \varepsilon, \eta, \nu) = 0$.

Trois catégories de problèmes peuvent se présenter dans la pratique de l'ingénieur hydraulicien. La première catégorie répond à un besoin de dimensionnement et consiste à évaluer la dimension linéaire a à partir des valeurs connues des cinq autres paramètres régissant l'écoulement (Achour et al., 2002). En se référant à la bibliographie, il n'existe à l'heure actuelle aucune relation explicite susceptible de répondre à cette catégorie de problème lorsque l'écoulement est de nature lisse ou de transition. Ceci s'explique par

l'impossibilité d'évaluer le nombre de Reynolds R puisque celui-ci dépend de la dimension linéaire a recherchée. Le problème peut être résolu en s'appuyant sur un procédé itératif. Dans le domaine rugueux, pour lequel a est indépendant de R , l'application de relations de type *Manning-Strickler* donne des résultats satisfaisants. La deuxième catégorie de problème consiste à évaluer le débit Q .

Ce problème est solutionné de manière explicite par la combinaison des relations de *Colebrook-White* et de *Darcy-Weisbach*, et ce quelle que soit la nature du régime d'écoulement. La troisième catégorie de problème est celle qui consiste à évaluer le gradient de la perte de charge J , pour ce cas, l'application des relations de type *Darcy-Weisbach* est suffisante (Swamee et Jain, 1976, 1977, 1978.)

Seul le problème du dimensionnement sera considéré dans la présente étude. Elle sera basée sur le modèle rugueux de référence. Ce modèle est une conduite caractérisée par une rugosité relative $\varepsilon/\bar{D} = 0,037$ arbitrairement choisie.

L'écoulement est supposé être turbulent rugueux de telle sorte que le coefficient de frottement soit égal à $\bar{f} = 1/16$ en vertu de l'équation de *Colebrook-white* pour un nombre de *Reynolds* $R = \bar{R} \rightarrow \infty$

Les études existantes se rapportant au dimensionnement de telles conduites ne sont pas nombreuses. Elles proposent soit une résolution graphique ou soit des solutions itératives basées toutes sur un coefficient de résistance à l'écoulement constant. D'autres donnent, avec des relations approchées explicites, des solutions pour les grosses conduites remplies à 75% (*Swamee et Swamee, 2008*). Il n'existe pas actuellement une approche théorique donnant des solutions intégrant toute valeur du taux de remplissage η entre 0 et 1.

2 CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DE LA CONDUITE

La conduite ovoïdale considérée dans la présente étude est celle communément appelée conduite ovoïdale normale (*Lancastre, 1996*) représentée par la figure-1 ci-dessous.

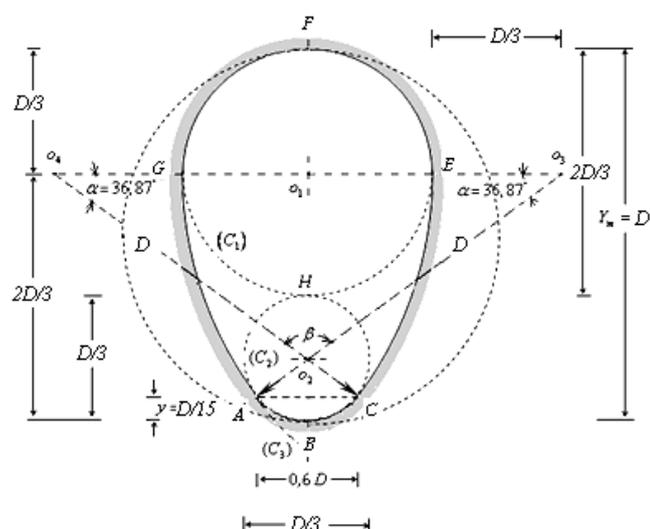


Figure 1 : Schéma de définition de la conduite ovoïdale normale

La conduite est caractérisée par la dimension représentant sa hauteur Y_m égale au diamètre D du cercle circonscrit. Elle est formée dans sa partie haute par un demi-cercle (C_1) de diamètre $2D/3$ et dans sa partie basse par un arc de cercle (C_2) de diamètre $D/3$; les deux parties sont reliées symétriquement par deux arcs (C_3) de diamètre D . On démontre aisément que :

$$\alpha = 36,87^\circ \quad \beta = 106,26^\circ$$

$$y = D/15$$

$$\overline{AC} = 4/15 D$$

$$\square AC = 0,30909841D$$

$$\square GA = 0,64350111D$$

3 CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCOULEMENT

Les caractéristiques de l'écoulement, telle que l'aire de la section mouillée A , le périmètre mouillé P , le rayon hydraulique R_h ou la largeur du plan d'eau e dépendent du taux de remplissage $\eta = y_n/D$ ou y_n est la profondeur normale de l'écoulement et D est la hauteur de la conduite. Ces caractéristiques s'expriment par différentes relations selon le lieu géométrique de l'écoulement.

Nous avons trois lieux géométriques différents que peut occuper l'écoulement, selon la valeur du taux de remplissage :

- Entre le point B et la corde \overline{AC} de la partie circulaire basse, soit $\eta \leq 1/15$
- Entre les cordes \overline{AC} et \overline{GE} de l'espace délimité par les arcs de cercle $\square GA$ et $\square CE$, soit $1/15 \leq \eta \leq 2/3$
- Entre la corde \overline{GE} et le point F de la partie circulaire la plus haute de la conduite, soit $2/3 \leq \eta \leq 1$.

$$\eta \leq 1/15$$

Largeur du plan d'eau

Lorsque $\eta \leq 1/15$, la largeur du plan d'eau e , correspondant à la corde \overline{ab} est :

$$e = \frac{2D}{3} \sqrt{3\eta(1-3\eta)} \quad (1)$$

Périmètre mouillé

Le périmètre mouillé P correspond à la longueur de l'arc $\square ab$, soit :

$$P = \frac{D}{3} \sigma(\eta) \quad (2)$$

Où :

$$\sigma(\eta) = \cos^{-1}(1-6\eta) \quad (3)$$

Aire de la section mouillée

L'aire de la section mouillée A s'exprime dans ce lieu géométrique par :

$$A = \frac{D^2}{36} \sigma(\eta) \varphi(\eta) \quad (4)$$

où :

$$\varphi(\eta) = 1 - \frac{2(1-6\eta)\sqrt{3\eta(1-3\eta)}}{\cos^{-1}(1-6\eta)} \quad (5)$$

Rayon hydraulique

Les relations (4) et (2) permettent de déduire que le rayon hydraulique est :

$$R_h = \frac{D}{12} \varphi(\eta) \quad (6)$$

$$1/15 \leq \eta \leq 2/3$$

Largeur du plan d'eau

Lorsque $1/15 \leq \eta \leq 2/3$, la largeur du plan d'eau e correspond à \overline{gC} , soit :

$$e = 2D \left[\sqrt{1 - \left(\eta - \frac{2}{3}\right)^2} - \frac{2}{3} \right] \quad (7)$$

Périmètre mouillé

Lorsque $1/15 \leq \eta \leq 2/3$, le périmètre mouillé est :

$$P = D\mathcal{G}(\eta) \quad (8)$$

Où la fonction $\mathcal{G}(\eta)$ est par définition :

$$\mathcal{G}(\eta) = 1,59610063 - 2 \sin^{-1} \left(\frac{2}{3} - \eta \right) \quad (9)$$

Aire de la section mouillée

L'aire de la section mouillée A correspondant à $1/15 \leq \eta \leq 2/3$ est définie par :

$$A = \zeta(\eta)D^2 \quad (10)$$

Où la fonction $\zeta(\eta)$ est :

$$\zeta(\eta) = 1,22481487 - \sin^{-1} \left(\frac{2}{3} - \eta \right) + \left(\eta - \frac{2}{3} \right) \sqrt{1 - \left(\frac{2}{3} - \eta \right)^2} - \frac{4}{3} \eta \quad (11)$$

Rayon hydraulique

Le rayon hydraulique s'écrit, en ayant recours aux relations (8) et (10) :

$$R_h = A/P = D \frac{\zeta(\eta)}{\mathcal{G}(\eta)} \quad (12)$$

$$2/3 \leq \eta \leq 1$$

Largeur du plan d'eau

Lorsque $2/3 \leq \eta \leq 1$, la largeur du plan d'eau e correspond à la corde \overline{fe} :

$$e = 2D\sqrt{(\eta - 1/3)(1 - \eta)} \quad (13)$$

Périmètre mouillé

Pour $2/3 \leq \eta \leq 1$, le périmètre est déterminé par la relation :

$$P = D\tau(\eta) \quad (14)$$

Où fonction $\tau(\eta)$ est :

$$\tau(\eta) = 2,64329818 - \frac{2}{3} \cos^{-1} \left[3\left(\eta - \frac{2}{3}\right) \right] \quad (15)$$

Aire de la section mouillée

L'aire de la section mouillée A , dans le cas où $2/3 \leq \eta \leq 1$, est donnée par :

$$A = D^2 \lambda(\eta) \quad (16)$$

Et où la fonction $\lambda(\eta)$:

$$\lambda(\eta) = 0,5104589 - \frac{1}{9} \cos^{-1} \left[3\left(\eta - \frac{2}{3}\right) \right] + \left(\eta - \frac{2}{3}\right) \sqrt{\left(\eta - \frac{1}{3}\right)(1 - \eta)} \quad (17)$$

Rayon hydraulique

Lorsque $2/3 \leq \eta \leq 1$, le rayon hydraulique $R_h = A/P$ s'exprime par :

$$R_h = D \frac{\lambda(\eta)}{\tau(\eta)} \quad (18)$$

4 DIMENSIONNEMENT DE LA CONDUITE

Le diamètre D peut être évalué par la relation fondamentale de la MMR, applicable à toute forme de profil géométrique de conduites et canaux (Achour et Bedjaoui, 2006) :

$$D = \psi \overline{D} \quad (19)$$

Où \overline{D} représente le diamètre du modèle rugueux de référence et ψ un coefficient sans dimension.

41 DETERMINATION DU DIAMETRE \bar{D} PAR LA MMR

Selon la MMR, l'écoulement dans le modèle rugueux de référence est caractérisé par un coefficient de frottement $\bar{f} = 1/16$ (Achour, 2007), ce qui se traduit par un coefficient de résistance de Chézy

$$\bar{C} = \sqrt{8g/\bar{f}} = 8\sqrt{2g} = \text{constante} \quad (20)$$

En outre, le modèle rugueux est caractérisé par un diamètre \bar{D} , écoulant un débit volume \bar{Q} d'un liquide de viscosité cinématique $\bar{\nu}$ correspondant à un taux de remplissage $\bar{\eta}$, sous une pente longitudinale \bar{i} . Pour déterminer le diamètre, admettons les conditions suivantes :

$$\bar{D} \neq D, \bar{Q} = Q, \bar{i} = i, \bar{\eta} = \eta, \bar{\nu} = \nu$$

Définissons la conductivité relative

$$\bar{Q}^* = \frac{Q}{\sqrt{C^2 D^5 i}} \quad (21)$$

Selon la relation (21) et tenant compte des conditions ci-dessus indiquées, la conductivité relative \bar{Q}^* du modèle rugueux de référence serait telle que :

$$\bar{Q}^* = \frac{Q}{\sqrt{C^2 \bar{D}^5 i}} \quad (22)$$

Ou bien, en tenant compte de la relation (20) :

$$\bar{Q}^* = \frac{Q}{\sqrt{128g \bar{D}^5 i}} \quad (23)$$

Le débit volume Q est donné par la relation de Chézy :

$$Q = CA\sqrt{R_h i} \quad (24)$$

Selon la gamme de valeurs du taux de remplissage η , l'aire de la section mouillée A ainsi que le rayon hydraulique R_h s'expriment par les relations que nous avons établies précédemment, et la conductivité relative \bar{Q}^* est déduite à partir des relations (23) et (24) par les relations suivantes :

$$i. \quad \eta \leq 1/15$$

$$\bar{Q}^* = \frac{\sigma(\eta)[\varphi(\eta)]^{3/2}}{72\sqrt{3}} \quad (25)$$

Les relations (23) et (25) permettent de déduire que le diamètre D du modèle rugueux de référence est :

$$\bar{D} = \frac{1,6117}{[\sigma(\eta)]^{0,4} [\varphi(\eta)]^{0,6}} \left(\frac{Q}{\sqrt{gi}} \right)^{0,4} \quad (26)$$

$$ii. \quad 1/15 \leq \eta \leq 2/3$$

$$\bar{Q}^* = \frac{[\zeta(\eta)]^{3/2}}{[\vartheta(\eta)]^{1/2}} \quad (27)$$

Les relations (23) et (27) permettent d'écrire que :

$$\bar{D} = \frac{[\vartheta(\eta)]^{0,2}}{2,639[\zeta(\eta)]^{0,6}} \left(\frac{Q}{\sqrt{gi}} \right)^{0,4} \quad (28)$$

$$iii. \quad 2/3 \leq \eta \leq 1$$

$$\bar{Q}^* = \frac{[\lambda(\eta)]^{3/2}}{[\tau(\eta)]^{1/2}} \quad (29)$$

Nous pouvons déduire des relations (23) et (29) que :

$$\bar{D} = \frac{[\tau(\eta)]^{0,2}}{2,639[\lambda(\eta)]^{0,6}} \left(\frac{Q}{\sqrt{gi}} \right)^{0,4} \quad (30)$$

4.2 Détermination du coefficient ψ et expression du diamètre

Le paramètre ψ sans dimension compris entre les valeurs 0 et 1 (tel que $0 \leq \psi \leq 1$) est défini par la relation (Achour et Bedjaoui, 2006):

$$\psi = 1,35 \left[-\log \left(\frac{\varepsilon}{19R_h} + \frac{8,5}{R} \right) \right]^{-2/5} \quad (31)$$

Où \bar{R}_h , le rayon hydraulique du modèle rugueux de référence, est donné par les relations (6), (12) et (18) selon la gamme de valeurs du taux de remplissage η , alors que \bar{R} , le nombre de Reynolds, est donné par la relation ((Achour et Bedjaoui, 2006) :

$$\bar{R} = 32\sqrt{2} \frac{\sqrt{gi \bar{R}_h^3}}{\nu} \quad (32)$$

Il n'existe de nos jours aucune relation générale susceptible d'évaluer à elle seule le rayon hydraulique R_h . Pour une conduite ovoïdale normale à l'état plein, correspondant au taux de remplissage $\eta=1$, le rayon hydraulique $R_{h,p}$ est régi par la relation (18), et l'on peut aisément montrer que $R_{h,p}$ est, en vertu des relations (15), (17) et (18) :

$$R_{h,p} = 0,1931D \quad (33)$$

Par suite, le nombre de Reynolds \overline{R}_p à l'état plein du modèle rugueux de référence est, selon la relation (32) :

$$\overline{R}_p \cong 3,84 \sqrt[3]{g^i D^3} \quad (34)$$

En ayant recours aux relations (6), (12), et (18) pour \overline{R}_h et (34) pour \overline{R}_p la relation (32) donne pour :

$$\begin{aligned} & \bullet \quad \eta \leq 1/15 \\ & \overline{R} = 0,2835[\varphi(\eta)]^{3/2} \overline{R}_p \end{aligned} \quad (35)$$

La relation (31) devient :

$$\psi = 1,35 \left[-\log \left(\frac{\varepsilon/\overline{D}}{1,583\varphi(\eta)} + \frac{29,9824}{[\varphi(\eta)]^{3/2} \overline{R}_p} \right) \right]^{-2/5} \quad (36)$$

Alors la relation (19) donne :

$$D = 1,35\overline{D} \left[-\log \left(\frac{\varepsilon/\overline{D}}{1,583\varphi(\eta)} + \frac{29,9824}{[\varphi(\eta)]^{3/2} \overline{R}_p} \right) \right]^{-2/5} \quad (37)$$

- $1/15 \leq \eta \leq 2/3$:

$$\overline{R} = 11,785 \left[\frac{\zeta(\eta)}{\mathcal{G}(\eta)} \right]^{3/2} \overline{R}_p \quad (38)$$

La relation (31) devient :

$$\psi = 1,35 \left[-\log \left(\frac{\varepsilon/\overline{D}}{19[\zeta(\eta)/\mathcal{G}(\eta)]} + \frac{0,721}{[\zeta(\eta)/\mathcal{G}(\eta)]^{3/2} \overline{R}_p} \right) \right]^{-2/5} \quad (39)$$

$$D = 1,35\overline{D} \left[-\log \left(\frac{\varepsilon/\overline{D}}{19[\zeta(\eta)/\mathcal{G}(\eta)]} + \frac{0,721}{[\zeta(\eta)/\mathcal{G}(\eta)]^{3/2} \overline{R}_p} \right) \right]^{-2/5} \quad (40)$$

$$\overline{R} = 11,785 \left[\frac{\lambda(\eta)}{\tau(\eta)} \right]^{3/2} \overline{R}_p \quad (41)$$

La relation (31) devient :

$$\psi = 1,35 \left[-\log \left(\frac{\varepsilon/\overline{D}}{19[\lambda(\eta)/\tau(\eta)]} + \frac{0,721}{[\lambda(\eta)/\tau(\eta)]^{3/2} \overline{R}_p} \right) \right]^{-2/5} \quad (42)$$

$$D = 1,35\overline{D} \left[-\log \left(\frac{\varepsilon/\overline{D}}{19[\lambda(\eta)/\tau(\eta)]} + \frac{0,721}{[\lambda(\eta)/\tau(\eta)]^{3/2} \overline{R}_p} \right) \right]^{-2/5} \quad (43)$$

Ainsi, avec les valeurs connues des paramètres Q , η et i , les étapes de calcul de D sont alors les suivantes :

- A partir des valeurs connues du taux de remplissage η de la conduite, les relations (3), (5), (9), (11), (15), et (17) permettent de déterminer la valeur des fonctions $\sigma(\eta)$, $\varphi(\eta)$, $\mathcal{G}(\eta)$, $\zeta(\eta)$, $\tau(\eta)$, et $\lambda(\eta)$ respectivement.
- Les valeurs des fonctions ainsi déterminées, Q et i sont introduites dans l'une des relations (26), (28), ou (30) pour le calcul de \overline{D} .

Le nombre de Reynolds \overline{R}_p est alors déduit de la relation (34).

Ainsi, tous les paramètres de l'une des relations (37), (40), et (43) sont connus pour l'évaluation du diamètre recherché D de la conduite.

Le coefficient ψ est donné par l'une des relations (36), (39) ou (42). Ces paramètres permettent également d'évaluer le nombre de Reynolds \overline{R} de l'écoulement dans le modèle rugueux de référence, par application de l'une des relations (35), (38) ou (41).

Exemple d'application

La conduite ovoïdale normale représentée par la figure 1 est le siège d'un écoulement uniforme. Elle écoule un débit volume $Q=1,337\text{m}^3/\text{s}$ d'un liquide de viscosité cinématique $\nu=10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$, sous une pente Longitudinale $i=5.10^{-4}$. La paroi interne de la conduite est caractérisée par la rugosité absolue $\varepsilon=0,0005\text{m}$ et le taux de remplissage est $\eta=0,65$.

Calculer la valeur du diamètre D de la conduite

Solution

Puisque $1/15 \leq \eta \leq 2/3$, alors le diamètre D de la conduite est donné par la relation (40). Les fonctions $\mathcal{G}(\eta)$ et $\zeta(\eta)$ sont données par les relations (9) et (11) respectivement et prennent pour valeurs :

$$\mathcal{G}(\eta = 0,65) = 1,56276575 \quad \zeta(\eta=0,65)=0,32481641$$

Selon la relation (28), le diamètre \bar{D} est :

$$\begin{aligned} \bar{D} &= \frac{[\mathcal{G}(\eta)]^{0,2}}{2,639[\zeta(\eta)]^{0,6}} \left(\frac{Q}{\sqrt{gi}} \right)^{0,4} \\ &= \frac{1,56276575^{0,2}}{2,639 \times 0,32481641^{0,6}} \times \left(\frac{1,337}{\sqrt{9,81 \times 5.10^{-4}}} \right)^{0,4} \\ &= 2,64655772 \text{ m} \end{aligned}$$

Le nombre de Reynolds \bar{R}_p à l'état plein est, en vertu de la relation (34) :

$$\begin{aligned} \bar{R}_p &\cong 3,84 \frac{\sqrt{gi\bar{D}^3}}{\nu} \\ &= 3,84 \times \frac{\sqrt{9,81 \times 0,0005 \times 2,64655772^3}}{10^{-6}} \\ &= 1157905 \end{aligned}$$

Le diamètre est déterminé par la relation (40) :

$$\begin{aligned} D &= 1,35\bar{D} \left[-\log \left(\frac{\varepsilon/\bar{D}}{19[\zeta(\eta)/\mathcal{G}(\eta)]} + \frac{0,721}{[\zeta(\eta)/\mathcal{G}(\eta)]^{3/2} \bar{R}_p} \right) \right]^{-2/5} \\ &= 1,35 \times 2,64655772 \times \\ &\quad \left[-\log \left(\frac{0,0005/2,64655772}{19[0,32481641/1,56276575]} + \frac{0,721}{[0,32481641/1,56276575]^{3/2} \times 1157905} \right) \right]^{-2/5} \\ &= 2,00020985 \text{ m} \end{aligned}$$

Soit un diamètre $D=2$ m.

Vérifions nos calculs en déterminant le débit volume Q par application de la formule générale (Achour et Bedjaoui, 2006):

$$Q = -4\sqrt{2g} A \sqrt{R_h} i \log \left(\frac{\varepsilon}{14,8R_h} + \frac{10,04}{R} \right)$$

Pour cela, évaluons d'abord l'aire de la section mouillée A , le rayon hydraulique R_h et le nombre de Reynolds R , pour

le diamètre D que nous avons calculé.

L'aire de la section mouillée A est donnée par la relation (10), soit :

$$A = D^2 \zeta(\eta) = 2,00020985^2 \times 0,32481641 = 1,2995383 \text{ m}^2$$

Le rayon hydraulique est donné par la relation (12), soit :

$$R_h = D \frac{\zeta(\eta)}{\mathcal{G}(\eta)} = 2,00020985 \times \frac{0,32481641}{1,56276575} = 0,41573792 \text{ m}$$

Le nombre de Reynolds R est régi par la relation (32), soit :

$$\begin{aligned} R &= 32\sqrt{2} \frac{\sqrt{giR_h^3}}{\nu} \\ &= 32 \times \sqrt{2} \times \frac{\sqrt{9,81 \times 0,0005 \times 0,41573792^3}}{10^{-6}} \\ &= 849599 \end{aligned}$$

Ainsi, selon la relation générale, le débit volume Q est égal à :

$$\begin{aligned} Q &= -4\sqrt{2g} A \sqrt{R_h} i \log \left(\frac{\varepsilon}{14,8R_h} + \frac{10,04}{R} \right) \\ &= 4 \times \sqrt{2 \times 9,81} \times 1,2995383 \\ &\quad \times \sqrt{0,41573792 \times 0,0005} \times \log \left(\frac{0,0005}{14,8 \times 0,41573792} + \frac{10,04}{849599} \right) \\ &= 1,33820268 \text{ m}^3/\text{s} \cong 1,338 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

L'écart relatif entre le débit volume Q que nous venons de calculer et celui donné à l'énoncé de l'exemple d'application considéré est inférieur à 0,09% seulement

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ACHOUR B., BEDJAOUI, A., KHATTAOUI, M., DABABECHE, M. (2002). Contribution au calcul des écoulements uniformes à surface libre et en charge. Larhyss/Journal n°1, 7-36.
- [2] ACHOUR B., BEDJAOUI, A. (2006). Discussion. Exact Solutions for Normal Depth Problem" by Prabatha, K. Swamee and Pushpa N. Rathie, J. Hydraulic. Res., Vol.44, n°5, 715-717.
- [3] ACHOUR B., BEDJAOUI, A. (2006). Contribution au calcul de la profondeur normale dans un canal rectangulaire. Larhyss/Journal n°5, 139-147
- [4] ACHOUR B., BEDJAOUI, A. (2006). Calcul du coefficient de frottement en conduite circulaire sous pression. Larhyss/Journal n°5, 197-200
- [5] CARLIER M. (1986). Hydraulique générale et appliquée, Ed. Eyrolles, Paris.
- [6] LENCATRE A. (1996). Hydraulique générale, Ed. Eyrolles, Paris.

- [7] SWAMEE P.K., SWAMEE N. (2008). Design of non-circular sewer sections, J. Hydraulic Res., Vol.46, n°2, 277-281.

PRINCIPALES NOTATIONS

a (m) Dimension linéaire.

A (m²) Aire d'une section mouillée.

P (m) Périmètre mouillée.

D (m) Diamètre d'une conduite.

\bar{D} (m) Diamètre d'une conduite dans le modèle rugueux de référence.

\bar{f} (-) Coefficient de frottement dans le modèle rugueux de référence.

g (m.sec⁻²) Accélération de la pesanteur.

P (m) Périmètre mouille.

Q (m³.sec) Débit volume.

\bar{Q} (m³.sec) Débit dans le modèle rugueux de référence.

Q^* (-) Conductivité relative.

\bar{Q}^* (-) Conductivité relative dans le modèle rugueux de référence.

R (-) Nombre de *Reynolds*.

R_p (-) Nombre de *Reynolds* à l'état plein

R_p (-) Nombre de *Reynolds* à l'état plein

\bar{R} (-) Nombre de *Reynolds* dans le modèle rugueux de référence.

\bar{R}_h (m) Rayon hydraulique dans le modèle rugueux de référence.

Ψ (-) Paramètre sans dimension.

ε (-) rugosité absolue.

$\bar{\nu}$ (m².sec⁻¹) viscosité cinématique dans le modèle rugueux de référence

η (-) taux de remplissag