



Centre Universitaire Nour Bachir d'El-Bayadh
Département de Génie Civil et Hydraulique

1^{ère} année Master Ressources Hydrauliques

Correction de l'examen final

Module : Les écoulements à surface libre

Année universitaire : 2020/2021

Solution de l'exercice 1

Données : $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$, $y = 6 \text{ m}$, $m = 1$ et $z = 20 \text{ m}$.

Suivant la figure, la section mouillée est $A = (12 + 5m)5 + (120 + 2 \times 5m + 12 + m(y - 5))(y - 5) = (12 + 1 \times 5)5 + (120 + 2 \times 1 \times 5 + 12 + 1(y - 5))(y - 5) = 228 \text{ m}^2$. [1 Pts]

La vitesse moyenne : $V = \frac{Q}{A} = \frac{200}{228} = 0,88 \text{ m/s}$. [1 Pts]

L'énergie totale : $E = y + \alpha \frac{V^2}{2g} + z = 6 + 1 \frac{0,88^2}{2 \times 9,81} + 20$, $E = 26,04 \text{ m}$. [1 Pts]

Solution de l'exercice 2

Données : $b = 8,0 \text{ m}$, $m = 1,5$, $n = 0,015$, $Q = 59,32 \text{ m}^3/\text{s}$ et $y_n = 2,0$.

La section mouillée : $A = (b + my_n)y_n = (8 + 1,5 \times 2)2 = 22 \text{ m}^2$. [1 Pts]

Le périmètre mouillé : $P_w = b + 2y_n\sqrt{1 + m^2} = 8 + 2 \times 2\sqrt{1 + 1,5^2} = 15,21 \text{ m}$. [1 Pts]

Le rayon hydraulique : $R_h = \frac{A}{P_w} = \frac{22}{15,21} = 1,45 \text{ m}$. [1 Pts]

En utilisant la formule de Manning-Strickler : $Q = \frac{A}{n} R_h^{2/3} S_0^{1/2} \Rightarrow S_0 = \frac{n^2 Q^2}{A^2 R_h^{4/3}} = \frac{0,015^2 \times 59,32^2}{22^2 \times 1,45^{4/3}}$
 $S_0 = 0,001 \text{ m/m}$. [1 Pts]

Solution de l'exercice 3

Données : $b = 4 \text{ m}$, $m = -0,5$, $y_c = 1,58 \text{ m}$

La largeur superficielle : $T_c = b + 2my_c = 4 + 2(-0,5)(1,58) = 2,42 \text{ m}$. [0,5 Pts]

La section mouillée : $A_c = (b + my_c)y_c = (4 - 0,5 \times 1,58)1,58 = 5,07 \text{ m}^2$. [0,5 Pts]

De la condition critique : $\alpha \frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c} \Rightarrow Q = \frac{g A_c^3}{\alpha T_c} = \frac{9,81 \times 5,07^3}{1 \times 2,42}$
 $Q = 23 \text{ m}^3/\text{s}$ [1 Pts]

La vitesse critique : $V_c = \frac{Q}{A_c} = \frac{23}{5,07}$, $V_c = 4,53 \text{ m/s}$. [1 Pts]

L'énergie spécifique critique : $E_{sc} = y_c + \frac{V_c^2}{2g} = 1,58 + \frac{4,53^2}{2 \times 9,81}$, $E_{sc} = 2,63 \text{ m}$. [1 Pts]

Solution de l'exercice 4

Données : $b = 5,0 \text{ m}$, $m = 1$, $Q = 52,53 \text{ m}^3/\text{s}$, $S_0 = 0,01 \text{ m/m}$ et $n = 0,01$

Pour déterminer le type de courbe de la ligne d'eau, il faut calculer y_n et y_c . Ces deux profondeurs seront déterminées graphiquement

Pour y_n , nous avons : $\frac{nQ}{\sqrt{S_0}b^{8/3}} = \frac{0,01 \times 52,53}{\sqrt{0,01} \times 5^{8/3}} = 0,07$

À partir de la courbe "Détermination de la profondeur normale des canaux de section rectangulaire et trapézoïdale", la valeur de $\frac{y_n}{b} = 0,2$ donc, $y_n = 0,2 \times 5$, $y_n = 1 \text{ m}$. [1 Pts]

Pour y_c , nous avons : $\frac{Qm^{1,5}}{g^{0,5}b^{2,5}} = \frac{52,53 \times 1^{1,5}}{9,81^{0,5} \times 5^{2,5}} \approx 0,3$

À partir de la courbe "Détermination de la profondeur critique des canaux de section trapézoïdale", la valeur de $\frac{my_c}{b} = 0,39$ donc, $y_c = \frac{0,39 \times 5}{1}$, $y_c = 1,95 \text{ m}$. [1 Pts]

Comme $y_c > y_n$, l'écoulement est à pente forte. La ligne de la surface d'eau sera donc une courbe de type **S**. [0,5 Pts]

a) Pour $y = 0,8 \text{ m}$, $y < y_n < y_c$; la forme de la surface d'eau est de type de branche **S3**. [0,5 Pts]

b) Pour $y = 1,2 \text{ m}$, $y_n < y < y_c$; la forme de la surface d'eau est de type de branche **S2**. [0,5 Pts]

c) Pour $y = 2,3 \text{ m}$, $y_n < y_c < y$; la forme de la surface d'eau est de type de branche **S1**. [0,5 Pts]

Solution de l'exercice 5

Données : $b = 6 \text{ m}$, $Q = 15,61 \text{ m}^3/\text{s}$ et $y_1 = 0,3 \text{ m}$.

1) La profondeur conjuguée du ressaut

La vitesse moyenne : $V_1 = \frac{Q}{by_1} = \frac{15,61}{6 \times 0,3} = 8,67 \text{ m/s}$. [0,5 Pts]

Le nombre de Froude : $Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gy_1}} = \frac{8,67}{\sqrt{9,81 \times 0,3}} = 5,06$, l'écoulement est torrentiel. [0,5 Pts]

La profondeur conjuguée, pour un canal rectangulaire se calcule par l'équation :

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right] \Rightarrow y_2 = \frac{y_1}{2} \left[\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right] = \frac{0,3}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \times 5,06^2} - 1 \right]$$

$y_2 = 2,0 \text{ m}$. [1 Pts]

2) La hauteur du ressaut

$a = y_2 - y_1 = 2,0 - 0,3$; $a = 1,7 \text{ m}$. [1 Pts]

3) La puissance dissipée

La perte de charge due au ressaut dans un canal rectangulaire se calcule par l'équation :

$$\Delta H_s = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2} = \frac{(2 - 0,3)^3}{4 \times 2 \times 0,3} = 2,05 \text{ m}.$$
 [0,5 Pts]

La puissance dissipée : $\mathcal{P} = \rho g Q \Delta H_s = 10^3 \times 9,81 \times 15,61 \times 2,05$

$\mathcal{P} = 313463 \text{ W}$. [0,5 Pts]