

EXERCICE 15

ETABLISSEXTRAPOLATION D'UNE COURBE DE TARAGE PAR LA METHODE DE STEVENS.

Les débits d'un oued sont contrôlés par une station de jaugeage où on a réalisé dix huit mesures de débit Q pour différentes hauteurs d'eau H . Ces mesures sont présentées dans le tableau 15.1 et illustrées en figure 15.1.

Tableau 15.1. Jaugeages disponibles

Hauteur H (m)	Débit Q (m^3/s)	Hauteur H (m)	Débit Q (m^3/s)
1.05	3.9	2.68	21.2
1.90	9.7	2.99	25.4
1.51	12.1	3.20	27.0
2.22	17.9	3.23	31.2
1.96	12.9	3.49	33.4
1.25	7.0	3.71	38.7
1.32	5.4	4.12	42.5
2.07	12.3	4.15	45.1
2.49	17.6	5.00	62.8

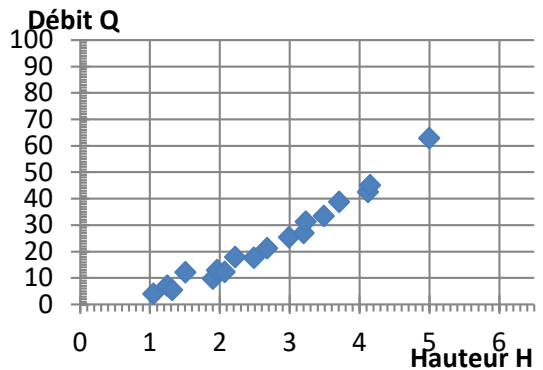


Fig.15.1. Jaugeages disponibles

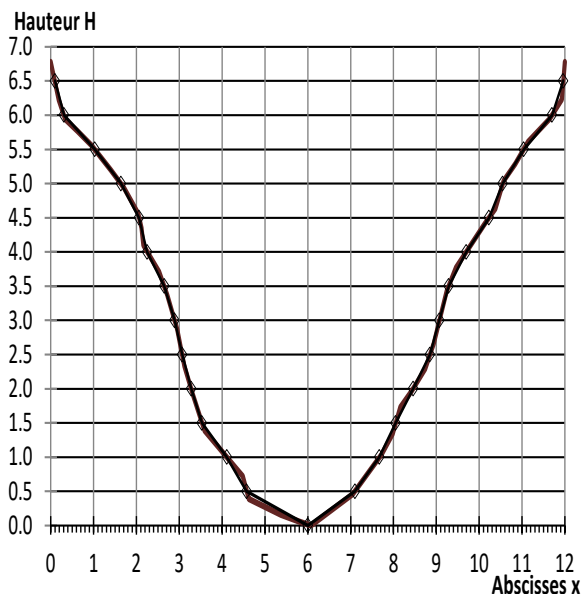
Par ailleurs, les agents du service gestionnaire ont procédé au relevé du profil en travers de l'oued au droit du limnigraphe.

Ce profil a été digitalisé en notant les abscisses X , rive gauche et rive droite pour toutes les hauteurs H de 0 à 6,5m avec un pas de 50 cm, ce qui paraît suffisant pour approcher correctement le profil en travers.

La plus forte hauteur enregistrée est de 6,5 m et 5 m est la plus forte hauteur jaugée (Tableau 15.2 et Fig. 15.2).

Tableau 15.1. Données

Hauteur H (m)	X rive gauche (m)	X rive droite(m)
0.0	6.00	6.00
0.5	4.57	7.10
1.0	4.11	7.67
1.5	3.53	8.05
2.0	3.28	8.46
2.5	3.07	8.85
3.0	2.89	9.07
3.5	2.65	9.29
4.0	2.25	9.70
4.5	2.06	10.23
5.0	1.64	10.55
5.5	1.03	11.04
6.0	0.31	11.70
6.5	0.10	11.96

**Fig.15.2. Données géométriques disponibles**

On vous demande d'établir la courbe de tarage établissant la relation entre la hauteur H et le débit Q pour toutes les hauteurs H de 0 à 6,5 m et de 50 en 50 cm.

Cette courbe sera établie d'après ces données et en utilisant la méthode de Stevens.

Caractéristiques géométriques de la section.

La première étape consiste à estimer le périmètre mouillé P, la surface mouillée S et le rayon hydraulique R_h ($R_h = S/P$) pour les différentes hauteurs H. Ces calculs ont été faits de 0 à 5m. Complétez le tableau 15.3 et les courbes suivantes pour les hauteurs de 5.5, 6 et 6.5 m (Fig.15.3).

Tableau 15.3. Calcul des caractéristiques

Hauteur H	P	S	Rh	Fac. Géo
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	2.72	0.63	0.23	0.30
1.0	4.16	2.16	0.52	1.55
1.5	5.55	4.18	0.75	3.62
2.0	6.76	6.60	0.98	6.52
2.5	7.94	9.34	1.18	10.13
3.0	9.01	12.33	1.37	14.42
3.5	10.12	15.54	1.54	19.25
4.0	11.40	19.06	1.67	24.64
4.5	12.67	22.96	1.81	30.92
5.5	13.91	27.23	1.96	38.10
5.5				
6.0				
6.5				

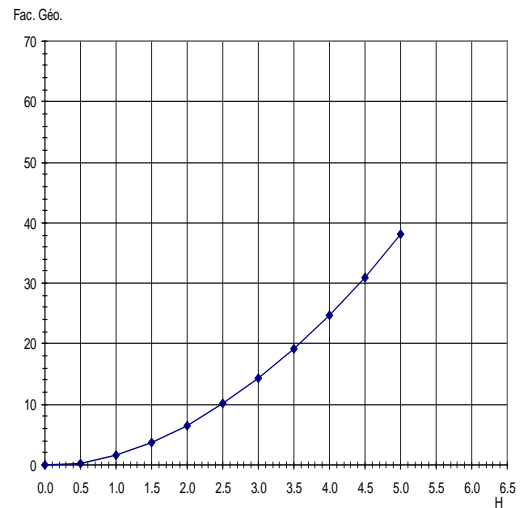


Fig. 15.3. Caractéristiques géométriques de la section

Caractéristiques hydrodynamiques lors des jaugeages.

La méthode de Stevens préjuge que l'écoulement se fait dans des conditions voisines du régime uniforme et que les débits sont voisins de ce que donne la formule de Chézy :

$$Q = S C \sqrt{R_h} I \tag{15.1}$$

C est le coefficient de Chézy qui caractérise la rugosité moyenne dans la section, et I représente la pente du fond.

La géométrie de la section permet de connaître pour toute valeur de H, le terme $S\sqrt{R_h}$ appelé facteur géométrique.

Le terme $C\sqrt{I}$, appelé facteur hydrodynamique ou encore facteur de pente, ne peut être connu qu'à partir des jaugeages puisque la rugosité du lit change avec la hauteur d'eau H. Cependant ce terme varie relativement lentement avec la hauteur H et on peut même supposer cette variation linéaire.

Pour les quinze premiers jaugeages, on a estimé les valeurs du facteur de pente par l'expression 15.2.

$$C\sqrt{I} = \frac{Q}{S\sqrt{R_h}} \quad (15.2)$$

Complétez le tableau 15.4 et le graphique (Fig. 15.4) pour les trois plus forts jaugeages.

A partir des 8 plus forts jaugeages, vous supposerez que la variation du facteur de pente est linéaire par rapport à H et vous en donnerez l'équation.

Tableau 15.4. Facteur de pente

H	Q	Fac. Géo.	Fac. Pente
1.05	3.9	1.76	2.22
1.25	7	2.59	2.71
1.32	5.4	2.87	1.88
1.51	12.1	3.68	3.29
1.9	9.7	5.94	1.63
1.96	12.9	6.29	2.05
2.07	12.3	7.03	1.75
2.22	17.9	8.11	2.21
2.49	17.6	10.06	1.75
2.68	21.2	11.68	1.82
2.99	25.4	14.33	1.77
3.2	27	16.35	1.65
3.23	31.2	16.64	1.87
3.49	33.4	19.16	1.74
3.71	38.7	21.51	1.80
4.12	42.5		
4.15	45.1		
5.0	62.8		

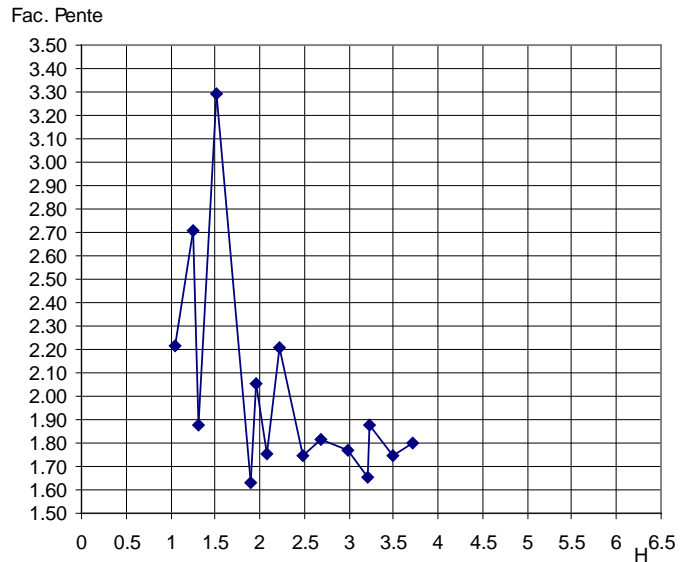


Fig.15.4. Evolution du facteur de pente

Enfin, connaissant l'estimation du facteur de pente et du facteur géométrique, vous établirez alors la courbe de tarage entre 2,5 et 6,5 m de hauteur de 50 en 50 cm (Tableau 15.5 et Fig.15.5).

Tableau 15. 5. Calcul du débit

H m	Fac. Géo.	Fac. Pente estimé	Débit m ³ /s
0.0	0.00	2.90	0.00
0.5	0.30	2.68	0.82
1.0	1.55	2.46	3.82
1.5	3.62	2.24	8.11
2.0	6.52	2.02	13.17
2.5	10.13	1.80	18.24
3.0	14.42		
3.5	19.25		
4.0	24.64		
4.5	30.92		
5.0	38.10		
5.5	46.05		
6.0	55.11		
6.5	66.36		

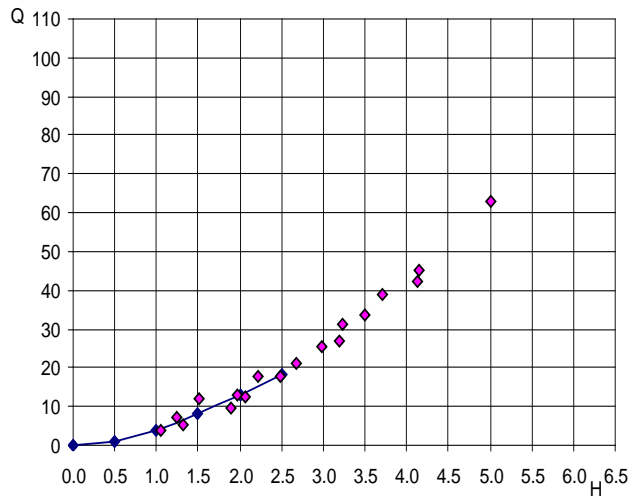


Fig.15.5. Courbe de tarage retenue

Corrigé :

Caractéristiques géométriques de la section.

La première étape consiste à estimer le périmètre mouillé p , la surface mouillée S et le rayon hydraulique R_h ($R_h = S/p$) pour les différentes hauteurs H . Ces calculs sont menés en assimilant la section mouillée entre deux niveaux d'eau à un trapèze.

Par exemple l'augmentation dp du périmètre mouillé entre les côtes 5 et 5,5m est de ;

$$\sqrt{(1.64 - 1.03)^2 + 0.5^2} = 0.79\text{m (En rive gauche)}$$

$$\sqrt{(10.55 - 10.23)^2 + 0.5^2} = 0.70\text{m (En rive droite)}$$

$$dp = 0.79 + 0.70 = 1.49\text{m}$$

Le périmètre mouillé, qui était de 13.91 à $H=5\text{m}$, passe à $13.91 + 1.49 = 15.4\text{m}$ pour $H=5.5\text{m}$

Entre les côtes 5 et 5,5m, la largeur moyenne de la section est de :

$$\frac{(10.55 - 1.64) + (11.04 - 1.03)}{2} = 9.46\text{m} \quad (15.3)$$

Sur 50 cm, la section mouillée augmente de $9.46 \cdot 0.5 = 4.73 \text{ m}^2$.

Cette section était de 27.23 m^2 pour $H = 5 \text{ m}$, elle passe donc à $27.23 + 4.73 = 31.96 \text{ m}^2$ pour $H = 5.5 \text{ m}$.

Pour cette hauteur, le rayon hydraulique est $R_h = \frac{S}{P} = \frac{31.96}{15.4} = 2.08 \text{ m}$

Le facteur géométrique est alors de $\text{Fac. géo.} = S \sqrt{R_h} = 31.96 \sqrt{2.08} = 46.05$

On poursuit ainsi pour les hauteurs 6 et 6,5m et on complète le graphique en figure 15.6.

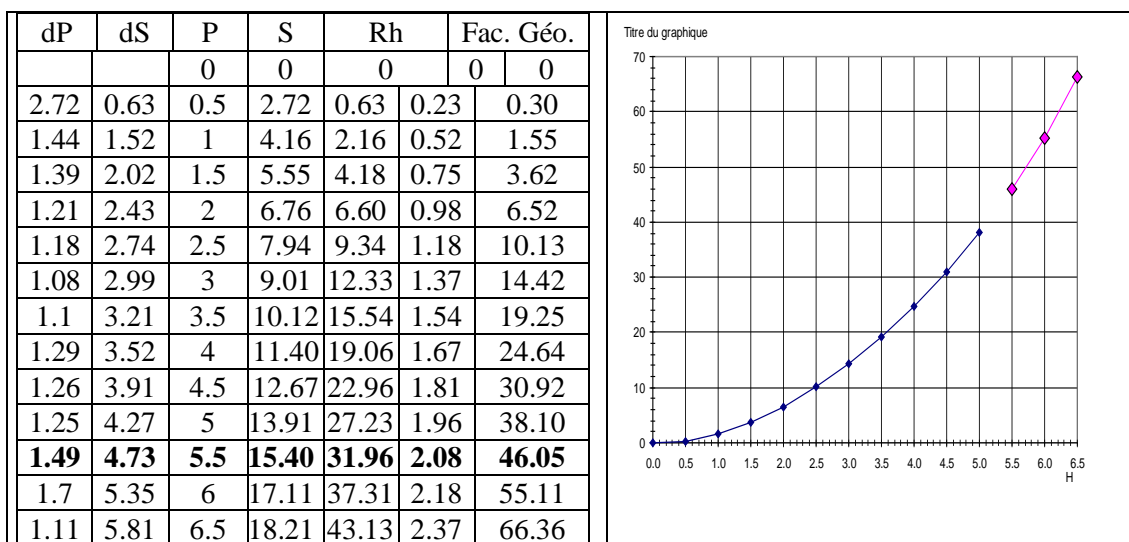


Fig.15.6. Caractéristiques géométriques de la section

Caractéristiques hydrodynamiques lors des jaugeages.

Pour les trois derniers jaugeages, la courbe que l'on vient d'établir permet d'évaluer le facteur géométrique pour les hauteurs H de 4.12, 4.15 et 5 m. Connaissant maintenant le débit jaugé et le facteur géométrique, on

peut évaluer le facteur de pente par la relation : $C\sqrt{I} = \frac{Q}{S\sqrt{R_h}}$

On complète ensuite le graphique (Fig.15.7).

H m	Q m ³ /s	Fac. Géo.	Fac. Pente
1.05	3.9	1.76	2.22
1.25	7	2.59	2.71
1.32	5.4	2.87	1.88
1.51	12.1	3.68	3.29
1.9	9.7	5.94	1.63
1.96	12.9	6.29	2.05
2.07	12.3	7.03	1.75
2.22	17.9	8.11	2.21
2.49	17.6	10.06	1.75
2.68	21.2	11.68	1.82
2.99	25.4	14.33	1.77
3.2	27	16.35	1.65
3.23	31.2	16.64	1.87
3.49	33.4	19.16	1.74
3.71	38.7	21.51	1.80
4.12	42.5	26.15	1.63
4.15	45.1	26.52	1.70
5	62.8	38.10	1.65

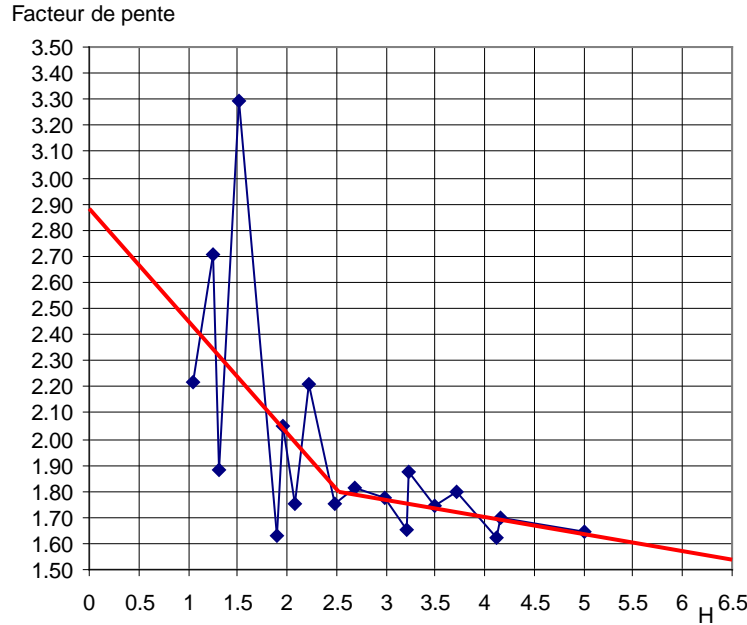


Fig.15.7.Evolution du facteur de pente

Le facteur de pente varie peu et sensiblement linéairement suivant une droite passant par les points :

$$H=2.5\text{m et Fac. Pente} = 1.8$$

Et,

$$H=6.5\text{m et Fac. Pente} = 1.55$$

Pour les hauteurs inférieures à 2 m, les points sont plus dispersés ce qui est habituel. En effet pour de faibles hauteurs d'eau la relation hauteur débit est moins stable car la section en travers peut être plus facilement modifiée par des dépôts d'alluvions, de la végétation...

On retiendra par exemple une variation linéaire du facteur de pente avec la hauteur suivant une droite passant par les points :

$$H=0 \text{ et Fac. Pente} = 2.9$$

Et,

$$H=2.5\text{m et Fac. Pente} = 1.8$$

Ces relations permettent d'évaluer le facteur de pente pour n'importe quelle hauteur puis connaissant le facteur géométrique d'en déduire le débit le plus probable.

Par exemple, pour une hauteur de 6,5 m on estime le facteur de pente à 1.55 et on sait que le facteur géométrique est de 66.36. Le débit pour cette hauteur sera donc :

$$Q = 66.36 * 1.55 = 102.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

En reproduisant ce calcul pour les différentes hauteurs on établit ainsi la courbe de tarage qui s'appuie à la fois sur les données de jaugeage mais aussi sur la forme du profil en travers (Fig.15.8).

Cette méthode est admissible et efficace tant que l'on reste dans les conditions voisines d'un régime hydraulique uniforme, c'est-à-dire sur un tronçon relativement uniforme sur une grande longueur.

H	Fac. Géométrique	Fac. Pente estimé	Débit
0.0	0.00	2.90	0.00
0.5	0.30	2.68	0.82
1.0	1.55	2.46	3.82
1.5	3.62	2.24	8.11
2.0	6.52	2.02	13.17
2.5	10.13	1.80	18.24
3.0	14.42	1.77	25.51
3.5	19.25	1.74	33.45
4.0	24.64	1.71	42.04
4.5	30.92	1.68	51.79
5.0	38.10	1.64	62.63
5.5	46.05	1.61	74.25
6.0	55.11	1.58	87.14
6.5	66.36	1.55	102.86

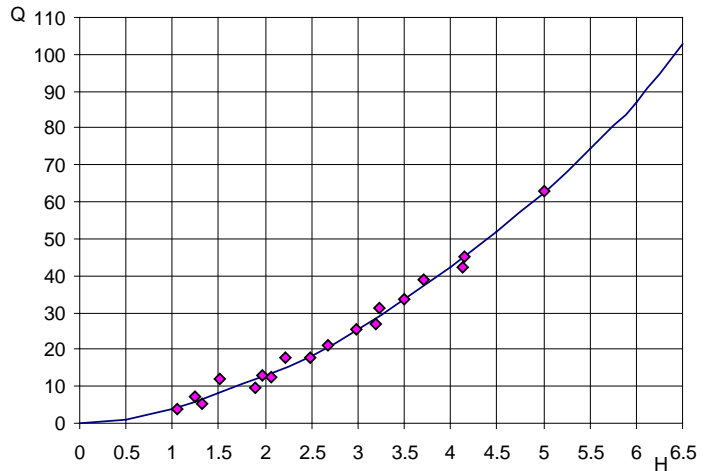


Fig.15.8 Courbe de tarage retenue

&&&&