

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU RAPPORT DES HAUTEURS CONJUGUEES DU RESSAUT HYDRAULIQUE EN CANAL RECTANGULAIRE DE SECTION COMPOSEE

(¹)GHOMRI.Ali, (²)RIGUET.Ferhat, (³) KHECHANA.salim

(¹) Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface 'LARHYSS'
Université Hamma Lakhdar EL Oued.

(²) Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface 'LARHYSS'
Universite Hamma Lakhdar EL Oued.

(³) Laboratoire d'exploitation et de valorisation des ressources énergétiques sahariennes,
Université d'El Oued

(¹)alighomri@yahoo.fr

Abstract— The purpose of this study is to contribute to the study of the ratio of the combined depths of the hydraulic jump moving in a rectangular channel of compound shape for different openings tested. A functional relation, in adimensional term, linking the different characteristics of the projection, showing the effect of the opening, is obtained.

Résumé : Le but de cette étude est de contribuer à l'étude du rapport des profondeurs conjuguées du ressaut hydraulique évoluant dans un canal rectangulaire de forme composée pour différentes ouvertures testées. Une relation fonctionnelle, en terme adimensionnel, liant les différentes caractéristiques de la projection, montrant l'effet de l'ouverture, est obtenue

Keywords— Hydraulic jump, rectangular channel, channel of compound section, low suddenly varied, dissipation basin.

Introduction l'étude de Dissipation d'énergie par Ressaut Hydraulique dans une conduite circulaire avec banquettes à été abordé par Khattaoui (2015) [1] ; et celles de Achour (2000), [2] qui a étudié le ressaut hydraulique dans une galerie circulaire brusquement élargie. L'étude de Khattaoui (2007) [3] a présenté une contribution à l'étude des écoulements brusquement variés à faible nombre de Froude .aussi les travaux de Khattaoui et Achour (2012) [4] qui ont présentés l'étude du ressaut hydraulique en lit composé droit.

L'étude se propose d'étudier le rapport des profondeurs conjuguées Y variant en fonction du débit relatif Q^* pour différentes ouvertures h_1 . L'étude bibliographique montre que les caractéristiques adimensionnelles essentielles, intervenant au phénomène du ressaut, dans un canal rectangulaire de forme composée sont le nombre de Froude IF_1 ou le débit relatif Q^* , la hauteur relative amont $y_1=h_1/b$, ou $y_1=h_1/B$ (h_1 est la hauteur au pied du ressaut, b ou B sont respectivement le lit mineur et la largeur du lit majeur), le rapport des hauteurs relatives aval $Y=h_2/h_1$ (h_2 est la hauteur maximale mesurée à l'aval du ressaut) et le rapport $Y=h_2/h_1$ des hauteurs conjuguées du ressaut.

1. POSITION DU PROBLEME

La modification des conditions à l'amont (débit, hauteurs,...etc.) et à l'aval (type d'obstacle, sa position, sa hauteur, ...etc.), peut conduire à différentes configurations de ressaut. Le ressaut est dit classique lorsqu'il se forme

dans un canal rectangulaire de pente faible ou nulle, sans obstacle à l'aval. Il est dit contrôlé lorsque sa formation est conditionnée par la mise en place d'un obstacle à l'aval de l'écoulement. Il est dit forcé lorsqu'il se forme de part et d'autre de l'obstacle. Le ressaut hydraulique peut évoluer dans des canaux prismatiques ou non prismatiques, à fond lisse ou rugueux. Pour notre cas il s'agit d'un ressaut contrôlé par seuil mince en canal rectangulaire de section composée pour différentes ouvertures h_1

En effet, Pour une hauteur initiale h_1 fixe, l'accroissement du débit entraîne à la fois le déplacement du ressaut vers l'aval et l'augmentation de sa longueur de rouleur L_R . La distance Δx sur laquelle le ressaut s'étend augmente également et pour ramener celui-ci dans sa position initiale, c'est à dire à environ 5 cm de la sortie du convergent, le premier seuil de hauteur s doit être surélevé. Ainsi à chaque valeur du nombre de Froude IF_1 ou du débit relatif Q^* , correspond une longueur L_j du ressaut et L_r du rouleau, ainsi qu'une hauteur h_2 à l'aval du ressaut et une hauteur s du seuil (Figure 1).

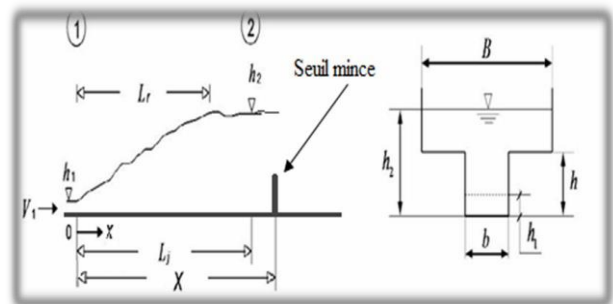


Figure 1 : Schéma de définition du ressaut contrôlé par seuil continu à paroi mince en canal rectangulaire de section composée.

3. Description des essais

Un échantillon constitué plusieurs points de mesures expérimentales, pour chacun des paramètres intervenant au phénomène, a permis également pour ce type de ressaut, d'aboutir à des résultats significatifs. Ces paramètres sont : le débit Q , la hauteur initiale h_1 , la hauteur finale h_2 , la hauteur du seuil s . Ceux-ci permettent de composer les produits adimensionnels suivants : le nombre de Froude F_1 ou le débit relatif Q^* , le rapport $Y = h_2/h_1$ du ressaut hydraulique. Le nombre de Froude F_1 ou débit relatif Q^* est tel que :

$$F_1^2 = \frac{Q^2}{b^2 h_1^3 g}, \quad Q^* = Q / (g D^{4.5})^{0.5},$$

Ainsi lorsque nous obtenons une configuration du ressaut contrôlé, nous effectuons, pour une hauteur initiale h_1 et une position x de seuil fixées, les opérations suivantes :

1. Lecture de la hauteur déversant h_q du déversoir rectangulaire.
2. Calcul du débit volume correspondant, par application de la relation du débitmètre rectangulaire (Hachemi . Rachedi L.2006):

$$Q = 0.3794B\sqrt{2g\beta(1 + 0.16496\beta^{2.0716})^{3/2}}h_q^{3/2}$$

Avec :

Q : le débit en ($m^3.s^{-1}$).

$\beta = b.B^{-1}$: Rapport de l'élargissement.

B : le lit majeur(m).

g : l'accélération de la pesanteur ($m^2.s^{-1}$).

$\tau = h_1/h$: Rapport des hauteurs.

h_q : La hauteur de la lame déversant en (m).

3. Calcul du nombre de Froude F_1 de l'écoulement incident, par application de la relation connue
4. Mesure de la hauteur finale h_2 du ressaut



Photographie 1 : Photographie du canal ayant servi à l'expérimentation.

4.RESULTATS ET DISCUSSIONS

Rapport des hauteurs conjuguées

premier cas : ($\beta = b/B = 1$)

Le rapport des hauteurs conjuguées du ressaut Y est le rapport de la hauteur d'eau aval du ressaut hydraulique h_2 sur la hauteur initiale du ressaut hydraulique h_1 ($Y = h_2/h_1$)

Les représentations graphiques des points expérimentaux ci-dessous illustrent clairement la variation du rapport des hauteurs conjuguées du ressaut Y en fonction du débit relatif Q^* , pour les cinq ouvertures h_1 : 2 ; 2.5 ; 3 ; 3.5 et 4cm.

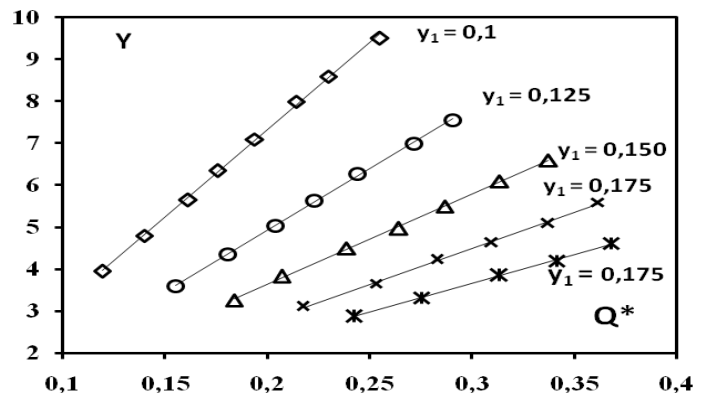


Figure 2 : Variation de la hauteur relative aval Y en fonction du débit relatif Q^* . Les motifs différents vides noirs représentent les points de mesures expérimentales. (—) Courbes d'ajustements pour les cinq valeurs de y_1 : 0.1 ; 0.125 ; 0.150 ; 0.175 et 0.2

En remarque en premier lieu que l'augmentation du débit relatif Q^* entraîne celle du rapport des profondeurs Y et que l'influence de la hauteur amont h_1 est perceptible. On constate que pour le même nombre de débit relatif Q^* , Y diminue avec l'augmentation de y_1 .

En second lieu on constate que La figure 2 illustre cinq allures, correspondant chacune à une valeur bien connue de y_1 . Les traits continus représentent l'ajustement des points de mesures par la méthode des moindres carrés du ressaut contrôlé dans le canal rectangulaire de forme composée.

L'analyse des points de mesures expérimentales, montre que pour chaque valeur de y_1 , un ajustement de type linéaire est possible de la forme : $Y = a Q^* + b$

Le tableau 1 regroupe les valeurs des coefficients de A_1 et B_1

Tableau 1 : les résultats expérimentaux du rapport Y en fonction du Q^* pour chaque ouverture h_1

h_1 (cm)	$y_1 = h_1/b$	a	b	Equation d'ajustement	R^2
2	0,1	41.63	-0.997	$Y = 41,63Q^* - 0,997$	0,998
2,5	0,125	29.25	-0,909	$Y = 29,25Q^* - 0,909$	0,999
3	0,15	21.50	-0.656	$Y = 21,50Q^* - 0,656$	0,999
3,5	0,175	17.05	-0,622	$Y = 17,05Q^* - 0,622$	0,997
4	0,2	13.74	-0,46	$Y = 13,74Q^* - 0,46$	0,999

Le tableau 1.1 montre la diminution progressive des coefficients a et b avec l'augmentation de la hauteur relative amont y_1 . L'ajustement statistique des couples des valeurs (y_1 , a) par la méthode des moindres carrés donne une relation de type puissance d'équation :

$A = 119,9e^{-11*(h_1/b)}$ avec $R^2 = 0,988$ celle-ci est illustrée par la figure ci-dessous :

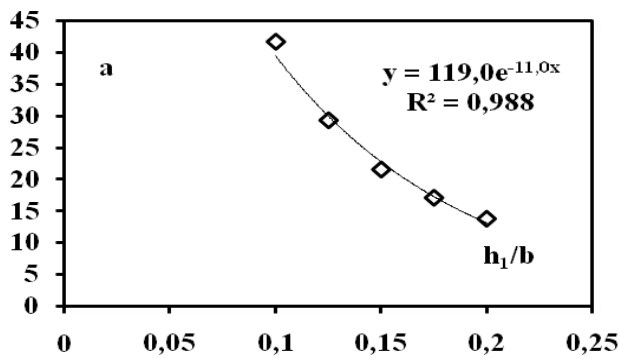


Figure 3: Variation du coefficient a_1 en fonction de la hauteur relative amont y_1

et l'ajustement des couples des valeurs (y_1, b) par la méthode des moindres carrés donne une relation de type linéaire $b = 5,444(h_1/b) - 1,545$ avec $R^2 = 0,958$. celle-ci est illustrée par la figure ci-dessous :

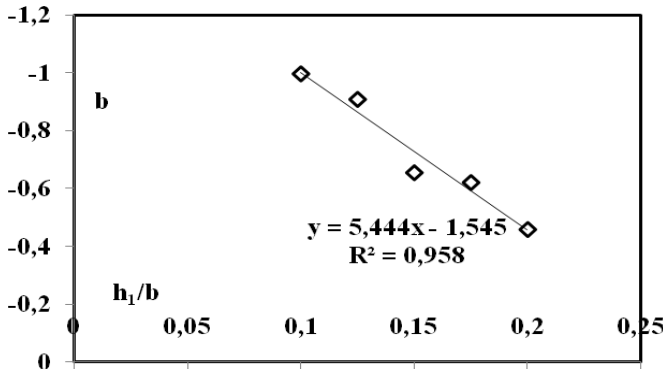


Figure 4 : Variation du coefficient b en fonction de la hauteur relative aval y_1

En effet, en remplaçant les coefficients a et b par leurs expressions dans la relation $Y = a Q^* + b$, l'équation liant le rapport $Y = h_2/h_1$ au nombre de débit relatif Q^* et à la hauteur relative amont y_1 devient : $Y = 119,9e^{-11*(h_1/b)}Q^* + 5,444y_1 - 1,545$, pour $0,1 \leq y_1 \leq 0,2$. La figure 5 montre que la relation $Y = f(Q^*, y_1)$ ajuste avec une bonne corrélation les points de mesures expérimentales et ses derniers suivent parfaitement la première bissectrice. Ainsi on déduit que la majorité des mesures expérimentales son fiables.

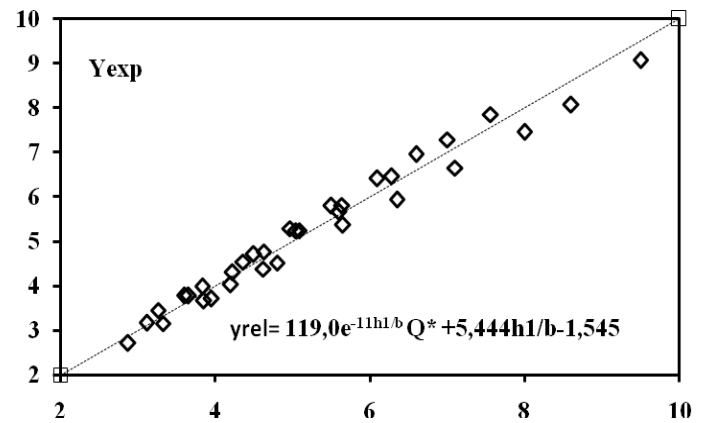


Figure 5 : Variation du rapport des hauteurs Y en fonction de (y_1, Q^*) . (0) Points Expérimentaux du ressaut contrôlé en canal rectangulaire de forme composée.

5. CONCLUSION

Dans cette étude, l'effet de l'ouverture h_1 sur l'étude du rapport des hauteurs conjuguées Y variant en fonction du débit relatif Q^* est perceptible

En premier temps, l'étude s'est intéressée à la variation du rapport des hauteurs aval h_2/h_1 du ressaut hydraulique en fonction du débit relatif Q^* pour cinq ouvertures différentes. Par ailleurs l'augmentation du débit relatif Q^* entraîne celle du rapport des hauteurs Y et que l'influence de la hauteur amont h_1 est remarquable. **Par ailleurs** pour le même nombre du débit relatif Q^* , Y diminue avec l'augmentation de y_1 .

En second temps La figure 5 montre que les mesures expérimentales tournent en majorités autour de la première bissectrice ce qui rend la relation empirique obtenue est acceptable.

Cela dit, d'une manière générale, que pour une gamme des débits relatif Q^* et des différentes ouvertures testées h_1 , le ressaut hydraulique en canal rectangulaire de forme composée, présente une approche empirique globale $Y = f(Q^*)$ par laquelle on pourrait dimensionner le bassin d'amortissement.

PRINCIPALES NOTATIONS

b	largeur du canal[m]
IF_1	Nombre de Froude à l'amont du ressaut
g	Accélération de la pesanteur [m/s ²]
h_1	Hauteur initiale du ressaut [m]
h_2	Hauteur finale du ressaut [m]
H	Charge totale [m]
L_j	Longueur du ressaut [m]
L_r	Longueur du rouleau de surface [m]
B	largeur du lit mineur [m]
Q	Débit volume [m ³ /s]
Q^*	Débit relatif

Re	Nombre de Reynolds	[-]
V	Vitesse d'écoulement [m .s ⁻¹]	[m/s]
Y	Rapport des hauteurs conjuguées	[-]
y ₁	hauteur relative amont du ressaut [h ₁ .D ⁻¹]	[-]
y ₂	hauteur relative aval du ressaut [h ₂ .D ⁻¹]	[-]

Références

[1] ZIANI,S.(2015). Dissipation d'énergie par Ressaut Hydraulique dans une conduite circulaire avec banquettes, mémoire de Magister. Département d'Hydraulique, Université A.MIRA-BEJAIA.

[2] Achour, B., (2000), Ressaut hydraulique dans une galerie circulaire brusquement élargie, JHR, 38(4), 307-311.

[3] Khattaoui, M., (2007), contribution à l'étude des écoulements brusquement variés à faible nombre de Froude, thèse de doctorat, université Med Khider de Biskra, décembre, 2007,Algérie.

[4] Khattaoui M., Achour, B., (2012), Ressaut hydraulique en lit composé droit, J.H.Eng,LJEE N°20. Juin 2012.

[5] Proust, S., (2005), Ecoulements non-uniformes en lit composé : effets de variations de largeur du lit majeur, Thèse de doctorat de l'INSA de Lyon, spécialité : mécanique des fluides, INSA de Lyon, Lyon.

[06] Rajaratnam, N., Hydraulic jump in horizontal conduits, Water Power, 17: 80–83, 1965.

[07] Tominaga A., Nezu I., (1991). Turbulent structure in compound open channel flows. J.hydraul. Eng