

EXPERIMENTAL STUDY OF THE HYDRAULIC JUMP IN A HYDRAULIC JUMP IN A SLOPED RECTANGULAR CHANNEL

S. Kateb^{*1}, A. Ghomri², M. Debabeche³

¹Laboratoire de Recherche exploitation et valorisation des ressources naturelles en zone arides,
Université de Ouargla

²Laboratoire d'exploitation et de valorisation des ressources énergétiques sahariennes,
université d'El Oued

³Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface, Université de Biskra

Received: 26 October 2017 / Accepted: 31 December 2017 / Published online: 01 January 2018

ABSTRACT

The hydraulic jump in a sloped rectangular channel is theoretically and experimentally examined. The study aims to determine the effect of the channel's slope on the sequent depth ratio of the jump. A theoretical relation is proposed for the inflow Froude number as function of the sequent depth ratio and the channel slope. An experimental analysis is also proposed to find a better formulation of the obtained relation. For this motive, five positive slopes are tested. The relations obtained are recommended for designing irrigation ditches.

Keywords: Hydraulic jump; rectangular channel; positive slope; open channels; irrigation ditches.

Author Correspondence, e-mail: samirkateb16@gmail.com

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v10i1.16>

1.1. INTRODUCTION

Les ouvrages de retenue, tels que les barrages hydrauliques, sont souvent soumis à de fortes crues. Dans les périodes de crues, la retenue étant pleine, l'eau est restituée à travers un



évacuateur de crue vers la rivière. Le lit de la rivière se trouve alors confronté à un écoulement torrentiel à forte énergie cinétique. Celle-ci engendre des forces tractrices néfastes par leur caractère érosif. Afin d'éviter d'importantes modifications du lit de la rivière situé à l'aval du barrage, il serait nécessaire de dissiper cette énergie. Le moyen le moins onéreux et le plus pratique est certainement le ressaut hydraulique. Le Principe consiste à transformer l'écoulement torrentiel en un écoulement fluvial engendrant une diminution des forces tractrices.

La présente d'étude s'intéresse à l'analyse expérimentale du ressaut hydraulique contrôlé par seuil dans un canal rectangulaire à pente variable. Nous présentons à travers cette étude, une relation fonctionnelle liant la pente du canal aux caractéristiques du ressaut hydraulique.

1.2. DESCRIPTION DU PROTOCOLE EXPERIMENTALE

Le modèle physique qui nous a servi de banc d'essai (Figure 1) et (photo 1) est constitué essentiellement d'un canal rectangulaire de 10 mètres de longueur, de 25 centimètres de largeur et de 50 centimètres de profondeur alimenté par le moyen d'une conduite circulaire de 150 mm de diamètre. Cette dernière est raccordée au canal par le biais d'une boîte métallique fermée, sur laquelle est insérée un convergeant en tôle de section rectangulaire débouchant directement dans le canal, mais l'existence d'une plaque courbée et fixée au fond de l'extrémité amont du canal nous a obligé de placer une vanne murale (vanne de fond) (photo 2) juste après cet obstacle. Le convergeant, et la partie du canal à l'amont de la vanne murale constituent la boîte en charge (photo 4) qui assure la grande vitesse de l'écoulement incident. L'emplacement de cette vanne servira à régler la hauteur de l'écoulement incident h_1 du ressaut mais elle a causé le débordement de l'eau dans la boîte en charge lors de passage aux grands débits.

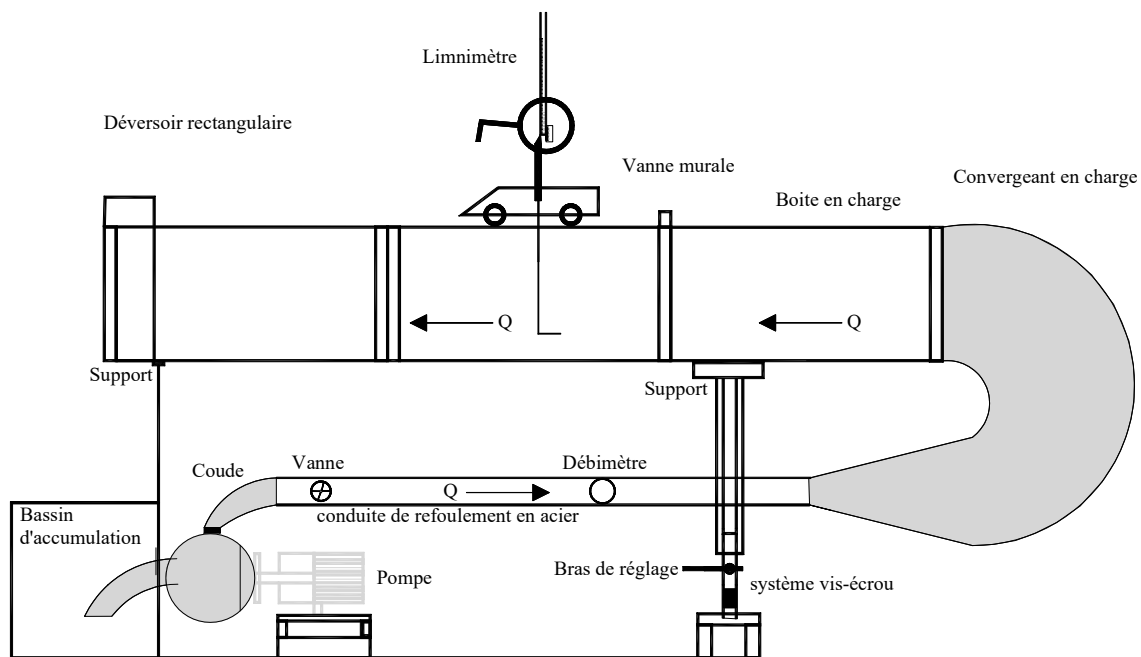


Fig.1. schéma du montage de dispositif utilisé dans le mode experimental



Photo1: du canal utilisé



Photo 2: de la Vanne murale



photo 3 du bassin d'accumulation



Photo 4 : la boîte en charge



Photo5: vanne de réglage et pompe



L'ensemble fonctionne en circuit fermé dans lequel est inséré une pompe axiale (photo 5) débitant jusqu'à 44l/s, puisant l'eau d'un bassin d'accumulation (photo 3), on augmente le débit à l'aide d'une vanne (photo 5). À l'extrémité aval du canal, on a placé un déversoir rectangulaire sans hauteur de pelle avec contraction latérale, permettant la mesure directe de débit. Le côté amont du canal est posé sur un système de vis écrou (filetage) pour nous permettre de varier la pente du canal.

MESURE DU DEBIT

Le débit volume Q , l'angle d'inclinaison α ainsi que la profondeur h_2 sont les seules grandeurs qui nécessitent un appareillage spécifique pour les mesurer. la longueur du ressaut, la longueur du rouleau et le pied du ressaut sont simplement mesurées à l'aide d'un ruban gradué, la hauteur h_1 du ressaut est assimilée à l'ouverture de la vanne du fond placée à l'amont du canal

Mesure de l'angle d'inclinaison: Comme on l'a dit précédemment, la partie amont du canal est posé sur un système vis-écrou qui donne possibilité pour le baisser ou l'élever à l'aide d'un bras métallique qui fait tourner le vis et par conséquent la pente du canal varie, l'appareil du niveau topographique (photo 7) nous a permis de mesurer l'angle d'inclinaison du canal.



Photo6: système vis-écrou utilisé



Photo7: appareil du niveaumètre

L'analyser des résultats expérimentaux obtenus, ça vient à dire de déterminer expérimentalement l'effet de la pente du canal sur les caractéristiques du ressaut hydraulique, que l'on ne peut trouver théoriquement, à savoir les hauteurs conjuguées h_1 et h_2 du ressaut hydraulique, la longueur L_j du ressaut, la longueur L_r du rouleau ainsi que la hauteur du seuil. Ces grandeurs sont formulées sous forme adimensionnelle pour composer les rapports suivants : le rapport des hauteurs conjuguées $Y = h_2/h_1$, la longueur relative du ressaut $\lambda = L_j/h_1$, la longueur relative du rouleau $\lambda_r = L_r/h_1$ et la hauteur relative $S = s/h_1$ du seuil. Cette analyse nous permettra à trouver des relations fonctionnelles du rapport Y , de la longueur relative λ , de la longueur relative λ_r et la hauteur relative S respectivement de la forme $Y = f(F_1, \alpha)$, $\lambda = f(F_1, \alpha)$, $\lambda_r = f(F_1, \alpha)$ et $S = f(F_1, \alpha)$.

2. RESULTS ET DISCUSSION

2.1. Variation du rapport des hauteurs conjuguées en fonction de nombre de Froude

Les figures de (1-5) montrent la variation du rapport des hauteurs conjuguées

$Y = h_2/h_1$ en fonction de nombre de Froude pour cinq angles distincts d'inclinaison α tels que : $\text{tg}(\alpha) = 0.00, 0.005, 0.01, 0.015, 0.02$

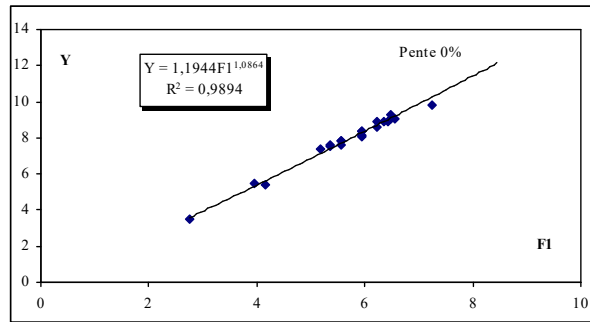


Fig.1. variation du rapport $Y = h_2/h_1$ en fonction du nombre de Froude F_1 Pour $\text{tg}(\alpha) = 0$, (■) points Expérimentaux; (—) courbe d'ajustement

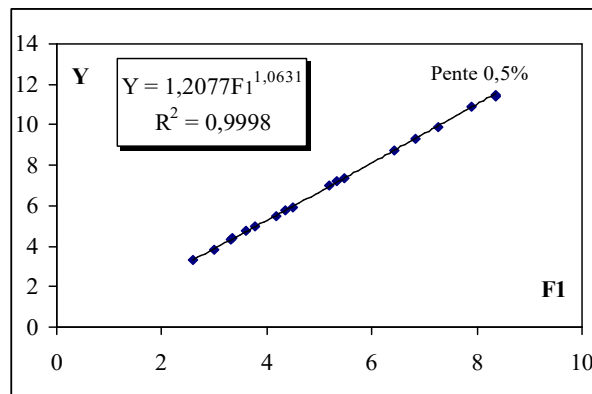


Fig.2. variation du rapport $Y = h_2/h_1$ en fonction du nombre de Froude F_1 Pour $\text{tg}(\alpha) = 0,005$ (■) points expérimentaux ; (—) courbe d'ajustement

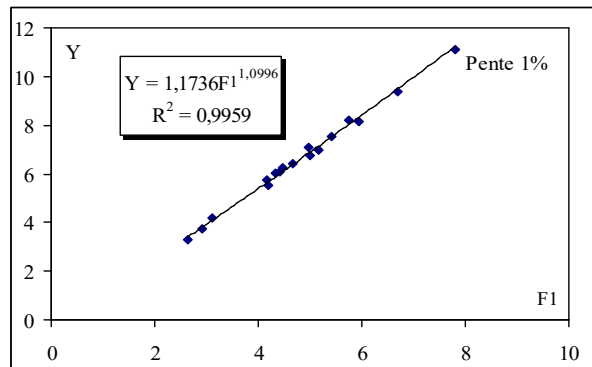


Fig.3. variation du rapport $Y = h_2/h_1$ en fonction du nombre de Froude F_1 Pour $\text{tg}(\alpha) = 0,005$ (■) points expérimentaux ; (—) courbe d'ajustement

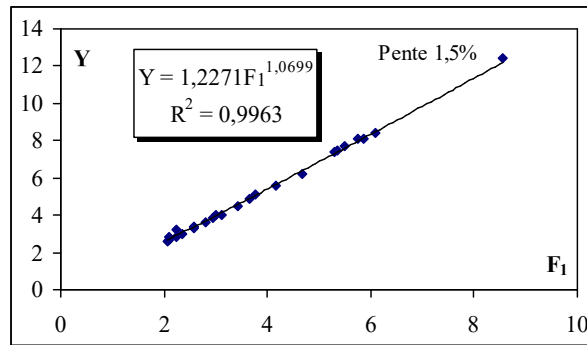


Fig.4. variation du rapport $Y = h_2/h_1$ en fonction du nombre de Froude F_1 Pour $\text{tg}(\alpha) = 0,015$ (■) points expérimentaux ; (—) courbe d'ajustement

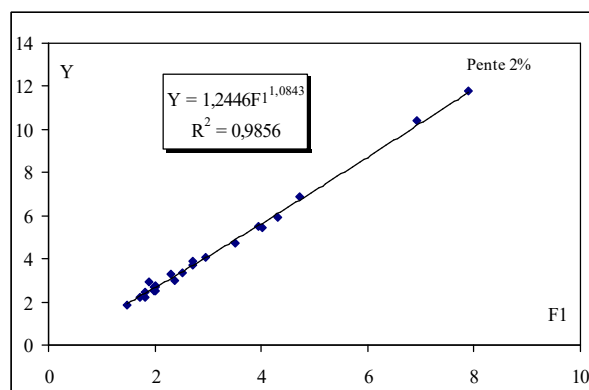


Fig.5. variation du rapport $Y = h_2/h_1$ en fonction du nombre de Froude F_1 Pour $\text{tg}(\alpha) = 0,002$ (■) points expérimentaux ; (—) courbe d'ajustement

D'après les figures de 1-5, l'ajustement des mesures expérimentales a montré que la variation du rapport $Y = h_2/h_1$ en fonction de nombre de Froude F_1 de l'écoulement incident est linéaire de la forme

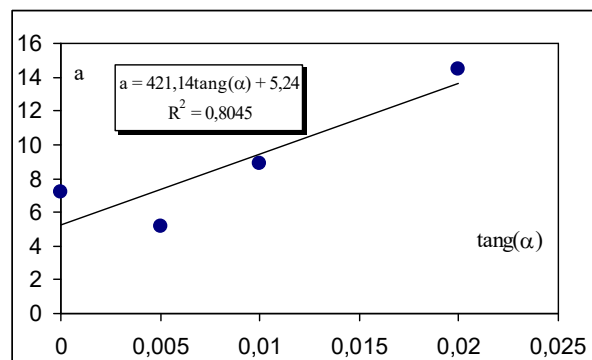
$$Y = aF_1^b \quad (1)$$

Le tableau 1 montre que les paramètres a sont en fonction de la pente du canal et augmente progressivement avec l'augmentation avec $\text{tang}(\alpha)$, tandis que les paramètres b sont presque égaux, et leur moyenne arithmétique est $b = 1,08$ (2)

Tableau 1 Valeurs des paramètres a et b

tang(α)	a	b
0	1,19	1,09
0,005	1,21	1,06
0,01	1,17	1,10
0,015	1,23	1,07
0,02	1,24	1,08

La figure (6) montre que la variation du paramètre a en fonction de la pente du canal suit une loi linéaire qu'on l'écrit sous la forme: $a = 2,396 \text{tang}(\alpha) + 1,1945$; $R^2 = 0,988$ (3)

**Fig.6.** variation du paramètre a en fonction du tang(α)

Le paramètre a conforme à la pente 0, 01 a été écarté du graphe car sa position est loin de nuages des points qui constituent ce graphe, et cela à cause des erreurs de mesure.

Donc, en remplaçant les paramètres a et b par leurs expressions respectives (2) et (3) dans la

$$\text{relation (1), on obtient : } Y = [2,396 \text{tang}(\alpha) + 1,1945] F_1^{1,08} \quad (4)$$

Avec $1,5 < F_1 < 9$; $\text{tang}(\alpha) \leq 0,02$

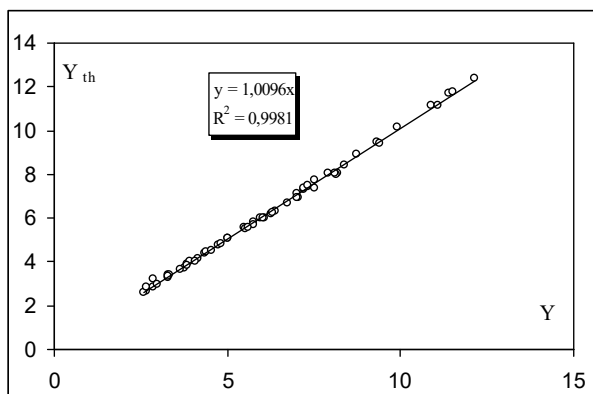


Fig.7. Variation de la hauteur conjuguée expérimental Y en fonction de la hauteur conjuguée expérimental Y_{th} calculée selon la relation (4).

(—) Première bissectrice d'équation : $Y = Y_{th}$

3. CONCLUSION

L'étude expérimentale s'est intéressée, à l'étude de la variation de la deuxième hauteur relative du $y = h_2/h_1$ du ressaut en fonction du nombre de Froude F_1 de l'écoulement incident, pour cinq valeurs distinctes de la pente du canal. Cinq nuages de points distincts, correspondant chacun à une valeur bien déterminée de la pente $\tan(\alpha)$ du canal. L'ajustement des mesures expérimentales a montré que la variation du rapport Y en fonction du nombre de Froude F_1 de l'écoulement incident suit une loi de type puissance de la forme $Y = a (F_1)^b$. tel que les expressions obtenues de a et de b sont: $a = 2,396 \tan(\alpha) + 1,1945$; $R^2 = 0,988$ et $b = 1,08$. Par conséquent l'expression globale obtenue est sous la forme suivante $Y = [2,396 \tan(\alpha) + 1,1945] F_1^{1,08}$ cette approche globale est validée par la première bissectrice comparée avec les mesures expérimentales. Avec $1,5 < F_1 < 9$; $\tan(\alpha) \leq 0,02$

5. REFERENCES

- [1] Achour B, Journal of Hydraulic Research, 27(2), (1989), 205–214
- [2] Achour B, and Debabeche, M. Journal of Hydraulic Research, 41(3): (2003), 97–103.
- [3] Bakhmeteff B.A, and Matzke; A.E. Transactions, ASME, 60(HYD-60-1), (1938), 111-118.
- [4] Hager W.H, Water Science and Technology Library, Dordrecht, The Netherlands. Vol. 8,(1992), 288 p
- [5] Hager W.H, and Wanoschek, R. Journal of Hydraulic Research, 25(5),(1987), 549–564

-
- [6] Kindsvater C.E. Transactions ASCE, 109, (1944), 1107–1154
- [7] Mikhalev M.A, Hoang, T.A... Power Technology and Engineering,10(7): (1976), 686–690.
- [8] McCorcodale J.A, Mohamed M.S... Journal of Hydraulic Research, 32(1) (1994), 119-130.
- [09] Rajaratnam N, and Murahari, Journal of Hydraulic Engineering, V. (1974), 731–740
- [10] Kateb S, Debabeche M. and Benmalek, A. Canadian Journal of Civil Engineering Rev.can.génieciiv.40: (2013), 1014–1018.

How to cite this article:

Kateb S, Ghomri A, Debabeche M. Experimental study of the hydraulic jump in a hydraulic jump in a sloped rectangular channel. J. Fundam. Appl. Sci., 2018, 10(1), 216-225.