

II.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre il sera question des travaux les plus importants relatifs au ressaut hydraulique évoluant dans un canal profilé en “U”. Deux types de ressaut seront alors étudiés: le ressaut hydraulique classique, où l’on abordera l’approche de Hager (1987 et 1989) concernant le ressaut hydraulique classique d’une part; et le ressaut hydraulique contrôlé par seuil, relatif aux travaux de Debabeche et Achour (2000).

II.2. RESSAUT HYDRAULIQUE CLASSIQUE EN CANAL PROFILE EN “U”

La section en forme de “U” est composée de la section circulaire et la section rectangulaire. Cette section est actuellement utilisée de plus en plus comme section de transition dans la technique d’épuration, qu’elle soit, dans les afflux vers les ouvrages spéciaux ou dans les installations d’épuration des eaux usées. Grâce à la simplicité de sa construction et ses excellentes qualités d’écoulement surtout en basses eaux, cette section remplace de plus en plus les vieilles sections à construction très compliquées (Hager (1987)).

Contrairement au profil à section circulaire, la section en forme “U” permet le simple mesurage expérimental des caractéristiques d’écoulement. Enfin les résultats des mesures pour les hauteurs de remplissage relativement petites peuvent directement être appliqués au profil à section circulaire.

A ce jour, malgré son utilisation répandue sur le terrain, il y a peu de documentation sur l’évaluation des caractéristiques d’écoulement aussi bien dans les profils en forme de “U” que dans les sections de forme circulaire lors d’un remplissage partiel. Par contre il n’existe que des modestes indications sur les courbes de remous et de dépression, et le ressaut hydraulique dans cette section en forme “U” n’a pas fait l’objet d’une étude expérimentale avant 1987, date à laquelle HAGER (1987) a **proposé une étude**. Deux ans plus tard, ce même auteur a publié une seconde étude où il a clarifié quelques aspects de base du ressaut hydraulique dans les conduites circulaires à écoulement partiellement plein. Les essais ont cependant été menés dans une **conduite** profilée en “U ” constituée à la base d’un demi-cercle et surmonté de deux parois verticales.

II.2.1. APPROCHE DE HAGER (1987 et 1989)

II.2.1.1. Analyse théorique

La section en forme "U" est géométriquement caractérisée par sa largeur D . Si la profondeur d'écoulement est inférieure à $D/2$, le débit se présente ainsi dans la section circulaire remplie partiellement ; pour $h \geq D/2$ le débit se présente alors dans la section rectangulaire de largeur D .

Dans la section en forme de "U", il s'agit donc d'une section composée. C'est pour cela que la différence est faite entre les hauteurs : $y = h/D < 1/2$ et $y \geq 1/2$.

Dans ce qui suit, seront présentées les caractéristiques géométriques les plus importantes selon HAGER. Si A désigne la surface mouillée, U le périmètre mouillé, $R=A/U$ le rayon hydraulique et W le volume de la force de pression P sous la répartition de la pression hydrostatique, divisée par le poids spécifique (ρg), on a alors d'après HAGER (1987) pour $y < 1/2$:

$$\begin{aligned} A/D^2 &= (\theta - \sin\theta \cos\theta) / 4 \\ U/D &= \theta \\ R/D &= (1 - \sin\theta \cos\theta) / \theta \\ W/D^3 &= (\sin\theta - \sin^3\theta / 3 - \theta \cos\theta) / 8 \end{aligned} \quad (2.1)$$

Avec $\theta = \cos^{-1}(1-2y)$ comme angle au centre, et pour $y \geq 1/2$:

$$\begin{aligned} A/D^2 &= y + \pi/8 - 1/2 \\ U/D &= 2y + \pi/2 - 1 \\ R/D &= (y + \pi/8 - 1/2) / (2y + \pi/2 - 1) \\ W/D^3 &= (1/2)(y - 1/2)^2 + (\pi/8)(y - 1/2) + 1/12 \end{aligned} \quad (2.2)$$

A/D^2 , R/D et W/D^3 en fonction de la hauteur de remplissage y sont représentés à la figure 2.1

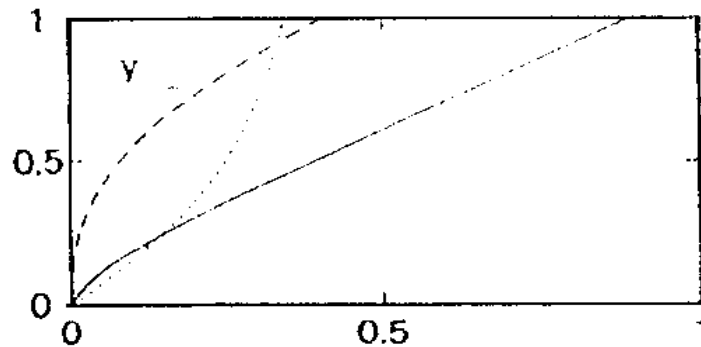


Figure 2.1 : géométrie de la section en forme de "U". (—) A/D^2 , (.....) R/D et (---) W/D^3 en fonction de la hauteur $y = h/d$.

L'inconvénient dans la description des sections en forme de " U " est la composition des caractéristiques de celles-ci d'après les équations (2.1, 2.2).

C'est pour cela que HAGER (1987) a essayé d'établir des fonctions de substitution :

$$A/D^2 = (4/3) y^{3/2} (1 - (1/3) y) ;$$

$$R/D = (2/3) y (1 - (1/2) y) ; \quad 0 < y < 1 \quad (2.3)$$

$$W/D^3 = (8/15) y^{5/2} (1 - (1/4) y) ;$$

La figure 2.2 représente l'erreur relative $f = (\Delta_{\text{approché}} - \Delta_{\text{exact}}) / \Delta_{\text{exact}}$ de la dimension considérée Δ entre les fonctions approximatives (2.3) et les expressions géométriques exactes (2.1, 2.2). On relève des tolérances de moins de 4% pour $y < 1$, pour les équations (2.3).

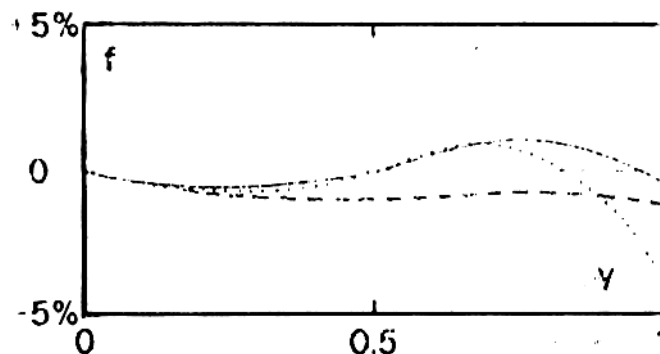


Figure 2.2 : erreur relative f entre les équations (2.1, 2.2) et (2.3). Mêmes notations que la figure 2.1.

Pour effectuer ses essais, HAGER s'est servi d'une rigole en aluminium, en forme de "U" de diamètre $D=0,30\text{m}$, de hauteur $h=0,40\text{m}$ et de longueur $8,50\text{m}$. La pente du fond du canal est de $0,3\text{‰}$. La construction repose sur une table en éléments de béton. L'alimentation du canal est assurée par des pompes à commande électronique.

II.2.1.2. Hauteurs relatives du ressaut

HAGER (1987) définit les hauteurs relatives du niveau d'eau qui se présentent avant et après le ressaut hydraulique dans un canal prismatique et horizontal, par les hauteurs conjuguées du niveau d'eau. L'auteur propose, à l'aide des formulations (2.3)₁ et (2.3)₃, l'équation suivante :

$$\frac{8}{15}y_1^{5/2}\left(1-\frac{1}{4}y_1\right)+q^2\left[\frac{4}{3}y_1^{3/2}\left(1-\frac{1}{3}y_1\right)\right]^{-1}=\frac{8}{15}y_2^{5/2}\left(1-\frac{1}{4}y_2\right)+q^2\left[\frac{4}{3}y_2^{3/2}\left(1-\frac{1}{3}y_2\right)\right]^{-1} \quad (2.4)$$

Celle-ci peut également s'écrire comme suit :

$$q=\left[\frac{\frac{8}{15}y_2^{5/2}\left(1-\frac{1}{4}y_2\right)-\frac{8}{15}y_1^{5/2}\left(1-\frac{1}{4}y_1\right)}{\left[\frac{4}{3}y_1^{3/2}\left(1-\frac{1}{3}y_1\right)\right]^{-1}-\left[\frac{4}{3}y_2^{3/2}\left(1-\frac{1}{3}y_2\right)\right]^{-1}}\right]^{1/2} \quad (2.5)$$

On désigne par 1 et 2 la position immédiatement avant et après le ressaut. Soit $q^2=Q^2/(g.D^5)$ la relation liant q , y_1 et y_2 . Celle-ci est présentée dans la figure 2.3.

L'auteur fait remarquer qu'une relation peut aussi être établie entre F_1 , y_1 et y_2 .

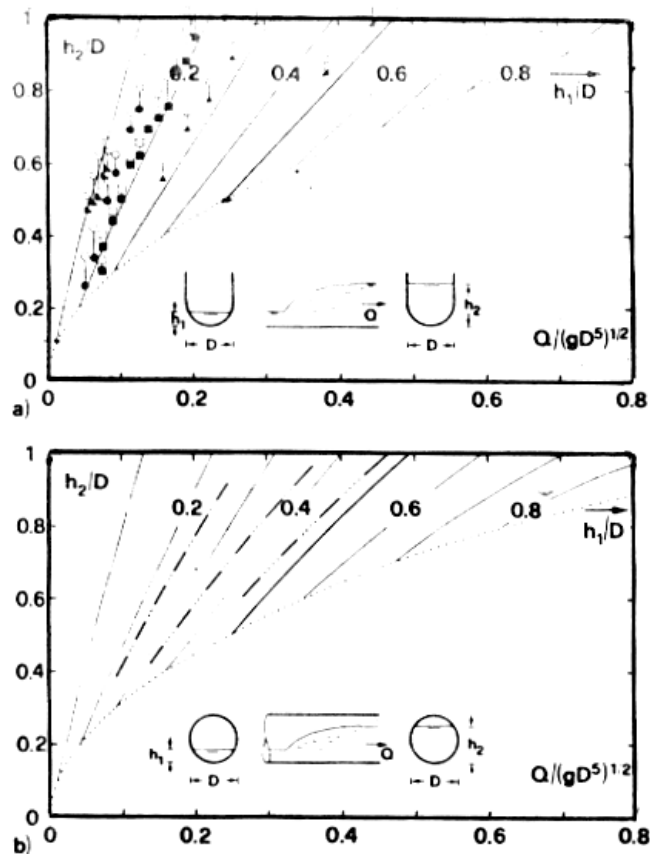


Figure 2.3 : Variation du rapport y_2 de hauteurs conjuguées en fonction du débit relatif q pour quelques valeurs de y_1 . a) canal en "U". b) conduite circulaire.

Il est remarquable que pour des valeurs fixes de q et y_1 , la hauteur conjuguée y_2 d'après l'expérience soit toujours plus petite que celle d'après l'équation (2.4). Cette particularité est due principalement, selon HAGER (1987), à la négligence des frottements et de l'inclinaison du sol. La différence est de 5 à 10% sur h_2 . La même particularité est observée par KUNSTATSKY et VYBORA pour les conduites semi remplies en profil circulaire (Fig.2.3.b).

II.2.1.3. Longueurs caractéristiques du ressaut

La longueur L_j du ressaut est définie comme la distance entre le pied du ressaut et le niveau maximal de la surface libre (Rajaratnam 1967), celle-ci ne peut être déterminée qu'approximativement pour raison de turbulences. Le rapport L_j/h_2 en fonction de F_1 est représenté dans la figure 2.4, une valeur moyenne $L_j/h_2 \approx 6$ a été déterminée, comparée à la section rectangulaire, celle-ci est toujours plus grande dans la section en forme de "U" pour la même valeur de F_1 . L'effet de y_1 sur L_j/h_2 n'a pas été défini.

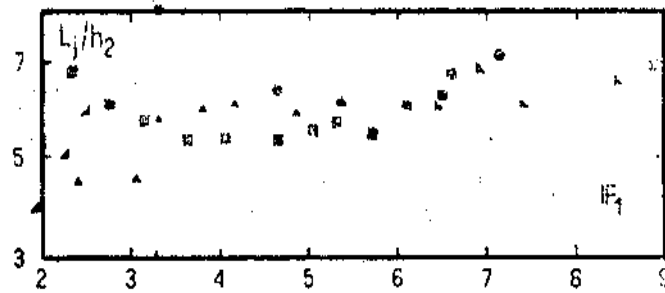


Figure 2.4 : longueur relative L_j/h_2 du ressaut, en fonction du Nombre de Froude F_1

II.2.1.4. Profils de surface du ressaut

Hager a représenté les profils axiaux de surface en fonction du nombre de Froude F_1 (figure 2.5), cependant il n'y a pas de généralisation du profil de surface.

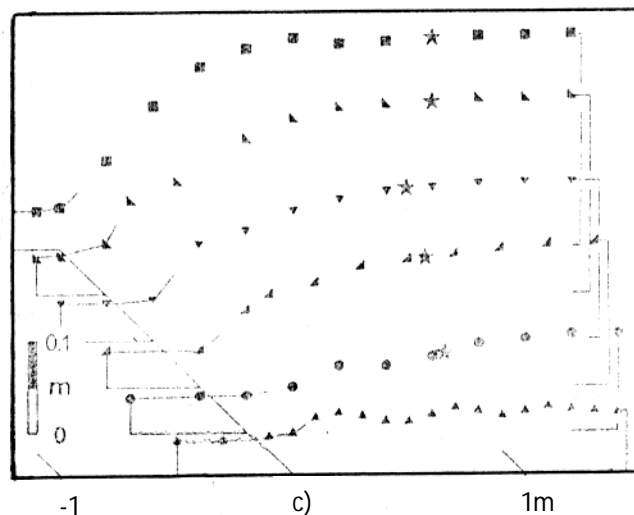


Figure 2.5 : Profils axiaux de surface. Q (l/s) : (▲) = 7.9, (●) 9.8, (◀) 12.8, (▼) 14.8, (▲) 17.8, (■) 19.7. (*) Localisation de la fin du ressaut.

II.2.1.5. Description du ressaut

Selon Hager, le canal profilé en "U" présente un courant d'écoulement dominant tridimensionnel (figure 2.6). Il le compare à celui de la section en forme de trapèze. A cause de la sensibilité aux oscillations transversales et longitudinales, l'auteur ne recommande pas ce type de ressaut hydraulique sans éléments supplémentaires de stabilisation tel que le bassin de tranquillisation.

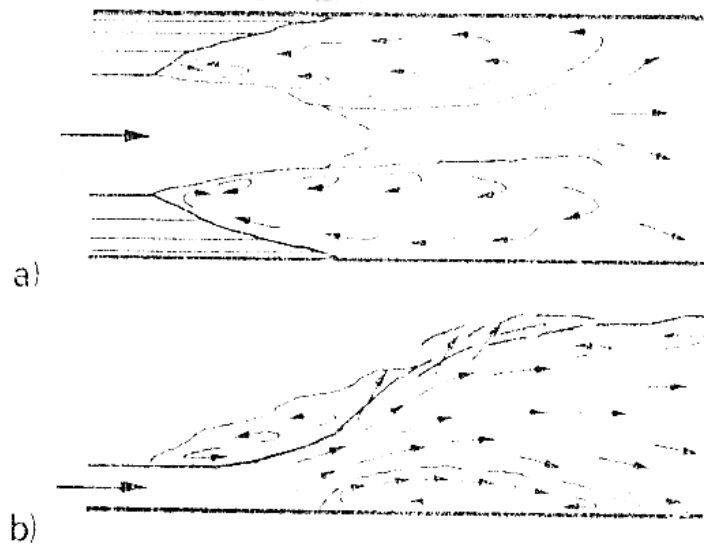


Figure 2.6 : Allure de l'écoulement pour de petit y_1 .
a) écoulement en surface b) écoulement à l'axe.

II.3. RESSAUT HYDRAULIQUE CONTRÔLE EN CANAL PROFILE EN "U"

II.3.1. APPROCHE DE DEBABECHE ET ACHOUR (2000)

II.3.1.1. Hauteur relative du ressaut

L'étude bibliographique tient en compte l'effet de la hauteur relative amont $y_1 = h_1/D$ du ressaut, sur la variation de la hauteur relative aval $y_2 = h_2/D$ en fonction du débit relatif Q^* . La figure 2.1 représente la variation de y_2 en fonction de Q^* , pour sept (07) valeurs distinctes de y_1 . Ces mesures expérimentales sont comparées aux courbes théoriques de Hager (1987). La figure indique nettement sept (07) nuages de points différents, correspondant chacun à une valeur bien fixée de la hauteur relative amont y_1 . Chaque série de mesure est alignée suivant une courbe unique, montrant l'influence de y_1 (ou h_1). Les mesures expérimentales vérifient bien les courbes théoriques, à l'exception d'un léger décalage, qui est probablement dû à la négligence des forces de frottement dans la relation théorique.

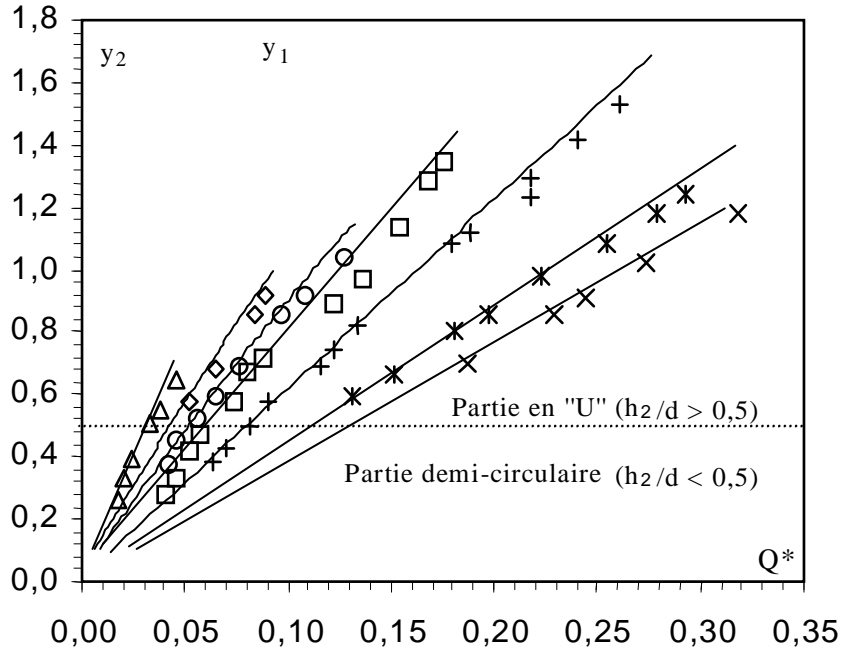


Figure 2.7 : Variation de la hauteur relative y_2 en fonction du débit relatif Q^* , pour différents valeurs de y_1 : (Δ) 0,0408 ; (\diamond) 0,0637 ; (\circ) 0,0816 ; (\square) 0,0947 ; (+) 0,1341 ; (*) 0,2041 ; (x) 0,2449. (—) Courbes théoriques selon Hager.

Une relation expliquant la variation de y_2 en fonction du débit relatif Q^* , le débit relatif limite Q^*_1 ainsi que la hauteur relative amont y_1 a été trouvée. Celle-ci s'écrit comme suit

$$y_2 - 0,5 = [0,27 \tanh (y_1) Q^*_1 - 1] [(Q^* / Q^*_1) - 1] \tag{2.6}$$

$$\text{avec } Q^*_1 \geq 0,432 y_1^{0,85}$$

Cette équation permet de déterminer la hauteur relative aval y_2 connaissant le débit relatif Q^* et le débit relatif limite Q^*_1 .

La Figure 2.8 montre la variation de la hauteur relative aval théorique y_2 , issue de l'équation 2.4, en fonction de y_2 approchée tirée de l'équation 2.6.

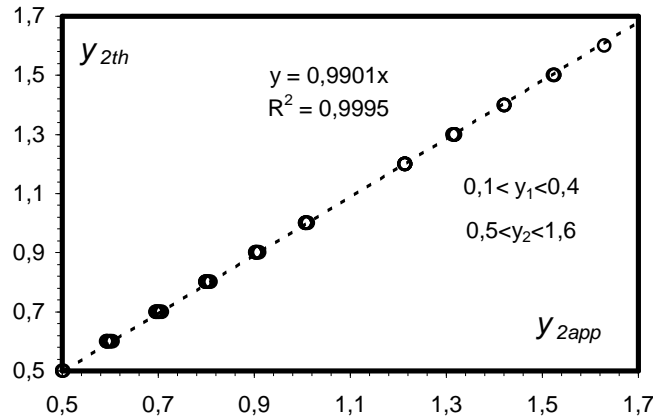


Figure 2.8 : Variation de y_{2th} en fonction de y_{2app} .

(o) points expérimentaux. (---) première bissectrice.

II.3.1.2. Longueur relative du ressaut

La longueur caractéristique L_j du ressaut n'a pu être mesurée que par voie expérimentale et sa définition varie d'un auteur à l'autre. En effet on estime que cette longueur doit être mesurée dans la section à l'aval du ressaut satisfaisant les conditions suivantes :

1. la surface libre est horizontale.
2. la surface de turbulence du rouleau est faible.
3. les grosses bulles d'air dues à la présence de rouleau sont inexistantes.
4. l'écoulement graduellement varié apparaît à l'extrémité aval du rouleau.

Toutes ces définitions ont pour but de montrer la limite aval du ressaut au-delà de laquelle le renforcement du bassin d'amortissement n'est plus nécessaire.

Dans son étude de la variation de la longueur relative L_j/h_2 du ressaut en fonction du nombre de Froude F_1 de l'écoulement incident, Hager (1989) montre que ce rapport est approximativement égal à 6. Cette même valeur a été également trouvée pour le cas d'un ressaut rectangulaire. Seulement Hager (1989) précise que l'effet de h_1/D sur la longueur relative L_j/h_2 du ressaut, n'a pas été défini.

Debabeche et Achour (2000) ont estimé la variation de cette même longueur relative L_j/h_2 en fonction de F_1 , en tenant préalablement compte de la hauteur relative amont y_1 .

La variation de L_j/h_2 en fonction de F_1 pour différentes valeurs de y_1 est représentée à la figure 2.9.

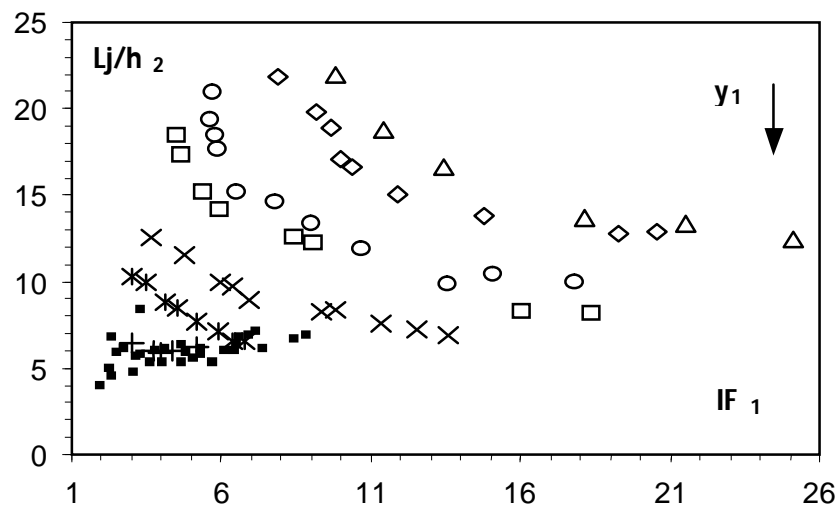


Figure 2.9 : Variation de la longueur relative L_j/h_2 du ressaut en fonction du nombre de Froude F_1 de l'écoulement incident, pour quelques valeurs de la hauteur relative aval y_1 : (Δ) 0,0408 ; (\diamond) 0,0637 ; (\circ) 0,0816 ; (\square) 0,0947 ; (\times) 0,1341 ; (*) 0,2041 ; (+) 0,2449. (■) Points expérimentaux de HAGER.

La figure 2.9 montre clairement que les points de mesures expérimentales suivent, pour chaque hauteur relative y_1 , l'allure d'une courbe unique. Les mesures montrent qu'au fur et à mesure que y_1 augmente L_j/h_2 diminue.

Pour le ressaut évoluant dans la partie demi-circulaire du canal ($h_1/D \leq 0,5$), la longueur relative L_j/h_2 , pour une valeur constante de y_1 , diminue progressivement en fonction de F_1 suivant une forte pente. Cette particularité est la même pour toutes les hauteurs relatives y_1 .

Quant au ressaut évoluant dans la partie "U" du canal, le nuage de points suit, pour chaque valeur de y_1 , une pente faible qui tend vers une constante.

Sept (07) nuages de points distincts correspondant chacun à une valeur bien déterminée de la hauteur relative amont y_1 , montrent l'influence de celle-ci sur la longueur relative L_j/h_2 du ressaut.

Le rapport $L_j/h_2 \cong 6$ n'est atteint que pour les $y_1 = 0,2449$, toutefois il est nécessaire de signaler que HAGER (1989) a travaillé dans un intervalle de nombre de Froude F_1 compris entre 1,93 et 8,85.

II.3.1.3. Hauteur relative du seuil

II.3.1.3.1. Variation de la hauteur relative aval en fonction de la hauteur relative du seuil.

L'analyse des mesures expérimentales a permis également de trouver une relation entre la hauteur relative s/h_1 du seuil et la hauteur relative aval $y_2 = h_2/D$.

La figure 2.10 montre que la relation qui existe entre ces deux rapports adimensionnels dépend de la hauteur relative amont y_1 .

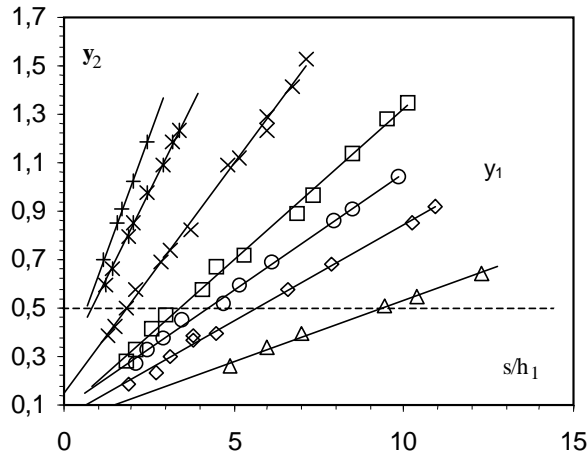


Figure 2.10 : Variation de la hauteur relative aval y_2 du ressaut en fonction de la hauteur relative s/h_1 du seuil, pour sept valeurs de la hauteur relative amont y_1 : (Δ) 0,0408, (\diamond) 0,0637, (o) 0,0816, (\square) 0,0947, (x) 0,1341, (*) 0,2041, (+) 0,2449. (---) ligne séparant la partie "U" ($y_2 > 1/2$) et la partie demi-circulaire ($y_2 < 1/2$).

En effet, sept (07) nuages de points différents pour chaque valeur de la hauteur relative amont y_1 , fait apparaître l'influence de celle-ci sur la relation ($s/h_1, y_2$). Pour chaque valeur de y_1 les points de mesures expérimentales suivent parfaitement l'allure d'une droite d'équation : $y_2 = y_1 (1,97 \cdot y_1^{0,17} S + 1)$ (2.7)

Cette équation satisfait à la condition initiale : $S=0 \Rightarrow y_2 = y_1$.

La figure 2.11 montre que la relation $y_2 = f(S, y_1)$ ajuste avec une bonne corrélation les points de mesures expérimentales et la droite d'ajustement représente bien la première bissectrice.

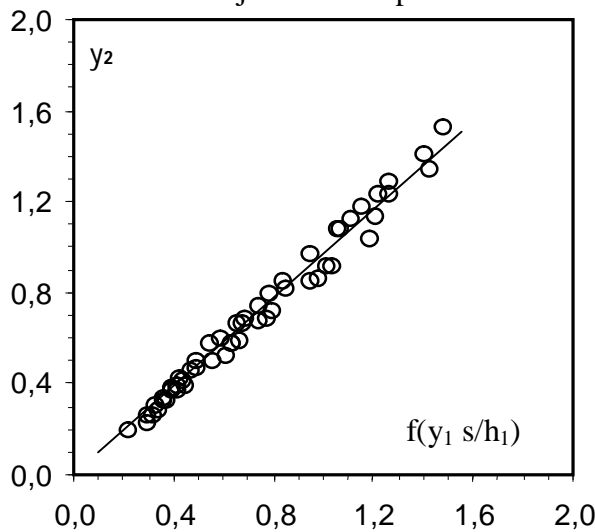


Figure 2.11 : Variation de la hauteur relative aval y_2 du ressaut en fonction de $f(y_1, s/h_1)$. (o) Points expérimentaux. (—) Première bissectrice.

II.3.1.3.2. Variation de la hauteur relative du seuil en fonction du nombre de Froude incident

Une relation unique entre la hauteur relative s/h_1 du seuil et le nombre de Froude F_1 a été également obtenue et se présente comme suit :

$$s/h_1 = 0,58.(F_1-1) \quad (2.8)$$

Cette relation indique que l'augmentation du nombre de Froude F_1 engendre celle de la hauteur relative s/h_1 du seuil. Les points de mesures expérimentales ainsi que la droite d'ajustement sont représentés dans la figure 2.12.

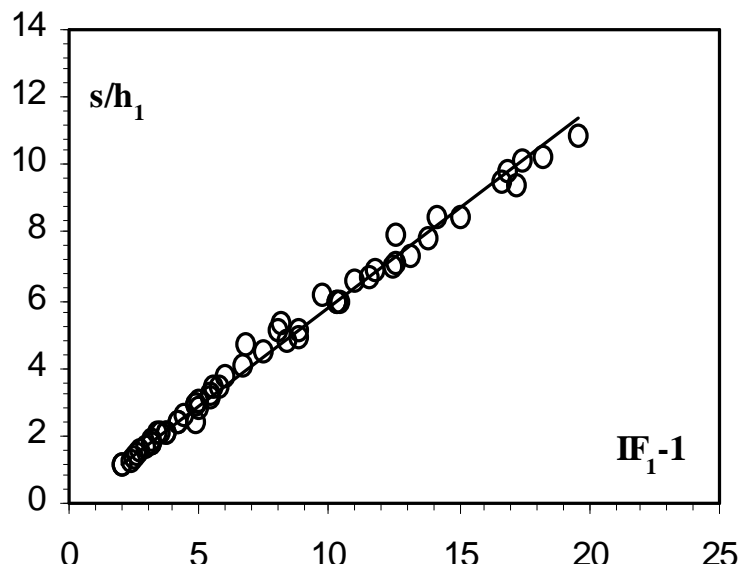


Figure 2.12 : Variation de la hauteur relative s/h_1 du seuil en fonction de nombre de Froude ($F_1 - 1$). (o) points expérimentaux. (—) Droite d'ajustement.

II.3.1.4. Variation de la hauteur relative aval du ressaut en fonction de la position relative du seuil

Le ressaut étant complètement formé sur le radier du bassin d'amortissement qui correspond à une hauteur géométrique s du seuil et une longueur x de bassin, comme pour le cas du ressaut rectangulaire et triangulaire, le déplacement du seuil vers l'aval ne modifie pas la configuration du ressaut, ce qui revient à dire que la longueur L_j du ressaut est pratiquement assimilable à la position x du seuil. La figure 2.13 représente la variation de la hauteur relative aval y_2 en fonction de la position relative x/h_1 du seuil.

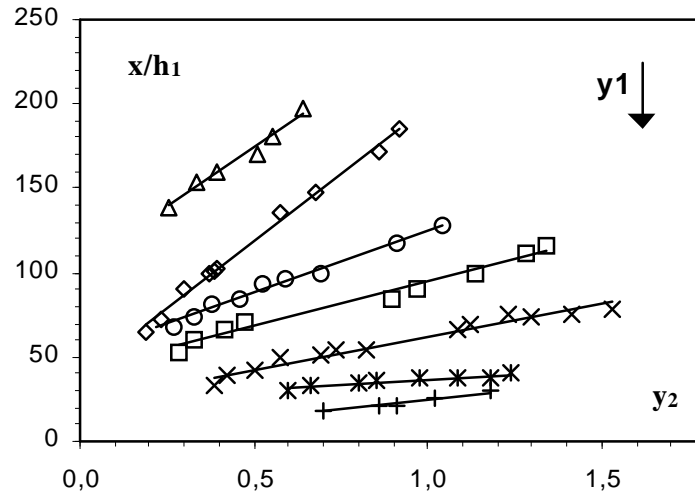


Figure 2.13 : Variation de la position relative x/h_1 du seuil, en fonction de la hauteur relative aval y_2 du ressaut contrôlé, pour différentes valeurs de la hauteur relative amont y_1 : (Δ) 0,0408, (\diamond) 0,0637, (O) 0,0816, (\square) 0,0947, (x) 0,1341, (*) 0,2041, (+) 0,2449. (—) Droites d’ajustement.

Pour chaque hauteur relative amont y_1 les points de mesures expérimentales s'ajustent au tour d'une courbe unique d'équation :

$$x / h_1 = 5,65 \cdot \frac{y_2}{y_1} + \frac{2,27}{y_1^{1,21}} \tag{2.9}$$

II.3.1.5. Rendement du ressaut

L'avantage du ressaut hydraulique réside dans sa capacité de dissiper l'énergie cinétique qu'il permet de réaliser. L'équation généralisée de Bernoulli entre la section amont et aval du ressaut s'écrit :

$$H_1 = h_1 + Q^2 / (2 \cdot g \cdot A_1^2) = h_2 + Q^2 / (2 \cdot g \cdot A_2^2) + \Delta H \tag{2.10}$$

Le rendement η du ressaut hydraulique est défini par :

$$\eta = \Delta H / H_1, \Delta H = H_1 - H_2 \tag{2.11}$$

avec H_1 : la charge amont , H_2 : la charge aval et ΔH : la différence de charges.

il varie entre les limites $0 < \eta < 1$.

- l'aire de la section amont est : $A_1 = \frac{D^2}{4} (\theta_1 - \sin \theta_1 \cos \theta_1)$

- l'aire de la section aval, pour $y_2 \leq 0,5$ est : $A_2 = \frac{D^2}{4} (\theta_2 - \sin \theta_2 \cos \theta_2)$,

l'expression du rendement s'écrit alors :

$$\eta = \frac{h_1 - h_2 + \frac{8.D.Q^{*2}}{[(\theta_1 - \sin(\theta_1)\cos(\theta_1))^2 - (\theta_2 - \sin(\theta_2)\cos(\theta_2))^2]}}{h_1 + \frac{8.D.Q^{*2}}{[(\theta_1 - \sin(\theta_1)\cos(\theta_1))^2]}} \quad (2.12)$$

pour $y_2 > 0,5 \Rightarrow A_2 = D^2(\pi/8 + y_2 - 1/2) :$

$$\eta = \frac{h_1 - h_2 + \frac{.D.Q^{*2}}{2} \left[\frac{16}{(\theta_1 - \sin(\theta_1)\cos(\theta_1))^2} - \frac{1}{(\pi/8 + y_2 - 1/2)^2} \right]}{h_1 + \frac{8.D.Q^{*2}}{[(\theta_1 - \sin(\theta_1)\cos(\theta_1))^2]}} \quad (2.13)$$

La figure 2.14 illustre la variation du rendement du ressaut en fonction du nombre de Froude incident :

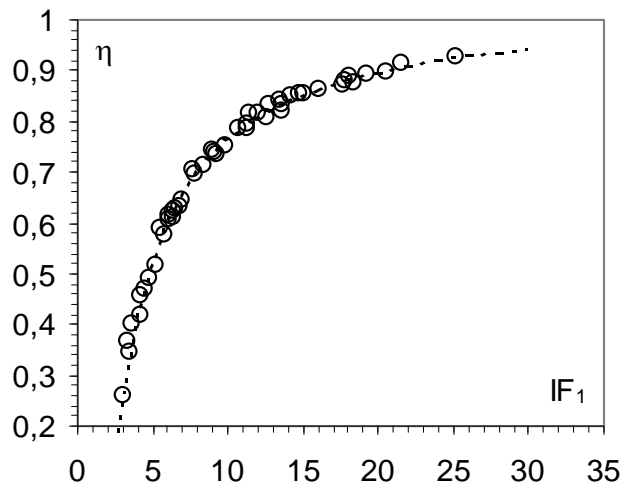


Figure 2.14 : Variation du rendement η en fonction du nombre de Froude F_1 .

(o) points expérimentaux. (—) Courbe d'ajustement d'équation $\eta = 1,04.(1 - \sqrt{2}/F_1)^2$.

La figure 2.14 montre que les points expérimentaux s'ajustent parfaitement autour de la courbe théorique. Une relation unique de type puissance a été obtenue :

$$\eta = 1,04 \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{F_1} \right)^2 \quad (2.14)$$

La figure (2.15) montre la variation du rendement du ressaut en fonction du débit relatif.

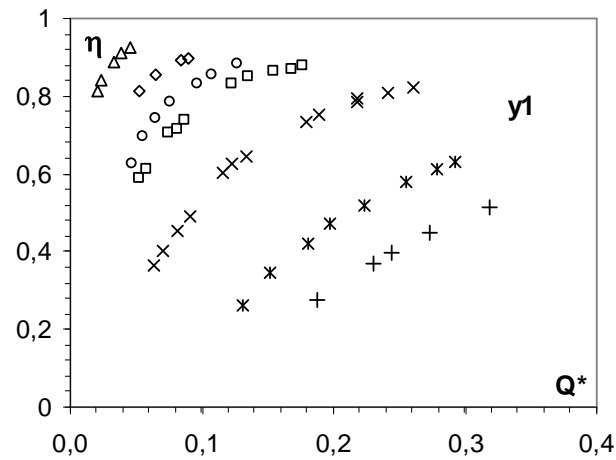


Figure 2.15 : Variation du rendement η en fonction du débit relatif Q^* , pour différentes valeurs de la hauteur relative amont y_1 : (Δ) 0,0408, (\diamond) 0,0637, (\circ) 0,0816, (\square) 0,0947, (x) 0,1341, ($*$) 0,2041, ($+$) 0,2449.

La figure 2.15 montre clairement que le rendement du ressaut dépend du débit relatif Q^* et de la hauteur relative amont y_1 . En outre, cette figure montre que le rendement est important pour les petits y_1 et faible pour les grands y_1 . Par ailleurs pour le même débit relatif Q^* , le ressaut dans un canal profilé en "U", dissipe mieux l'énergie pour les petites ouvertures que pour les grandes.

II.3.1.6. Profil de surface généralisé du ressaut

L'expérimentation a permis de définir le profil de la surface libre du ressaut à partir de son origine jusqu'à sa section finale dans un canal profilé en "U".

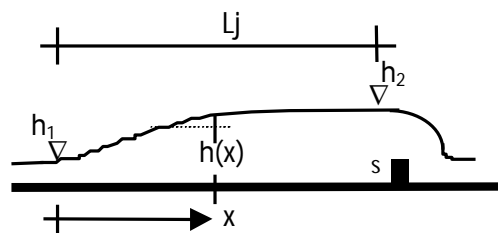


Figure 2.16 : Schéma de définition du Profil de surface du ressaut.

Comme le montre le schéma simplifié de la figure 2.16, la coordonnée longitudinale x est telle que $0 \leq x \leq L_j$, tandis que la profondeur $h(x)$ est telle que $h_1 \leq h(x) \leq h_2$; h_1 et h_2 sont les hauteurs conjuguées du ressaut.

Les paramètres x et $h(x)$ peuvent servir à composer les variables adimensionnelles y et X , en écrivant que $y = (h(x) - h_1)/(h_2 - h_1)$ et $X = x/L_j$, les variables adimensionnelles y et X sont telles que $0 \leq y \leq 1$ et $0 \leq X \leq 1$.

La variation du rapport y en fonction du rapport X est représentée à la figure 2.16. Cette figure montre à la fois les points de mesures expérimentales et la courbe tracée par application de la relation :

$$y = \sin(1,5.X) \quad (2.15)$$

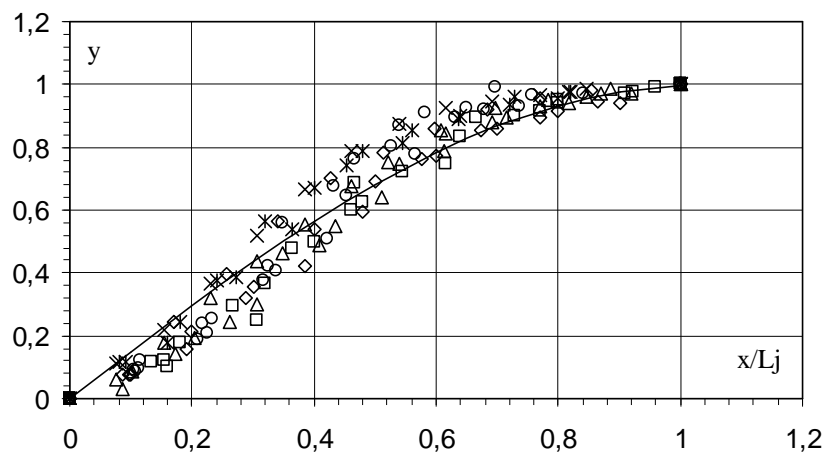


Figure 2.16 : Profil de surface généralisé du ressaut contrôlé dans un canal profilé en "U", pour différentes hauteurs initiales h_1 : (\diamond) 2, (Δ) 2.32, (\times) 3.3, (\circ) 5, (\square) 6. (—) courbe selon l'équation $y = \sin(1,5.X)$.

II.3.1.7. Conclusion

Ce chapitre a abordé en premier lieu l'approche de HAGER de 1987 et son complément de 1989. Le ressaut hydraulique dans un canal profilé en "U" est présenté. Il a été montré qu'il existe quelques petites différences entre l'écoulement dans un canal profilé en "U" et un canal de forme circulaire. Plusieurs profils de surfaces sont discutés. Il a été trouvé que la longueur relative de ressaut hydraulique est $L_j/h_2 = 6 \pm 1$. L'auteur a montré que pour une petite profondeur relative y_1 , un fond de séparation distinct apparaît. Beaucoup de zones d'écoulement sont décrites et les distributions des vitesses axiales sont présentées. Pour des valeurs de y_1 assez grandes, l'écoulement est assimilable à un ressaut dans un canal rectangulaire.

En deuxième lieu ce chapitre a traité le ressaut hydraulique contrôlé par seuil à paroi mince en canal profilé en "U". L'approche de Debabeche et Achour (2000) a été proposée.

L'étude a été consacrée à la détermination par voie expérimentale des caractéristiques essentielles intervenant dans un ressaut contrôlé par seuil à paroi mince en canal profilé en "U".

L'étude expérimentale s'est intéressée, dans un premier temps, à la variation de la hauteur relative aval $y_2 = h_2/D$ en fonction du débit relatif Q^* , pour sept valeurs distinctes de y_1 . Les mesures expérimentales vérifient bien les courbes théoriques.

L'expérimentation a eu en outre pour objectif, d'évaluer la variation de la longueur relative L_j/h_2 en fonction de F_1 . Il a été montré que la valeur $L_j/h_2 \cong 6$ trouvée par Hager (1987) a été également trouvée par Debabeche et Achour (2000), mais uniquement pour une valeur de la hauteur relative $y_1 = 0,2449$.

L'étude a abordé ensuite la relation $y_2 = f(y_1, S)$. Les points de mesures s'ajustent parfaitement autour de la première bissectrice. Une relation liant y , y_1 et S a été ensuite déduite de cette dernière.

L'analyse des mesures expérimentales a également montré qu'un ajustement linéaire avec une très bonne corrélation a permis d'obtenir une relation unique entre la hauteur relative s/h_1 du seuil et le nombre de Froude F_1 .

Une relation unique a également été trouvée entre la position relative x/h_1 du seuil, le rapport y des hauteurs conjuguées et la hauteur relative amont y_1 .