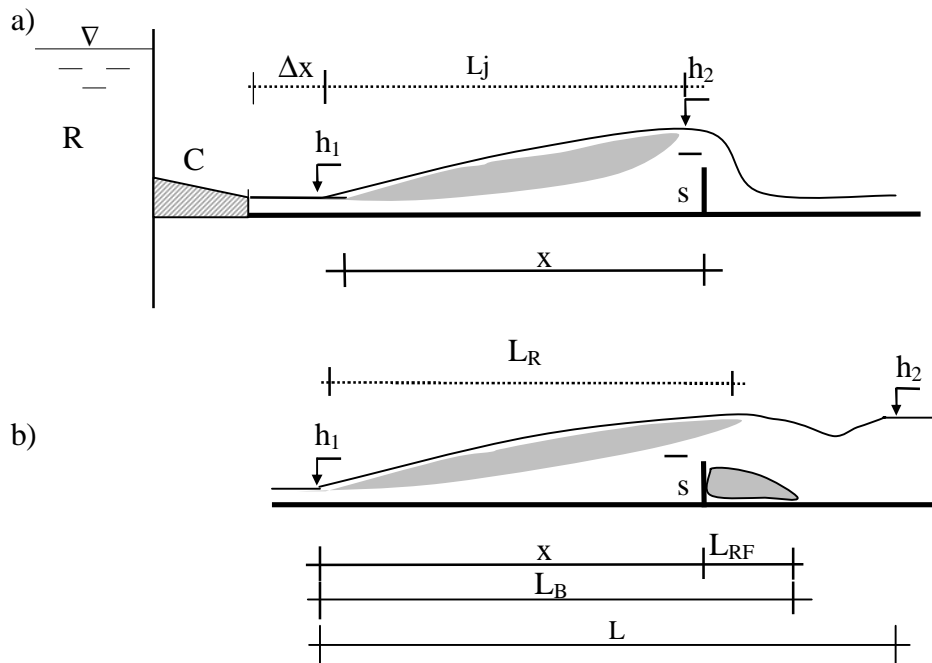


## Chapitre IV

### INFLUENCE DU SEUIL SUR LE RESSAUT HYDRAULIQUE EN CANAL TRIANGULAIRE

#### IV.1 Introduction

Ce chapitre examinera les travaux de Debabeche et Achour (2006) ayant trait à l'influence d'un seuil mince sur le ressaut hydraulique en canal triangulaire à angle d'ouverture de  $90^\circ$ . L'étude a pour objectif de faire une étude comparative, d'une part, entre le ressaut contrôlé par seuil mince et par seuil épais, et d'autre part entre le ressaut contrôlé et le ressaut forcé de type B-min (Figure 4.1).



**Figure 4.1 :** a) Ressaut contrôlé. b) Ressaut forcé de type B<sub>min</sub>.  
 $h_1$  hauteur d'eau amont,  $h_2$  hauteur d'eau aval,  $s$  hauteur du seuil,  $x$  position du seuil par rapport au pied du ressaut,  $L_j$  longueur du ressaut,  $L_R$  longueur du rouleau,  $L_{RF}$  longueur du rouleau de fond,  $L_B$  distance entre le pied du ressaut et la fin du rouleau aval,  $L$  Distance entre le pied du ressaut et la position où  $h_2$  devient constante.  $\Delta x$  distance séparant le convergent du pied du ressaut,  $C$  convergent,  $R$  réservoir.

#### IV.2 Approche de Debabeche et Achour (2006)

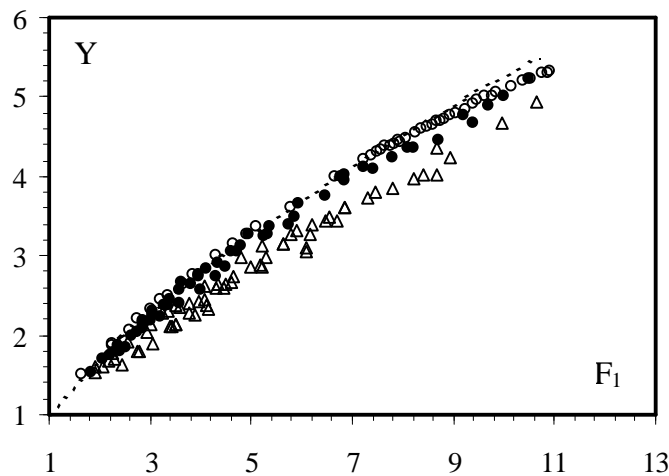
##### IV.2.1 Rapport des hauteurs conjuguées du ressaut

Le ressaut n'étant pas encore forcé, théoriquement le seuil ne devrait avoir aucun effet réducteur sur la hauteur finale  $h_2$  du ressaut, puisque celui-ci n'est pas encore forcé. En d'autres termes, la hauteur finale  $h_2^*$  du ressaut classique triangulaire doit être égale à la hauteur finale  $h_2$  du ressaut contrôlé par seuil, sous les mêmes conditions de l'écoulement

incident. La figure 4.2 montre la variation du rapport  $Y$  des hauteurs conjuguées en fonction du nombre de Froude  $F_1$ , d'une part, pour le cas du ressaut contrôlé par le seuil à paroi mince et épaisse, et d'autre part pour le ressaut forcé.

Nous avons également représenté la variation du rapport  $Y^*$  théorique du ressaut 'classique triangulaire' issu de l'application de l'équation de quantité de mouvement, Hager et Wanoschek (1987), soit :

$$F_1^2 = \frac{2Y^{*2} (Y^{*2} + Y^* + 1)}{3(Y^* + 1)} \quad (4.1)$$



**Figure 4.2 :** Variation du rapport  $Y$  des hauteurs conjuguées en fonction du nombre de Froude  $F_1$  de l'écoulement incident, dans un canal triangulaire. Points expérimentaux pour  $m=1$  : (o) ressaut contrôlé par seuil à paroi mince. (•) Ressaut contrôlé par seuil à paroi épaisse. (Δ) Ressaut forcé par seuil à paroi mince. (---) Courbe tracée selon la relation (4.1).

La figure 4.2 montre ainsi que l'égalité  $Y = Y^*$  n'est satisfaite que pour une certaine gamme de valeurs du nombre de Froude incident  $F_1$ . L'influence du seuil à paroi mince (ou épaisse) sur le rapport des hauteurs conjuguées apparaît à des valeurs de  $F_1$  supérieures à 7,50 environ. Cette influence s'accroît avec l'augmentation de  $F_1$ , mais elle n'est cependant pas significative ; Nous avons pu observer en effet que pour  $F_1=11$ , l'écart relatif  $(Y-Y^*)/Y^*$  est approximativement égal à 5% pour le seuil à paroi mince et 7% environ pour le cas du seuil à paroi épaisse.

Par ailleurs, pour les mêmes nombres de Froude  $F_1$ , un décalage important entre les valeurs de  $Y$  du ressaut forcé et du ressaut contrôlé est perceptible.

En effet, pour des nombres de Froude  $F_1$  supérieur à 3, le rapport des hauteurs conjuguées du ressaut forcé est nettement inférieur à celui du ressaut contrôlé par seuil.

Dans toute la gamme de  $F_1$  que nous avons testé, c'est à dire  $1,60 \leq F_1 \leq 11$ , un ajustement des valeurs expérimentales a montré que la variation de  $Y = f(F_1)$  est de type logarithmique :

$$Y = 1 + \alpha \cdot \text{Ln}[(F_1+4)/5] \quad (4.2)$$

$\alpha = 3,96$  pour le ressaut contrôlé par seuil à paroi mince  
 $\alpha = 3,78$  pour le ressaut contrôlé par seuil à paroi épaisse  
 $\alpha = 3,33$  pour le ressaut forcé par seuil à paroi mince

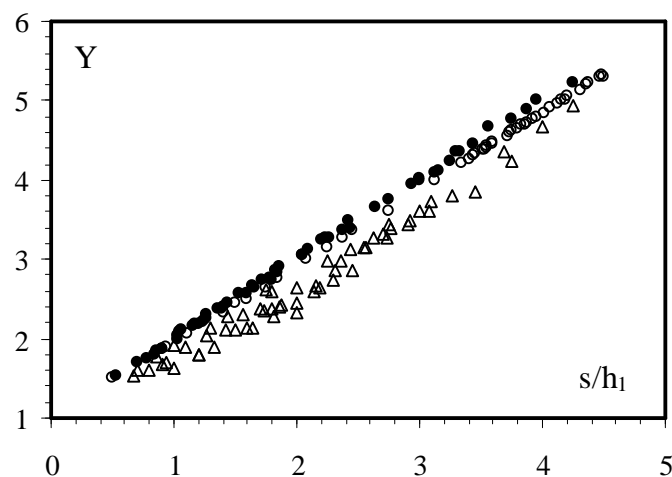
La condition de criticité est ainsi satisfaite puisque  $Y(F_1=1) = 1$ .

L'analyse des mesures expérimentales a montré la possibilité de corrélérer le rapport  $Y$  des hauteurs conjuguées des ressauts contrôlé et forcé par seuil et la hauteur relative  $S$  de celui-ci, dans toute la gamme  $1,60 \leq F_1 \leq 11$ . La figure 4.3 montre la variation expérimentale de  $Y$  en fonction de  $S$  pour le cas du ressaut contrôlé par seuil à paroi mince et épaisse, et le cas d'un ressaut forcé par seuil mince. Il ressort que cette variation suit une loi linéaire et un ajustement a permis d'écrire avec une bonne approximation, aussi bien pour le ressaut contrôlé (seuil à paroi mince et épaisse) que pour le ressaut forcé, que :

$$Y = 1 + \beta S \quad (4.3)$$

$\beta = 0,96$  pour le ressaut contrôlé par seuil à paroi mince  
 $\beta = 1,02$  pour le ressaut contrôlé par seuil à paroi épaisse  
 $\beta = 0,82$  pour le ressaut forcé par seuil à paroi mince

Pour l'ajustement de ces droites, nous avons pris en considération la condition :  $Y(S=0) = 1$ .



**Figure 4.3 :** Variation expérimentale du rapport  $Y$  des hauteurs conjuguées en fonction de la hauteur relative  $S$  du seuil. Points expérimentaux pour  $m=1$  : (o) ressaut contrôlé par seuil à paroi mince. (•) Ressaut contrôlé par seuil à paroi épaisse. (Δ) Ressaut forcé par seuil à paroi mince.

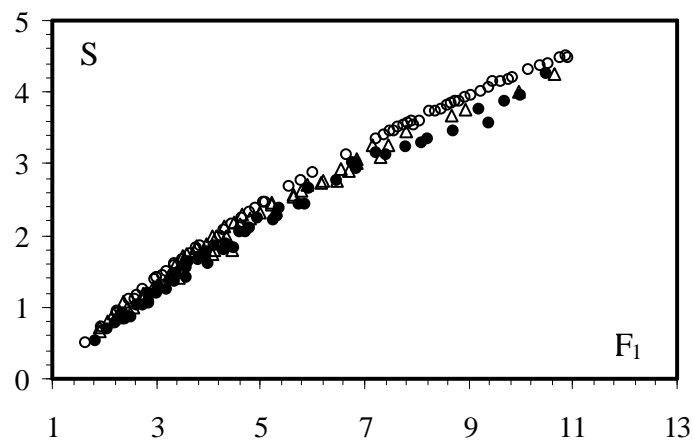
#### IV.2.2 Hauteur relative du seuil

Il ressort des relations (4.2) et (4.3) que la hauteur relative  $S$  du seuil peut s'écrire pour les trois cas de figure comme suit :

$$S = \gamma \text{Ln}[(F_1+4)/5] \quad (4.4)$$

$\gamma = 4,13$  pour le ressaut contrôlé par seuil à paroi mince  
 $\gamma = 3,71$  pour le ressaut contrôlé par seuil à paroi épaisse  
 $\gamma = 4,06$  pour le ressaut forcé par seuil à paroi mince

L'expérimentation a d'ailleurs montré la validité de la relation (4.4) pour les trois types de ressauts testés. Nous présenterons sur la figure 4.4 les résultats obtenus.



**Figure 4.4 :** Variation expérimentale de la hauteur relative  $S=s/h_1$  du seuil en fonction du nombre de Froude  $F_1$ , pour un ressaut évoluant dans un canal triangulaire. Points expérimentaux pour  $m=1$  : (o) Ressaut contrôlé par seuil à paroi mince. (●) Ressaut contrôlé par seuil à paroi épaisse. (Δ) Ressaut forcé par seuil à paroi mince.

#### IV.2.3 Longueur relative du bassin

Comme il est bien illustré dans la figure 4.1, la notation de longueur de bassin diffère pour les deux types de ressauts.

Pour le ressaut contrôlé par seuil mince ou épais, cette longueur correspond à la position  $x$  du seuil par rapport au début du ressaut. Pour ce type de ressaut, cette longueur est caractérisée par un rouleau de surface.

Tandis que pour le ressaut forcé, la longueur  $L_B$  du bassin est la somme de la longueur de la position  $x$  du seuil et de la longueur du rouleau de fond  $L_{RF}$  à l'aval du seuil, par rapport au pied du ressaut ( $L_B = x + L_{RF}$ ).

La figure 4.5 montre la variation expérimentale de la longueur relative  $X=x/h_1$  du bassin du ressaut contrôlé par seuil mince, par seuil épais et  $X=L_B/h_1$  du ressaut forcé par seuil mince en

fonction du nombre de Froude  $F_1$ . Un ajustement par la méthode des moindres carrés a permis d'aboutir, avec une bonne approximation, pour les trois types de ressaut, à une équation de type puissance de la forme :

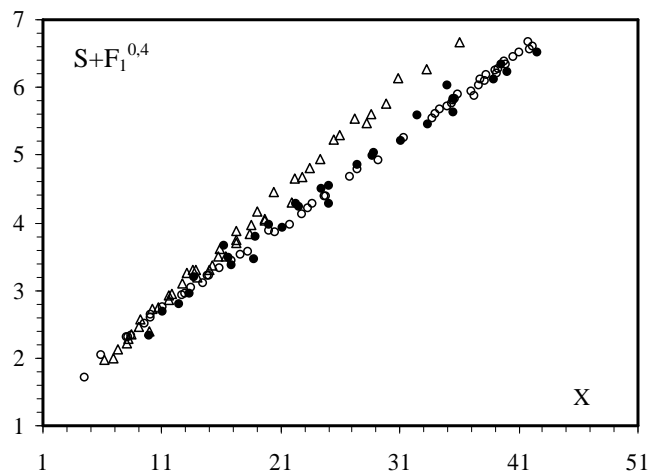
$$S + F_1^{0,4} = a X + b \quad , \quad X \geq 4 \quad (4.5)$$

La hauteur relative  $S = s/h_1$  du seuil est tirée de l'équation (4.4).

Les constantes  $a$  et  $b$  sont représentées pour chaque type de ressaut dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 4.1** : Valeurs des constantes  $a$  et  $b$  de l'équation (4.5) pour les trois types de ressaut

	Ressaut Contrôlé		Ressaut Forcé de type B-min
	Seuil mince	Seuil épais	
$a$	0,127	0,125	0,161
$b$	1,278	1,410	1,000
$R^2$	0,999	0,986	0,993



**Figure 4.5** : Variation expérimentale de la longueur relative  $X$  du bassin en fonction du nombre de Froude  $F_1$ , pour un ressaut évoluant dans un canal triangulaire. Points expérimentaux pour  $m=1$  : (o) Ressaut contrôlé par seuil à paroi mince. (•) Ressaut contrôlé par seuil à paroi épaisse. (Δ) Ressaut forcé par seuil à paroi mince.

Les points de mesures du ressaut contrôlé par seuil mince et épais sont quasiment confondus, montrant ainsi, que pour le même nombre de Froude incident et la même hauteur relative  $s/h_1$  de seuil, la longueur relative du bassin de ces deux cas est pratiquement la même. Par ailleurs, le décalage est assez important pour le cas du ressaut forcé. En effet, pour des nombres de Froude incidents supérieurs à 4, la longueur relative du bassin du ressaut forcé est inférieure à celle du ressaut contrôlé. On observe que pour  $S + F_1^{0,4} = 6.68$  ( $F_1 = 9.96$ ), l'écart relatif entre  $x/h_1$  et  $L_B/h_1$  est de 17 % environ.

### IV.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné l'étude de Debabeche et Achour (2006), relative à l'analyse de l'influence du seuil sur le ressaut hydraulique en canal triangulaire. Les auteurs ont fait une étude comparative, d'une part, entre le ressaut contrôlé par seuil mince et par seuil épais, et d'autre part entre le ressaut contrôlé et le ressaut forcé de type B-min.

L'analyse des mesures expérimentales montre que la mise en place d'un seuil n'a pas d'effet réducteur significatif sur le rapport des hauteurs conjuguées du ressaut. Un léger écart est cependant observé en  $Y^*$  et  $Y$  désignant les rapports des hauteurs conjuguées respectivement du ressaut sans obstacle à l'aval "ressaut classique" et ceux du ressaut contrôlé. L'écart est par contre important, entre les valeurs de  $Y$  du ressaut forcé et du ressaut contrôlé. En effet, pour des nombres de Froude  $F_1$  supérieurs à 3, le rapport des hauteurs conjuguées du ressaut forcé est nettement inférieur à celui du ressaut contrôlé. Une loi de type logarithmique est proposée pour évaluer le rapport  $Y$  en fonction du nombre de Froude  $F_1$ , pour les trois types de ressaut. En outre, la représentation graphique des mesures expérimentales montre que  $(Y-1)$  augmente au fur et à mesure que la hauteur relative  $S$  du seuil croît, suivant une courbe unique linéaire de pente 0,96 pour le cas du ressaut contrôlé par seuil mince, de pente 1,02 pour le cas du ressaut contrôlé par seuil épais et la pente est de 0,82 pour le ressaut forcé par seuil mince. L'interdépendance des paramètres adimensionnels  $S$  et  $F_1$  est alors mise en évidence.

Par ailleurs, une relation de type puissance, liant la hauteur relative  $S$  du seuil, le nombre de Froude  $F_1$  et la longueur relative  $X$  du bassin a été trouvée pour les trois types de ressaut étudiés. La représentation graphique montre que pour le même nombre de Froude incident, les points de mesures du ressaut contrôlé par seuil mince et épais sont presque confondus. En outre, un décalage important est observé pour le cas du ressaut forcé. En effet, pour des nombres de Froude incidents supérieurs à 4, la longueur relative du bassin du ressaut forcé est inférieure à celle du ressaut contrôlé. D'une manière générale, le ressaut forcé par seuil mince est plus avantageux par une hauteur aval moindre et un bassin plus court.