

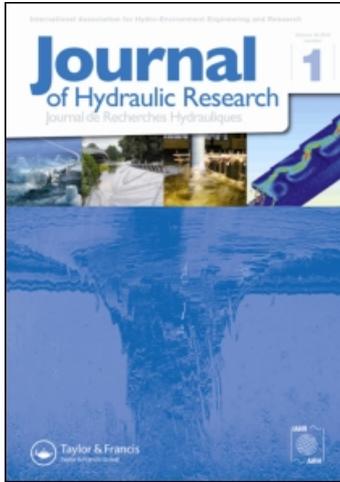
This article was downloaded by: [ACHOUR, Bachir]

On: 21 April 2010

Access details: Access Details: [subscription number 921481157]

Publisher Taylor & Francis

Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered office: Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK



## Journal of Hydraulic Research

Publication details, including instructions for authors and subscription information:

<http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t916282780>

### Jump flowmeter in a channel of triangular cross-section without weir

Bachir Achour

Online publication date: 19 January 2010

**To cite this Article** Achour, Bachir(1989) 'Jump flowmeter in a channel of triangular cross-section without weir', Journal of Hydraulic Research, 27: 2, 205 – 214

**To link to this Article:** DOI: 10.1080/00221688909499181

**URL:** <http://dx.doi.org/10.1080/00221688909499181>

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Full terms and conditions of use: <http://www.informaworld.com/terms-and-conditions-of-access.pdf>

This article may be used for research, teaching and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, re-distribution, re-selling, loan or sub-licensing, systematic supply or distribution in any form to anyone is expressly forbidden.

The publisher does not give any warranty express or implied or make any representation that the contents will be complete or accurate or up to date. The accuracy of any instructions, formulae and drug doses should be independently verified with primary sources. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

# Débitmètre a ressaut en canal de section triangulaire sans seuil

## Jump flowmeter in a channel of triangular cross-section without weir



BACHIR ACHOUR

*Maitre-assistant à l'Institut National de l'enseignement supérieur de Génie-Civil,  
Oued Aïssi, Tizi-Ouzou, Algérie*

### RÉSUMÉ

Les appareils ordinairement employés pour la mesure des débits des canaux ouverts, nécessitent des pertes de charge trop élevées, ce qui est indésirable surtout dans leur emploi à l'irrigation des zones à faible déclivité. La recherche d'une solution à ce problème a amené à la conception de l'appareil, faisant objet de la présente étude, constituant un nouveau type de débitmètre semimodulaire unissant les avantages d'un déversoir triangulaire et ceux d'un Parshall.

### SUMMARY

The devices employed for the measurement of discharges in free surface channels usually generate a great headloss, incompatible with irrigation purposes in flat areas. To solve this problem, the author presents a new type of flowmeter which combines the advantages of the triangular weir and those of the Parshall weir.

### Introduction

Les appareils ordinairement utilisés pour la mesure des débits dans les canaux ouverts [4] présentent tous une loi "hauteur-débit" unique, hauteur mesurée à l'amont de l'ouvrage considéré. Certains d'entre eux occasionnent une plus faible perte de charge mais qui reste cependant au-dessus de la valeur désirée [2]. Comparant les pertes de charge occasionnées par divers appareils de mesure de débit, une étude [6] indique pour le Parshall une valeur de 0,578 mètre et une valeur de 0,115 mètre pour un déversoir rectangulaire dont le rapport hauteur/largeur serait de 0,5 pour un débit  $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Quant au canal triangulaire à parois planes et à angle d'ouverture de  $90^\circ$ , la même étude [6] indique une valeur de 0,041 mètre pour le même débit.

D'autre part, l'expression du débit est en général complexe, suite à l'introduction de facteurs correctifs résultants parfois de phénomènes secondaires indésirables, tels la turbulence et l'apparition de zones d'eau morte que ces ouvrages occasionnent [5].

Ces appareils sont pour la plupart constitués d'une section rectangulaire où une bonne précision n'est obtenue que pour les forts débits et sont de plus dotés de seuils devant lesquels les dépôts solides s'accumulent.

Un moyen fréquemment utilisé pour la mesure des débits est l'emploi des déversoirs en mince paroi [3], comme le déversoir Bazin, de Cipoletti, de Rehbock, etc. . . . et le déversoir à évidement

---

Revision received June 15, 1988. Open for discussion till October 31, 1989.

triangulaire. C'est ce dernier qui permet la meilleure précision dans la détermination du débit par une simple lecture limnimétrique [8]. L'emploi des déversoirs en mince paroi est conditionné par un écoulement dénoyé lors de leur franchissement [7]. Ce qui nécessite une perte de charge supérieure ou égale à la charge au-dessus du point le bas de l'échancrure constituant le déversoir. Le débitmètre à ressaut connu sous le nom de Parshall, provoque dans la section de contrôle, située dans la partie retrécie du dispositif un écoulement critique suivi d'une tranche où le régime de l'écoulement devient torrentiel; cet écoulement est caractérisé par une vitesse supérieure à la célérité des perturbations élémentaires tendant à remonter le courant. Cette tranche de courant en régime torrentiel constitue une espèce de cordon sanitaire qui élimine toute influence des variations du niveau aval sur les caractéristiques de l'écoulement à l'amont et assure le fonctionnement semi-modulaire de l'appareil [1]. La tranche torrentielle peut être suivie d'un ressaut permettant de récupérer les 94% de la charge nécessaire au franchissement du dispositif. Le Parshall tel qu'il fut conçu par son inventeur est caractérisé par une section rectangulaire; par conséquent les faibles débits le franchissent en formant une veine liquide dont l'épaisseur est très faible par rapport à sa largeur. Ainsi, l'imprécision relative de la mesure limnimétrique devient trop importante ( $1\text{ mm}/1\text{ cm} = 10\%$  entraînant  $15\%$  d'erreur relative dans l'évaluation du débit). Pour éliminer tous ces inconvénients, nous avons réuni les avantages du Parshall et du déversoir triangulaire, ce qui nous a conduit à créer le débitmètre à ressaut en canal diédrique sans seuil et à parois gauches ayant son talweg au même niveau que celui du cours d'eau. Cette particularité confère à l'appareil l'avantage d'être autodégradant.

## 1 Étude théorique de l'appareil - expression du débit

L'appareil est composé des surfaces gauches OABCO et OA'B'CO constituant la partie convergente (Fig. 1). Ces surfaces ont leurs directrices constituées respectivement par les droites AB et OC, A'B' et OC en projection verticale sur un plan horizontal. Leurs génératrices sont des droites parallèles à un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'ouvrage. Les surfaces gauches sont conçues de telle manière que toute section transversale soit représentée par un triangle isocèle; le tronçon B'A'AB constitue donc un canal triangulaire à angle d'ouverture variable.

La partie A'D'DA succédant aux parois gauches est un canal triangulaire à angle d'ouverture constant servant de transition à l'écoulement et dans lequel ce dernier devient critique.

Tout l'ensemble ainsi décrit présente un fond unique de pente nulle et un seul axe longitudinal. L'étude portera sur le tronçon B'A'AB où l'angle d'ouverture varie depuis  $(\pi - 2\beta)$  jusqu'à  $(\pi - 2\alpha)$  constituant l'angle d'ouverture de la section retrécie de l'appareil (Fig. 2). Si:

- $h_0$  est la hauteur géométrique de l'appareil ( $h_0$  correspond également à la hauteur géométrique du canal dans lequel est installé l'appareil);
- $B$  est la largeur du dièdre à angle d'ouverture  $(\pi - 2\beta)$ ;
- $b$  est la largeur du dièdre à angle d'ouverture  $(\pi - 2\alpha)$ ;
- $t_1$  est le talus de la section d'entrée BB' de l'appareil, défini par sa  $\text{cotg } \beta$  (Fig. 2);
- $t_2$  est le talus de la section retrécie AA' de l'appareil, défini par sa  $\text{cotg } \alpha$  (Fig. 2).

Nous pouvons établir géométriquement les relations suivantes:

$$t_1 = \text{cotg } \beta = \frac{B/2}{h_0} \quad (1)$$

$$t_2 = \text{cotg } \alpha = \frac{b/2}{h_0} \quad (2)$$

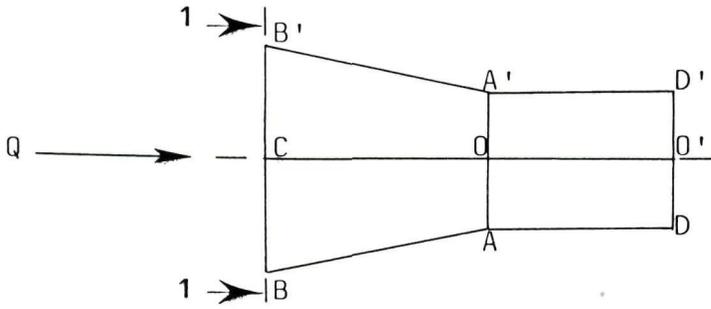


Fig. 1. Vue en plan de l'appareil.  
Definition stretch of the device, top view.

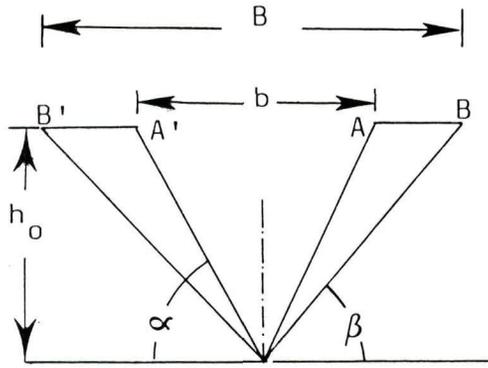


Fig. 2. Vue de face 1.1 de l'appareil.  
Front view, form 1.1.

Le rapport des relations (1) et (2) conduit à:

$$t_1/t_2 = B/b \quad (3)$$

La variation progressive de l'angle d'ouverture du dièdre permet d'obtenir une infinité de profondeurs critiques.

On peut alors exprimer les profondeurs critiques, pour les sections triangulaires BB' et AA', respectivement par les relations:

$$k_1 = \left[ \frac{2Q^2}{g \cdot t_1^2} \right]^{1/5} \quad (4)$$

$$k_2 = \left[ \frac{2Q^2}{g \cdot t_2^2} \right]^{1/5} \quad (4)$$

dans lesquelles  $Q$  est le débit passant par l'appareil et  $g$  l'accélération de la pesanteur.

Les relations (4) et (5) découlent de la condition de criticité bien connue:

$$\frac{Q^2 \cdot e}{g \cdot A^3} = 1$$

Dans cette dernière relation  $e$  représente la largeur du plan d'eau et  $A$  la section mouillée.

Les relations (3), (4) et (5) nous permettent d'écrire:

$$k_1 = k_2 \cdot (b/B)^{2/5} \quad (6)$$

Si le régime primitif de l'écoulement (avant la mise en place de l'appareil) est torrentiel, il se transformera en fluvial à l'amont de l'appareil, après la mise en place de ce dernier; cette transformation se fera moyennant un ressaut. Par conséquent, l'écoulement se produisant dans la section d'entrée BB' est en régime fluvial. En désignant par  $h_1$  la profondeur de l'écoulement dans la section BB', nous pouvons écrire:

$$h_1 > k_1$$

Si le régime primitif de l'écoulement est fluvial, il gardera son caractère après la mise en place de l'appareil. Par conséquent, l'écoulement se produisant dans la section d'entrée BB' est en régime fluvial et nous pouvons écrire:

$$h_1 > k_1$$

Dans les deux cas si-dessus cités, la profondeur  $h_1$  diminue au fur et à mesure que l'on passe de la section d'entrée BB' de l'appareil à sa section retrécie AA' qui sera le lieu d'un écoulement critique. En désignant par  $h_2$  la profondeur de l'écoulement dans la section AA' nous pouvons écrire:

$$h_2 = k_2$$

$k_2$  est la profondeur critique définie par la relation (5).

La section retrécie AA' de l'appareil est alors une section de contrôle.

En désignant respectivement par  $H_1$  et  $H_2$  la charge totale dans la section BB' et AA' et en négligeant la perte de charge se produisant entre ces deux sections, nous pouvons écrire:

$$H_1 = H_2$$

La section retrécie AA' de l'appareil étant critique ( $h_2 = k_2$ ) et de forme triangulaire, la charge totale  $H_2$  s'exprime par la relation:

$$H_2 = \frac{5}{4} \cdot k_2 = H_1$$

soit:

$$k_2 = \frac{4}{5} \cdot H_1 \quad (7)$$

En substituant (7) dans (6), nous pouvons écrire:

$$k_1 = 4/5 \cdot h_1 \cdot (b/B)^{2/5} \quad (8)$$

En rapportant la charge totale  $H_1$  au tirant d'eau critique  $k_1$ , la relation (8) devient:

$$H_1/k_1 = H_{1x} = 5/4 \cdot (B/b)^{2/5} \quad (9)$$

Ainsi, les paramètre adimensionnel  $H_{1x}$  ne dépend que des caractéristiques géométriques  $B$  et  $b$  de l'appareil étudié.

En considérant le facteur de correction de l'énergie cinétique égal à l'unité, la charge totale  $H_1$  s'exprime, pour la section triangulaire  $BB'$ , par la relation:

$$H_1 = h_1 + \frac{Q^2}{2g(t_1 h_1^2)^2}$$

soit:

$$H_1/k_1 = h_1/k_1 + \frac{Q^2}{2g \cdot k_1 \cdot (t_1 \cdot h_1^2)^2}$$

En tenant compte de la relation (4), la relation ci-dessus devient:

$$H_1/k_1 = h_1/k_1 + \frac{k_1^4}{4 \cdot h_1^4} = h_1/k_1 + \frac{1}{4 \cdot (h_1/k_1)^4}$$

Or, par définition:

$$\begin{aligned} H_1/k_1 &= H_{1x} \\ h_1/k_1 &= h_{1x} \end{aligned}$$

Ainsi, le paramètre adimensionnel  $H_{1x}$  s'exprime par la relation:

$$H_{1x} = h_{1x} + \frac{1}{4 \cdot h_{1x}^4} \quad (10)$$

Nous pouvons déduire de (9) et (10) que:

$$5/4 \cdot (B/b)^{2/5} = h_{1x} + \frac{1}{4 \cdot h_{1x}^4} \quad (11)$$

La relation (11) est représentée graphiquement dans le système d'axes de coordonnées à divisions logarithmiques de la Fig. 3 et qui permet de déterminer le paramètre adimensionnel  $h_{1x}$  pour n'importe quel canal du type étudié.

La forme de l'appareil est telle que  $B/b$  est strictement supérieur à l'unité; par conséquent, la relation (11) nous montre que:

$$h_{1x} + \frac{1}{4 \cdot h_{1x}^4} > 5/4$$

nous pouvons alors en déduire que le paramètre adimensionnel  $h_{1x}$  est différent de l'unité:

$$h_{1x} \neq 1$$

Cependant, compte tenu du fait que le régime d'écoulement dans la section  $BB'$  d'entrée de l'appareil est fluvial ( $h_1 > k_1$ ), le paramètre adimensionnel  $h_{1x}$  est strictement supérieur à l'unité:

$$h_{1x} > 1$$

Par suite, la détermination graphique de  $h_{1x}$  se fera sur la branche supérieure de la courbe représentée par la Fig. 3.

La combinaison des relations (3) et (4) permet d'écrire:

$$Q^2 = g/2 \cdot t_2^2 \cdot (B/b)^2 \cdot k_1^5 \quad (12)$$

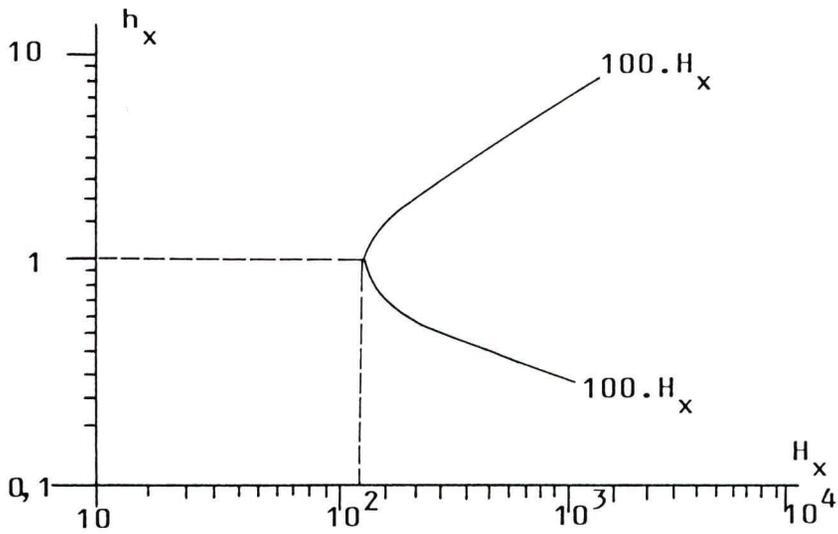


Fig. 3. Détermination graphique de  $h_x$ .  
Curve giving  $h_x$ .

Puisque  $k_1 = h_1/h_{1x}$ , la relation (12) devient:

$$Q = (g/2)^{1/2} \cdot \frac{t_2}{(b/B) \cdot h_{1x}^{5/2}} \cdot h_1^{5/2} \quad (13)$$

C'est l'expression du débit qui prend la forme définitive suivante:

$$Q = a \cdot (g/2)^{1/2} \cdot t_2 \cdot h_1^{5/2}$$

avec:

$$a = \frac{1}{(b/B) \cdot h_{1x}^{5/2}}$$

Le paramètre  $a$  n'est fonction que du rapport  $b/B$ , donc des caractéristiques géométriques de l'appareil; le débit est alors déterminé par une simple lecture limnimétrique du tirant d'eau  $h_1$  à l'entrée de l'appareil, correspondant à la section  $BB'$  de la Fig. 1 et moyennant les caractéristiques géométriques de ce dernier. Ce qui est d'ailleurs conforme aux appareils semimodulaires.

## 2 Considérations théoriques pour l'utilisation de l'appareil

L'appareil placé dans un courant liquide provoque des perturbations à l'amont et à l'aval; la distance  $H_x$ , représentant la charge minimale nécessaire pour que le débit puisse franchir l'appareil définit la côte limite discriminatoire.

Si le plan de charge primitif (avant la mise en place de l'appareil) se trouve au-dessus de la côte limite discriminatoire, l'appareil ne fonctionnera pas normalement car la section rétrécie  $AA'$  (Fig. 1) ne possèdera pas les caractéristiques bien déterminées d'une section de contrôle.

Dans le cas contraire, l'appareil fonctionnera normalement et la section retrécie AA', satisfaisant aux conditions d'une véritable section de contrôle sera caractérisée par une charge à l'amont telle que:

$$H_{am} = 5/4 \cdot k_2 \quad (7)$$

avec:

$H_{am}$  = la charge à l'amont de la section retrécie AA' de l'appareil, correspondant à un écoulement fluvial

$k_2$  = la profondeur critique caractérisant le section retrécie AA' (section de contrôle)

### 2.1 Condition de fonctionnement normal de l'appareil

Afin de satisfaire la condition "plan de charge primitif en-dessous de la côte limite discriminatoire", nous proposons de minorer le rapport  $H_{av}/H_{am} = 0,94$  représentant la limite de la semi-modularité (ou correspondant à 6% de perte de charge), à une valeur de 0,90; cette minoration constitue une marge de sécurité et prend en considération l'effet des frottements:

$$H_{av}/H_{am} = 0,90$$

soit:

$$H_{am} = 1,1 \cdot H_{av} \quad (14)$$

Dans cette dernière relation la charge  $H_{av}$  correspond à la charge caractérisant l'écoulement à l'aval de la section retrécie AA' de l'appareil.

L'écoulement reprend, à l'aval de la section retrécie AA', son caractère primitif qu'il avait avant la mise en place de l'appareil. En désignant par  $H$  la charge primitive, nous pouvons écrire:

$$H_{av} = H \quad (15)$$

Les relations (7), (14) et (15) nous permettent d'écrire:

$$k_2 = 4/5 \cdot H_{am} = 4/5 \cdot 1,1 \cdot H$$

soit:

$$k_2 = 0,88 \cdot H \quad (16)$$

Ceci conduit à déterminer le talus maximal de la section retrécie AA' de l'appareil, que l'on doit adopter; en effet, les relations (5) et (16) permettent d'écrire:

$$k_2 = 0,88 \cdot H = \left[ \frac{2 \cdot Q^2}{g \cdot t_{2 \max}^2} \right]^{1/5} \quad (17)$$

Ainsi:

$$t_{2 \max} = 0,622 \cdot \frac{Q}{H^{5/2}} \quad (18)$$

Dans cette dernière relation  $Q$  est exprimé en  $m^3/s$  et  $H$  en mètres. Il est à noter que ce sont les gros débits, correspondant aux plus fortes crues, qui déterminent l'angle d'ouverture de la section retrécie AA'.

Nous pouvons donc déterminer la valeur du talus maximal  $t_{2\max}$  de la section retrécie de l'appareil, suivant la relation (18), en tenant compte du débit maximal véhiculé par le canal et de la charge  $H$  correspondante.

## 2.2 Détermination graphique de $t_{2\max}$

Nous proposons dans ce qui suit une méthode graphique permettant la détermination rapide du talus maximal de la section retrécie AA' de l'appareil.

Pour cela, nous traçons, dans un système d'axes de coordonnées à divisions logarithmiques, la loi  $H_{am} = f(Q)$  pour différentes valeurs de  $t_{2\max}$ . La loi  $H_{am} = f(Q)$  est obtenue en combinant les relations (7) et (17):

$$H_{am} = 4/5 \cdot k_2 = \left[ \frac{2 \cdot Q^2}{g \cdot t_{2\max}^2} \right]^{1/5}$$

soit:

$$H_{am} = \frac{0,91}{t_{2\max}^2} \cdot Q^{2/5} \quad (19)$$

Nous obtenons alors une série de droites (Fig. 4) sur lesquelles est indiqué non pas le talus maximal mais l'ngle d'inclinaison  $\alpha$  qui y correspond.

D'autre part, si nous disposons de la loi de variation de la charge primitive  $H$  en fonction du débit  $Q$ , avant la mise en place de l'appareil, nous pourrons la représenter sur la Fig. 4.

Cette loi de variation se traduira par une courbe et présentera des points d'intersection avec les droites  $H_{am} = f(Q)$ .

L'angle d'inclinaison qu'il faut adopter pour la section retrécie AA' de l'appareil, afin que ce dernier fonctionne correctement, est celui pour lequel la droite correspondante  $H_{am} = f(Q)$  se situe au-dessus de la courbe représentée par  $H = f(Q)$ .

Les points d'intersection correspondant à  $H_{am} = H$  nous indiquent la valeur du débit  $Q$  au-delà de laquelle l'angle d'inclinaison choisi ne peut plus être adopté.

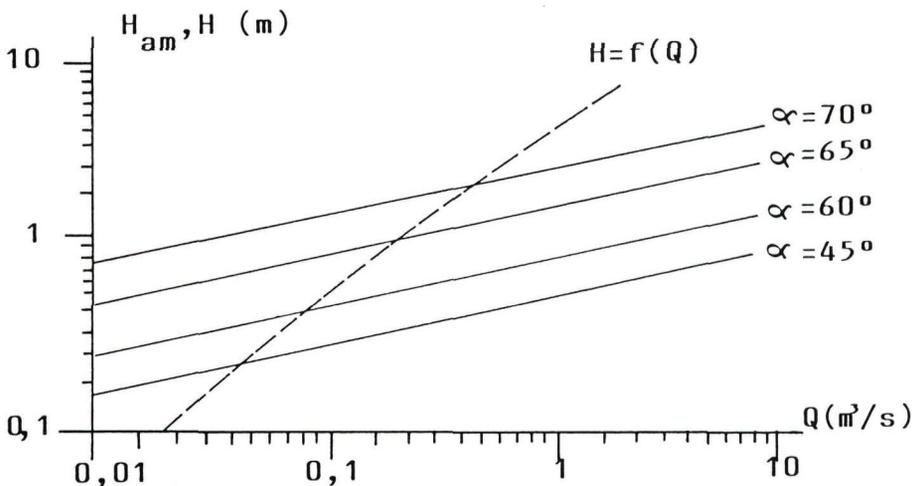


Fig. 4. Détermination graphique de  $\alpha$  correspondant à  $t_{2\max}$ .  
Curves giving  $\alpha$  for  $t_{2\max}$ .

## Conclusion

La charge totale nécessaire au franchissement du dispositif ainsi conçu doit être telle que le niveau maximum de l'eau à l'aval de l'appareil (correspondant à la limite de la semimodularité) reste pour toute la gamme des débits, au-dessus du plan de charge primitif de l'écoulement, c'est à dire avant la mise en place du débitmètre.

L'angle d'ouverture de la section retrécie en l'appareil doit être tel que l'écoulement garde son caractère semimodulaire, quelque soit le régime primitif de l'écoulement dans le cours d'eau. Une étude particulière des variations du régime de l'écoulement a été faite et nous a mené à une solution graphique permettant de déterminer le talus maximal à adopter pour la section retrécie de l'appareil.

Le tronçon en régime torrentiel succédant à la section de contrôle est suivi d'un ressaut permettant la récupération, dans une forte proportion, de l'énergie potentielle antérieurement transformée en énergie cinétique. L'appareil fonctionne alors avec un minimum de perte de charge ne représentant plus que les 6 à 7% de la perte de charge nécessaire au fonctionnement correct d'un déversoir triangulaire en mince paroi.

Les jaugeurs à ressaut utilisés dans la pratique, tels le Parshall et le canal venturi à fond plat [2], occasionnent une perte de charge de l'ordre de 8% de la hauteur du plan d'eau amont, quand la profondeur dans la section retrécie (ou col) atteint la profondeur critique; le ressaut est alors ondulé. Cette propriété présente l'inconvénient de nécessiter une grande longueur de col, d'entraîner une instabilité de l'écoulement rendant les mesures imprécises et de former des tourbillons sur le radier, avec risques d'érosion.

Quand le ressaut est franc, c'est à dire quand la profondeur au col reste inférieure à la profondeur critique, la perte de charge occasionnée par ces ouvrages peut atteindre les 25% de la hauteur du plan d'eau amont et même plus.

L'angle d'ouverture variable du débitmètre présenté permet d'avoir un écoulement critique dans sa section retrécie, sans pour autant surélever le fond. Cette section en régime critique ne peut exister dans la plupart des appareils utilisés, que par l'introduction d'un seuil.

Ces appareils sont en outre constitués d'une section rectangulaire qui ne donne pas, par conséquent, une bonne précision dans la détermination des débits fractionnaires; la précision dans la détermination du débit dépend du rapport largeur/profondeur.

Grâce au choix de la section triangulaire, la précision dans la détermination du débit ne dépend que de la précision dans la mesure de la profondeur d'eau à l'amont, aussi bien pour les faibles que pour les forts débits.

Des essais de mesure de débits nous ont permis de conclure que les résultats expérimentaux confirment la théorie et ne nécessitent que l'introduction de coefficients très proches de l'unité, pour obtenir les valeurs exactes du débit.

Le passage des gros débits se produira sans ralentissement considérable de la vitesse, en évitant ainsi la formation de dépôts d'alluvions à proximité du débitmètre. Ce ralentissement sera beaucoup plus prononcé lors du passage, à l'étiage, des plus faibles débits et il pourra occasionner la formation de dépôt des éléments fins véhiculés par le courant; mais, ceux-ci seront balayés par le courant au fur et à mesure que le débit et la vitesse continuent à s'accroître lors du passage des crues, en assurant ainsi le dégrèvement automatique de l'appareil.

## Notations

$Q$	débit volume
$k$	profondeur critique
$h$	profondeur d'un tirant d'eau
$H$	charge totale
$H_{av}$	charge totale à l'aval
$H_{am}$	charge totale à l'amont
$H_x$	charge totale rapportée à la profondeur critique
$h_x$	profondeur $h$ rapportée à la profondeur critique
$A$	aire de la section mouillée d'un canal
$e$	largeur du plan d'eau
$g$	accélération de la pesanteur
$t$	cotangente de l'angle d'un talus par rapport à l'horizontale

## Bibliographie / References

1. ACHOUR, B., *Fonctionnement semimodulaire des jaugeurs à ressaut*, bulletin de l'I.N.E.S.G.C., no. 3, Tizi-Ouzou, 1987.
2. Agence financière de bassin "Loire et Bretagne", cahier de prescriptions spéciales pour la réalisation et l'agrément des dispositifs de mesure des débits des effluents, France, 1970.
3. BARBE, A., BOYER, P., COULOMB, R., MOREAU DE SAINT-MARTIN et NOUGARO, J., Loi hauteur-débit d'un déversoir en mince paroi fonction de la charge totale  $H$  et valable dans une large plage d'utilisation, La Houille Blanche, no. 3, France, 1970.
4. BOS, M. G., REPLOGLE, J. A. et CLEMMENS, A. J., *Aforadores de caudal para canales abiertos*, I.L.R.I. publ. NLD., Vol. 38, 1986.
5. CARLIER, M., *Manuel d'Hydraulique Générale et Appliquée*, Edition Eyrolles, Paris, 1970.
6. LAPRAY, G. et RINGUELET, R., *Mesure des débits par ressaut Hydraulique en canal triangulaire*, cahier du centre de recherche et d'expérimentation du Génie-Rural du Maroc, no. 4, Rabat, 1958.
7. SCHLAG, A., *La mesure des débits par déversoir en mince paroi*, bulletin trimestriel du Cebedeau, no. 51, France, 1961.
8. SCHLAG, A., *Note sur la mesure des débits par déversoir triangulaire*, la tribune du Cebedeau, no. 218, France, 1962.