

Turbulence générée par phénomènes de chasse des barrages

Contribution to hydrodynamic study of upstream flow from a reservoir

par M. Kassoul, M. Belorgey
Université de Caen
Groupe Mécanique des Fluides et Génie Côtier

The setting up of hydraulic reserves (dams and flood docks including those which correspond to the tidal movement power supply plants) is a problem of vital importance which limits the productivity and useful life of these structures. The present study contributes to the analysis of sediment removal suspension conditions which favor the evacuation of sediments through a process of flushing thus permitting to increase the dam life. The suspension replacement of the sediments is a complex phenomenon. This study permits us to analyse the characteristics of the boundary layer near the dam bottom discharge. It is caused by a gradually varied flow and its origins moreover, undetermined. Its external conditions are, at the same time, fonction of both space and time.

I ■ INTRODUCTION

Dans un lit de rivière, les sédiments sont emportés et déposés dans la cuvette de l'ouvrage à l'intérieur de la zone de tranquillité affectant ainsi la capacité du barrage, principal indice de valeur de celui-ci [1].

L'évacuation de la vase accumulée dans les cuvettes s'avère donc indispensable pour la maîtrise et la gestion des ressources et le respect de la durée de vie des ouvrages

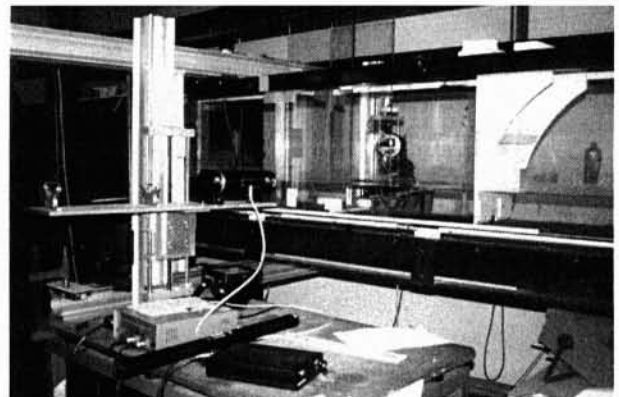
La genèse de l'érosion et la remise en suspension des sédiments dépendent essentiellement des caractéristiques de la zone de contact fluide-dépôt.

La présente étude contribue à la détermination de la zone de naissance de la turbulence responsable de la remise en suspension des sédiments.

II ■ DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

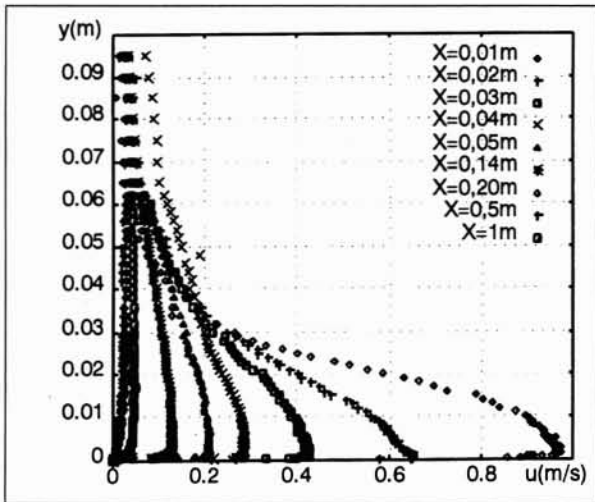
La plate-forme expérimentale, représentée sur la figure 1 est constituée d'un canal à flux continu d'une longueur de 6,4 m avec une veine d'essai de $0,3 \times 0,5 \text{ m}^2$. Le convergent présente trois côtés à courbure exponentielle afin que l'écoulement, à l'entrée de la veine, soit laminaire et uniforme [2].

Une structure rectangulaire de $500 \times 300 \times 10 \text{ mm}^3$ est placée perpendiculairement à la veine, obstruant complètement l'écoulement. Elle présente une ouverture symétrique en sa partie inférieure par laquelle l'eau débite vers l'aval.

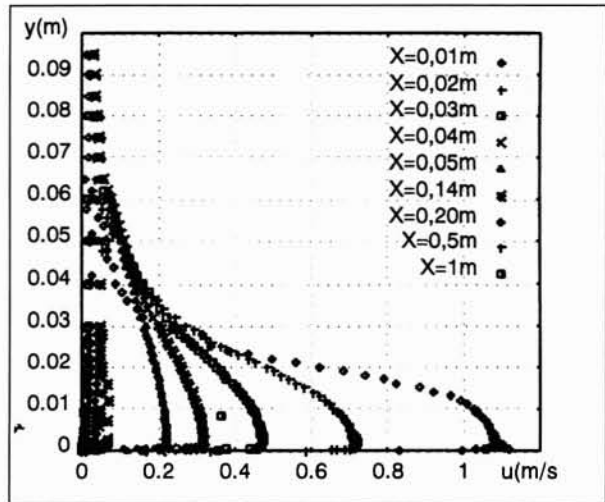


1. Canal à flux continu.

Les mesures des champs des vitesses sont réalisées au moyen d'une Vélocimétrie Doppler Laser (Helium-Neon à 1 composante). Un système de déplacement permet de mesurer des profils des vitesses dans des sections situées de 10 à 1500 mm en amont de la paroi verticale (barrage). L'acquisition des résultats est pilotée par un micro-ordinateur. On accède ainsi à la composante longitudinale U du champ des vitesses instantanées, dont on déduit, après traitement, les fluctuations instantanées et les intensités de turbulence.



2. Profils des vitesses en amont du barrage (h = 0,3 m).



3. Profils des vitesses en amont du barrage (h = 0,4 m).

III ■ ANALYSE DE L'ÉCOULEMENT AMONT

Afin de moduler le débit à la sortie (dans la buse), nous avons fait varier la hauteur d'eau h dans le canal. Trois campagnes de mesures ont été ainsi réalisées.

Pour chacune des trois hauteurs d'eau, nous avons réalisé des profils de vitesse depuis le fond du canal ($y = 0$) jusqu'à la surface libre, pour différentes positions X en amont du barrage (figure 2 et 3).

Sur les figures 2 et 3, on observe deux formes de profils très différentes.

Les profils de vitesse, pour des positions éloignées du barrage ($X = 0,4 ; 0,5$ m), sont peu perturbés. Quand la distance à la vidange diminue, ils subissent une importante déformation dans la zone proche du fond, et qui s'accroît à l'approche de la buse ($X=0,05 ; 0,01$ m).

En outre, on remarque que le gradient des vitesses est plus marqué pour les profils proches du barrage. Plus on s'éloigne de ce dernier, plus les profils de vitesse prennent une allure similaire à ceux obtenus dans un canal classique [3].

A priori, au-delà d'une certaine distance X de la paroi verticale l'ouverture du fond n'a plus d'effet notable sur l'évolution de la vitesse moyenne longitudinale, le régime d'écoulement dans cette partie est établi (écoulement en canal). Les profils de vitesse pour $X = 0,05$ m (proche de l'ouvrage) et $X = 0,5$ m (loin de l'ouvrage), montrent cette influence.

Pour chaque profil de vitesse, on note la présence de deux zones bien distinctes :

- une partie supérieure (écoulement extérieur) dans laquelle la vitesse n'est perturbée que par la présence de la paroi verticale [4].

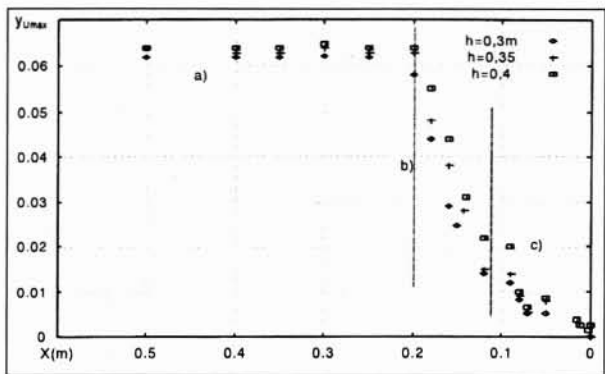
- une partie inférieure (couche limite) où la vitesse est nulle au fond et croît jusqu'à la valeur maximale du profil.

Afin de caractériser les différents régimes d'écoulement, nous avons tracé (voir figure 4) l'évolution de la position y à laquelle apparaît la vitesse maximale U_{max} , en fonction de la distance X à la buse ; la couche limite présente trois formes d'évolution :

- un écoulement de canal (laminaire) plus en amont où la buse n'a aucun effet sur les profils de vitesse, zone (a), [5],

- une zone de transition (zone (b)), qui permet le passage du régime établi en canal au régime perturbé par la buse.

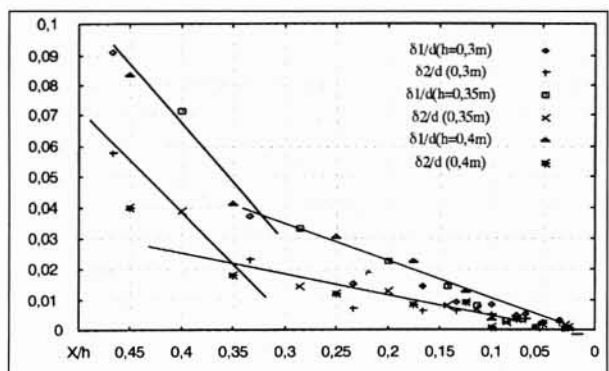
- un régime turbulent où l'épaisseur de la couche limite varie considérablement sous l'influence unique de l'ouverture de fond (zone (c)) qui crée un phénomène d'aspiration.



4. Séparation de la couche limite en trois zones a) laminaire, b) transitoire; c) turbulente.

IV ■ ZONE DE NAISSANCE DE LA TURBULENCE

Afin de déterminer l'origine de la couche limite turbulente, nous avons été amenés à tracer l'évolution des caractéristiques



5. Zone de naissance de la couche limite turbulente le long du canal.

ristiques, (δ_1/d) et (δ_2/d) en fonction de (X/h) , pour chaque hauteur d'eau h , où δ_1 est l'épaisseur de déplacement et δ_2 l'épaisseur de quantité de mouvement.

Pour les trois campagnes de mesure, (figure 5), on remarque un changement significatif de l'évolution des caractéristiques de la couche limite (épaisseur de déplacement et épaisseur de quantité de mouvement) en fonction de l'abscisse X . Cette variation brusque intervient aux alentours de :

$$X/h \approx 0,3 \quad (1)$$

L'abscisse de ce changement étant proportionnelle à la hauteur d'eau h dans le canal, on peut donc caractériser l'écoulement à l'aval de cette position par le nombre de Reynolds suivant [6] :

$$R_e = \frac{U_{max} X_0}{\nu} \quad (2)$$

où : $X_0 = 0,3h$: distance buse - point de transition (en m),
 ν : viscosité cinématique (m^2/s),
 U_{max} : vitesse maximale du profil (m/s)

Ainsi, la couche limite turbulente prend naissance à partir de la distance $X_0 = 0,3$ fois la hauteur d'eau dans l'ouvrage.

On a aussi remarqué que la couche limite laminaire se manifeste à partir d'une distance $X \geq 0,6h$.

On peut ainsi dire que la couche limite graduellement variée générée par l'ouverture de fond est définie par trois régimes. (Tableau 1).

Régime laminaire	Régime transitoire	Régime turbulent
$X > 0,6h$	$0,6h > X > 0,3h$	$0,3h > X > 0$

Tab. 1 : Délimitation des différents régimes de la couche limite.

V ■ CONCLUSION

L'analyse des profils de vitesse en amont de l'écoulement a permis de mettre en évidence deux formes d'évolutions distinctes selon la profondeur y et trois évolutions selon la distance X en amont de l'ouverture de fond.

L'analyse détaillée de l'écoulement et des grandeurs associées à la couche limite, dans la zone où l'ouverture de la chasse est prépondérante, nous a permis de définir la limite entre la zone d'écoulement transitoire, et la zone où s'amorce la nature turbulente de cette couche limite. Le choix de cette position s'appuie sur la discontinuité dans l'évolution des caractéristiques de la couche limite δ_1 et δ_2 .

BIBLIOGRAPHIE

- [1] KASSOUL M. ABDELGADER A.: 1997, Characterization of sedimentation in reservoirs in Algeria, Revue des sciences de l'eau, INRS, Canada, volume 10(3) pp. 339-358.
- [2] KASSOUL M., BELORGEY M.:1997, Hydrodynamic Contribution of Management and Erosion Control, the Third International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, Qawra, Malta, vol. 2, pp. 1317-1325
- [3] BRUN C.: 1955, Introduction à l'étude de la couche limite, Gauthier Villard.
- [4] KASSOUL M.: 1998, Etude expérimentale de la couche limite graduellement variée générée par les phénomènes de chasse de barrage, Thèse de Doctorat, Université de Caen, 160 pages.
- [5] KATZ Y.; HOREV E.; WYGNANSI I.,1992 The forced turbulent wall jet, J.F.M. vol. 242, pp-577-609
- [6] KASSOUL M., BELORGEY. M.: 1998, Contribution à l'étude hydrodynamique de l'écoulement en amont d'une retenue hydraulique, 25^{èmes} journées de l'hydraulique, S.H.F., Chambéry, France, vol.1 pp. 81-88.