



## **Déformation de la surface libre induite par le déplacement d'un obstacle immergé en mouvement**

**Taous GUENDOUCEN<sup>1</sup>, Karima BOUZELHA<sup>2</sup>, Omar GUENDOUCEN<sup>3</sup>,  
Malek BOUHAEF<sup>1</sup>, Tahar ZITOUN<sup>1</sup>**

1. Laboratoire LEGHYD, Faculté de Génie Civil, U.S.T.H.B., 16111, Algérie.  
*tguendouzen@usthb.dz ; mbouhadev@usthb.dz ; taharzitoun@yahoo.fr*
2. Département Génie Civil, Université Mouloud Mammeri, 15000 Tizi-Ouzou, Algérie.  
*k\_bouzel@yahoo.fr*
3. Faculté des Sciences Université de M'Sila, Algérie.  
*guendouzenmr@yahoo.fr*

### **Résumé :**

L'objectif de l'expérimentation menée dans cette étude est de reproduire un écoulement fluvial et un écoulement torrentiel à surface libre au-dessus d'un obstacle dans un canal hydraulique, avec un profil de vitesse en amont uniforme, tel qu'il est supposé dans les études théoriques. Pour ce faire, nous avons aménagé le canal de manière à ce qu'il puisse être rempli d'une quantité d'eau immobile à une hauteur donnée. Un système d'entraînement original est mis en place pour déplacer, à une vitesse constante réglable, le fond du canal sur lequel repose l'obstacle, en générant ainsi un mouvement relatif de l'eau par rapport au fond sur lequel repose l'obstacle.

### **Mots clés :**

Etude expérimentale – Surface libre – Fluide au repos – Obstacle – Canal hydraulique – régime d'écoulement.

### **1. Introduction**

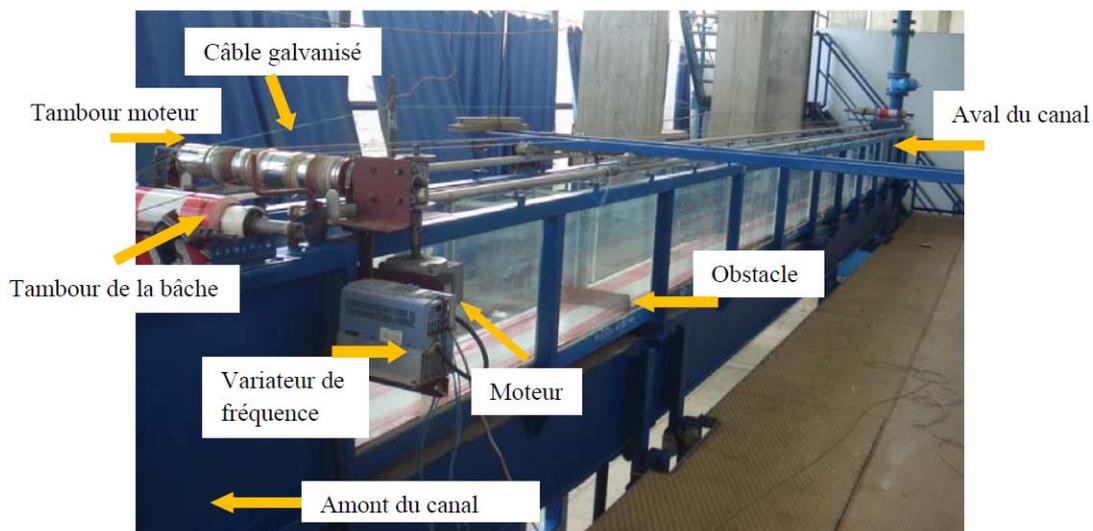
L'analyse de l'écoulement à surface libre au-dessus d'un obstacle a fait l'objet de plusieurs études numériques, en considérant l'uniformité de la vitesse en amont. La méthode des différences finies est utilisée en théorie linéaire par (CHERIFI *et al.*, 2006). Ils mettent en évidence l'effet de la dimension et de la forme de l'obstacle sur le train d'ondes. La méthode des éléments finis est appliquée en théorie non linéaire par (BOUHAEF, 1988) qui montre qu'une solution ondulatoire de la surface libre peut être obtenue sans recourir à une condition à la limite aval du domaine de calcul. Toutefois, le modèle conduit à une surestimation de la longueur d'onde. La raison de cette surestimation pourrait provenir du fait que le caractère elliptique de la solution n'est pas bien pris en compte (traitement hyperbolique) et que l'influence de la dénivellation de la surface libre en aval de l'obstacle soit ignorée. Le modèle des volumes finis, utilisé en théorie non linéaire par (BOUZELHA-HAMMOUM *et al.*, 2009) conduit à la détermination de la surface libre en écoulement torrentiel.

Au laboratoire, nous avons obtenu le profil de vitesse constant en amont de l'écoulement, en mettant en place un dispositif original.

## **2. Description du dispositif expérimental réalisé**

Le dispositif expérimental est un canal hydraulique vitré de longueur 10 m, de section transversale rectangulaire uniforme, de largeur 30 cm et de hauteur 50 cm (figure 1).

Pour générer un mouvement relatif de l'eau par rapport au radier, sur lequel repose l'obstacle, une bâche est déployée sur le fond du canal qui est déplacée à l'aide d'un mécanisme d'entraînement adéquat. Ce dernier est principalement constitué d'un tambour moteur fixé en amont sur les parois du canal. Un câble en acier galvanisé s'enroule sur ce tambour permettant ainsi l'entraînement de la bâche. Deux autres tambours sont adjoints au précédent. Une extrémité de la bâche est enroulée sur l'un de ces tambours placé en amont du canal. Elle parcourt le fond, puis s'enroule sur l'autre tambour placé en aval sur les parois extérieures du canal. Les deux tambours sont reliés par un fil de pêche permettant à la bâche de suivre le mouvement du tambour moteur. Pour entraîner le système, le tambour moteur est relié à un moteur asynchrone de 0,55 kW de puissance. La jonction du moteur avec le tambour est assurée par un réducteur mécanique de vitesse. Pour faire varier la vitesse de rotation du moteur, ainsi que le sens de son mouvement, celui-ci est relié à un convertisseur de fréquence.



## **3. Mode opératoire**

On remplit le canal à une hauteur d'eau donnée et on choisit la fréquence désirée (vitesse). Le moteur, en tournant, entraîne avec lui le tambour principal, la bâche et l'obstacle ; ceci génère ainsi le mouvement relatif de l'eau par rapport au fond sur lequel repose l'obstacle (voir figure 1).

## 4. Résultats expérimentaux

### 4.1 Profils de vitesse

Les mesures expérimentales de vitesses de l'écoulement amont ont été prises au niveau de la section médiane du canal à l'aide d'un anémomètre laser à effet Doppler à une seule composante. Comme le montre la figure 2, les vitesses mesurées sont quasiment constantes le long de la section transversale amont.

### 4.2 Profils de la surface libre

L'observation de la surface libre au cours de nos expériences a révélé que celle-ci présente différents aspects suivant le nombre de Froude  $Fr$ . Pour les faibles valeurs de  $Fr$ , il apparaît évidemment une dépression locale au-dessus de l'obstacle suivie d'une surface ondulée (figure 3). L'amplitude de ces ondes augmente avec  $Fr$  et la hauteur maximale de l'obstacle  $b$ . Il apparaît ensuite un ressaut franc (figure 4) qui se transforme en régime torrentiel (figure 5).

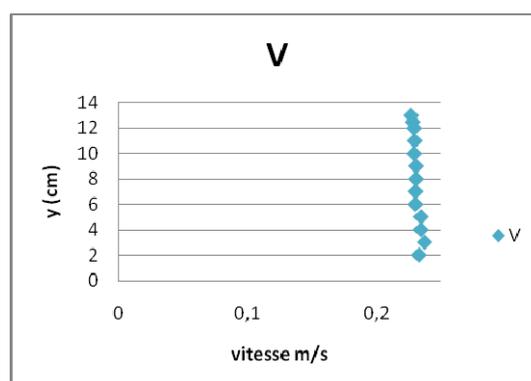


Figure 2. Profils de vitesses amont.



Figure 3. Dépression locale avec onde.



Figure 4. Ressaut hydraulique.



Figure 5. Régime torrentiel.

### 4.3. Longueurs d'onde

La variation de la longueur d'onde expérimentale, obtenue par la mesure (sur des photos) de la distance entre deux crêtes consécutives, et théorique, obtenue par la théorie linéaires  $\lambda_{the} \approx 2\pi H Fr^2$ , est indiquée sur le tableau 1,  $b$  est la hauteur de l'obstacle,  $H$  est la hauteur d'eau au repos et  $Fr$  est le nombre de Froude.

*Tableau 1. Variation de la longueur d'onde expérimentale et théorique.*

$b/H$	0,62	0,42	0,37	0,31	0,25	0,21	0,18	0,16
$Fr$	0,105	0,203	0,201	0,255	0,268	0,301	0,395	0,420
$\lambda_{exp}/H$	1,15	1,6	1,09	1,06	0,96	1,05	1,05	0,95
$\lambda_{the}/H$	0,07	0,26	0,25	0,41	0,45	0,57	0,98	1,10

## 5. Conclusion

Dans cette étude nous avons montré, après avoir reproduit un profil de vitesse uniforme en amont, que l'écoulement à l'aval passe par trois régimes en fonction de la valeur du nombre de Froude : dépression locale suivie d'une onde de surface quasiment stationnaire, régime de ressaut turbulent et régime exclusivement torrentiel.

L'étude comparative des longueurs d'ondes expérimentales et théoriques, en fonction de la hauteur adimensionnelle de l'obstacle, nous a permis de déterminer le seuil de validité de la théorie linéaire, à savoir  $b/H \leq 0,18$ .

## 6. Références bibliographiques

- CHERIFI F., BOUHADEF M., BOUZELHA-HAMOUM K., ZITOUN T., BOUABDELLAH C. (2006). *Numerical resolution of a linear free surface wave problem with an artificial viscosity*. 17th International Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA, Prague, 27-31 Août.
- BOUHADEF M. (1988). *Contribution à l'étude des ondes de surface dans un canal. Application à l'écoulement au dessus d'un obstacle immergé*. Doctorat d'Etat, Université de Poitiers.
- BOUZELHA-HAMMOUM K., BOUHADEF M., ZITOUN T., GUINOT V. (2009). *Contribution à l'étude des écoulements à surface libre : Application des volumes finis en théorie non linéaire. Validation expérimentale*. 9<sup>ème</sup> congrès de Mécanique, Marrakech (Maroc).