

Crédit photo : H. Bonnard / P'

ETUDE EXPERIMENTALE DES REGIMES HYDRODYNAMIQUES AU DESSUS DE DEUX OBSTACLES SUCCESSIFS DANS UN CANAL A SURFACE LIBRE

EXPERIMENTAL STUDY OF HYDRODYNAMIC REGIMES OVER TWO SUCCESSIVE OBSTACLES IN A FREE SURFACE CHANNEL

A. BOSSARD⁽¹⁾ & G. ROUSSEAU⁽¹⁾

alexis.bossard@univ-poitiers.fr ; germain.rousseaux@cnrs.fr

⁽¹⁾ Institut Pprime, UPR 3346, CNRS-Université de Poitiers-ISAE ENSMA

Résumé

Le but de la présente étude d'écoulement au-dessus de deux obstacles successifs, dans un canal à surface libre, est de pouvoir proposer une nomenclature et une classification des régimes d'écoulement au-dessus, entre et en aval des obstacles. Cette étude a des objectifs multiples : comprendre les écoulements atmosphériques par-dessus une chaîne de montagnes [1], comprendre les écoulements océaniques au-dessus de relief sous-marin ou tout simplement les écoulements dans un cours d'eau comme une rivière en présence d'une bathymétrie variable. Cette classification pourrait avoir aussi une application plus fondamentale ; dans le domaine de la gravitation analogue, car cette étude nous renseignera sur un possible régime susceptible d'être l'analogue d'un effet laser en hydrodynamique. Enfin elle pourrait avoir des applications pratiques dans des hydrostadia, pour des passes à poissons verticales, l'emplacement de végétations amortissantes dans des cours d'eau...

Summary

The aim of this study of flow above two successive obstacles, in a channel with a free surface, is to be able to propose a nomenclature and a classification of the flow regimes above, between and

downstream of the obstacles. This study has multiple objectives: to understand atmospheric flows over a mountain range [1], to understand ocean flows over underwater relief or simply flows in a watercourse like a river in the presence of a variable bathymetry. This classification could also have a more fundamental application; in the field of analogue gravity, because this study will inform us about a possible regime likely to be the analog of a laser effect in hydrodynamics. Finally, it could have practical applications in hydrostadia, for vertical fish passes, the placement of damping vegetation in waterways, etc...

I – Introduction

Précédemment des études d'écoulements au-dessus d'un obstacle de fond dans un canal à surface libre ont mis en évidence un diagramme de phase qui relie le paramètre d'obstruction $r = \frac{h_{max}}{h_{amont}}$ au nombre de Froude amont $Fr_{amont} = \frac{U_{amont}}{\sqrt{gh_{amont}}}$ (où h_{max} est la hauteur maximum de l'obstacle de fond) et qui permet de classifier les régimes uniquement hydrauliques de surface libre. Trois types de régimes ont pu être identifiés : Supercritique ($Fr > 1$), Transcritique (Fr évolue de $Fr < 1$ à $Fr > 1$ ou inversement) et Sous-critique ($Fr < 1$). Une amélioration de ce diagramme à un obstacle passe par la prise en compte des effets dispersifs, notamment dans les travaux de [2] où ces effets ont commencé à être pris en compte dans un diagramme expérimental.

L'un des principaux objectifs de ce travail est d'améliorer le diagramme expérimental proposé par Lawrence J. Pratt dans son article de 1983 [1] qui étudiait les écoulements au-dessus de deux obstacles successifs dans un canal à surface libre.

Nous nous sommes attachés dans un premier temps à mettre au point un montage expérimental permettant d'explorer les différents régimes d'écoulements dont certains inédits par rapport au diagramme de Pratt.

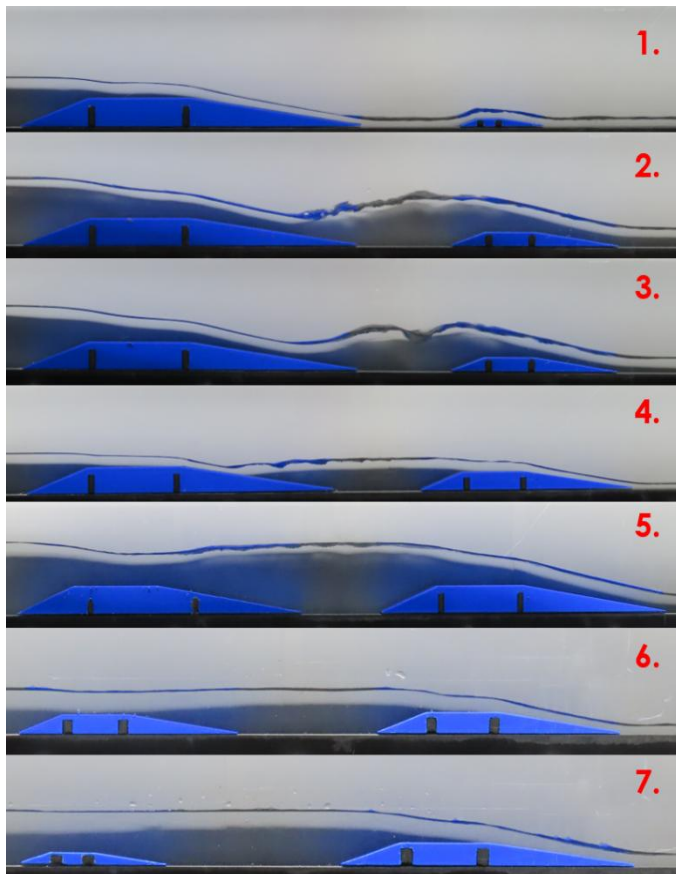


Figure 1. Montage expérimental avec deux obstacles obtenus par impression 3D en ABS bleu. Un fond blanc et un rail de LED permettent d'observer le ménisque en noir entre deux bandes blanches.

II – Présentation de la méthode

Pour arriver à cette classification améliorée, nous nous sommes placés dans des conditions similaires aux travaux de [1]. En effet, nous avons utilisé un canal à surface libre de longueur 2.5 m, 12.1 cm de hauteur utile et 5.3 cm de profondeur. Nous avons utilisé des obstacles (des exemples d'obstacles en ABS bleu sont présents sur la figure 1) dont la distance qui les sépare est de 9.2 cm. Enfin le canal est connecté à une pompe et la zone aval est déconnectée de la cuve de récupération du flux d'eau. Grâce à ce montage, nous avons amélioré la classification des régimes dans le diagramme proposé par Pratt, c'est-à-dire (Nombre de Pratt = $\mathcal{P} = \frac{b_2 - b_1}{b_1}$, $Fr_{amont} = \frac{U_{amont}}{\sqrt{gh_{amont}}}$) avec b_1 (bottom, respectivement b_2) la hauteur maximale du premier obstacle (respectivement du deuxième obstacle).

III – Résultats



1. Nous avons donc identifié les régimes présents sur l'image de gauche. De plus, certains régimes n'étaient pas répertoriés dans le diagramme de [1]. En utilisant une classification similaire à [2], on utilise une nomenclature de 3 lettres (exemple T-S-S). Les trois lettres traduisent le type d'écoulement qui se trouve, respectivement, au-dessus du premier obstacle, entre les deux obstacles et au-dessus du second obstacle. Les lettres représentent :

- T=Transcritical
- S=Supercritical
- B=Breaking
- D=Depression
- U=Undular
- F=Flat

Avec cette nomenclature, les différents régimes sur la figure de gauche sont : 1=T-S-S ; 2=T-B-T ; 3=T-UB-T ; 4=T-U-T ; 5=D-U-T ; 6= D-F-T et 7=F-F-T.

IV – Conclusions et perspectives

Pour une distance inter obstacle de 9.2 cm (choisie arbitrairement), nous avons pu identifier des régimes supplémentaires en comparaison du diagramme de Pratt initial [1].

Actuellement, l'étude est avec les hypothèses suivantes : distance inter-obstacle de 9.2 cm, utilisation de la même géométrie de l'obstacle et aucune condition aval (c'est-à-dire que la guillotine de sortie reste ouverte, la surface libre s'adapte librement). Pour la suite, on pourra relaxer l'hypothèse de la distance inter-obstacle fixe pour faire varier cette distance et donc pouvoir construire une classification plus générale qui tient compte des pertes de charges dans le canal avec la présence de ressaut ondulant ou déferlant à l'aval du second obstacle selon la condition limite en sortie de canal (avec ou sans guillotine)...

Références

[1] Lawrence J. Pratt. *On Nonlinear Flow with Multiple obstructions*. Journal of the Atmospheric Sciences, 1983.

[2] Germain Rousseaux & Hamid Kellay, *Classical hydrodynamics for analogue space-times: open channel flows and thin films*. Philosophical Transactions of the Royal Society A, Volume 378, Issue 2177, 20190233, July 2020.