

## Résumé

Les barrages sur les rivières sont des obstacles à la migration piscicole. Les passes à poissons sont des ouvrages permettant aux espèces piscicoles de migrer, autorisant le rétablissement de la continuité écologique des cours d'eau. Le but de ce travail est de mieux comprendre les phénomènes physiques présents dans les passes à poissons naturelles. Ces passes sont des canaux à forte pente, équipé de rangées de plots en quinconce.

Pour valider la pertinence de l'utilisation d'un modèle numérique, l'étude s'est limitée à l'écoulement autour d'un cylindre émergent placé au centre d'un canal. Le travail est décomposé en deux parties, une expérimentale et une numérique.

La partie expérimentale est conduite dans un canal transparent de 4m de long, 0,4m de large et 0,4m de hauteur. Le diamètre du cylindre est 4cm et sa hauteur 20cm (toujours émergent). Les cas étudiés sont des débits de 5, 10, 15 et 20 l/s pour une pente nulle. Les nombres de Froude sont supérieurs à 0,5 et les nombres de Reynolds, basés sur le diamètre, sont compris entre 15000 et 50000. Les écoulements ont été filmés et un algorithme de suivi de particules (PTV) a été développé. Des zones de faibles vitesses existent, même pour  $Fr \approx 1$ , pouvant assurer des zones de refuge pour le poisson. Les forces de traînée ont été mesurées sur le plot. Les évolutions des coefficients de traînée avec le nombre de Froude et des rapports de forme de l'écoulement autour du plot ont ainsi été évaluées.

La partie numérique est réalisée avec OpenFOAM pour 4 cas d'étude (Q=10 et 20 l/s, S=0 et 2%) et 2 modèles de turbulence URANS, le *RNG k - ε* et le *k - ω SST*. Des modélisations en 2D ont également été faites avec Telemac 2D. Les résultats obtenus ont été comparés aux résultats expérimentaux. La modélisation 2D (shallow water) est exploitable seulement pour des nombres de Froude faibles, d'où la nécessité des modélisations en 3D. Le modèle *k - ω SST* semble le mieux adapté pour reproduire les écoulements étudiés. Les vitesses locales et les structures en 3D, non quantifiables expérimentalement, ont ensuite été décrites. Les influences du fond et de la surface libre sur le sillage apparaissent clairement en provoquant des vitesses verticales et des tourbillons à grandes échelles. Enfin, une simulation en LES a été conduite. Les structures tourbillonnaires sont mieux représentées que pour les modèles URANS, mais les temps de calcul sont grands.

## Abstract

The dams on rivers are fishes migration obstacles. The fishways are devices allowing the fishes to migrate, permitting the restauration of the ecological continuity. The aim of this work is to better comprehend the physical phenomena existing in the nature-like fishways. This kind of fishway is a high slope channel with staggered rows of blocks.

To validate the relevance of the use of a numerical model, the study is limited to the flow around a single free surface piercing cylinder placed in the center of a flume. The

work is in two parts, experimental and numerical.

The experimental part is conducted in a transparent flume of 4m length, 0.4m width and 0.4m height. The cylinder diameter is 4cm and its height 20cm (always emerged). The studied cases are flow rates of 5 to 20 l/s for a flat bed. The Froude numbers are over 0.5 et the Reynolds numbers, based on the diameter, are in between 15000 and 50000. The flows were filmed and a particules tracking velocimetry (PTV) algorithm was developped. Slow velocities areas exist, even for  $Fr \approx 1$ , allowing shelter zones for a fish. The drag forces were also measured. The drag coefficients evolutions with the Froude number and with the flow aspect ratio were estimated.

The numerical part is done with OpenFOAM for 4 cases (Q=10 et 20 l/s, S=0 et 2%) and 2 URANS turbulence models, *RNG  $k - \varepsilon$*  and  *$k - \omega SST$* . 2D simulations are also carried out with Telemac2D. The results are compared with the experimental ones. The 2D modelisation (shallow water) is workable only for small Froude numbers, which justifies the 3D modelisation. The  *$k - \omega SST$*  seems the most relevant to reproduce the studied flows. The local velocities and 3D structures, unquantifiable experimentally, were described. The bed and free surface influences on the wake are clearly shown leading to vertical velocities and big scale vorticies. Finally, a LES simulation was conducted. The vortex structures are better reproduced than the URANS simulations, but the computation times are significant.