



**Musaab KHALID (2014-2018)**

Analyse de vidéos d'écoulement d'eau pour l'estimation de la vitesse de surface

*Encadrants :* L. Pénard, J.B. Faure (RiverLy, Eq. Hydraulique des rivières) & É. Mémin (INRIA)

*Ecole Doctorale:* MathSTIC université Rennes 1

Cette thèse est une application des avancées en vision par ordinateur à la recherche en vélocimétrie des rivières. Les chercheurs en hydraulique utilisent déjà de nombreuses techniques d'analyse d'image pour traiter des séquences d'images de rivières. Le but final est d'estimer sans contact la vitesse de la surface libre de l'écoulement. Ceci permet d'éviter les risques liés aux méthodes intrusives de mesure des vitesses en rivière. Pour atteindre ce but, deux grandes questions doivent être traitées. Tout d'abord, le déplacement de la rivière doit être estimé dans l'espace image (en pixels). Ensuite, il s'agit de transformer ces déplacements dans l'espace image en vitesses dans le système de coordonnées réel. Jusqu'à récemment, les méthodes de vélocimétrie par analyse d'images imposaient des conditions devant être respectées par les images, et nécessitent toujours un travail important sur le terrain afin d'estimer les vitesses avec une bonne précision. Dans cette thèse, les vidéos amateurs peuvent également être traitées, et de nouvelles solutions, meilleures, sont apportées pour les deux questions précédemment mentionnées.

Un modèle d'estimation de déplacement est proposé, basé sur la méthode de flot optique, développée pour l'estimation de déplacement rigides dans des séquences d'images. À l'inverse des techniques précédemment utilisées, la formulation du flot optique est suffisamment flexible pour y intégrer les équations de la physique qui gouverne les mouvements en rivière. La version du flot optique proposée ici est basée sur l'équation de transport scalaire et est complétée par un terme pondéré de diffusion pour tenir compte des contributions très petite échelle (non capturée dans les images). Un exemple de résultat est montré à la figure 1. De plus, puisque les données de vérité terrain n'existent souvent pas pour ce type de séquences d'images, une nouvelle méthode d'évaluation est présentée pour apprécier les résultats. Elle est basée sur la reconstruction de trajectoire de particules Lagrangiennes et leur comparaison directe avec leur trajectoires construites manuellement. La nouvelle méthode d'estimation des déplacements donne de meilleurs résultats que les méthodes traditionnelles dans l'espace image.

Enfin, une modélisation géométrique dédiée aux scènes de rivière est proposée. Elle permet un passage précis des déplacements 2D aux vitesses dans l'espace 3D, sous de légères hypothèses. Cette modélisation permet de réduire considérablement le travail sur le terrain pour la mesure de point de références (GRPs). Les résultats de cas d'études pour lesquelles les vitesses métriques sont estimées à partir de vidéos brutes sont obtenus. un exemple est donné par la figure 1a.

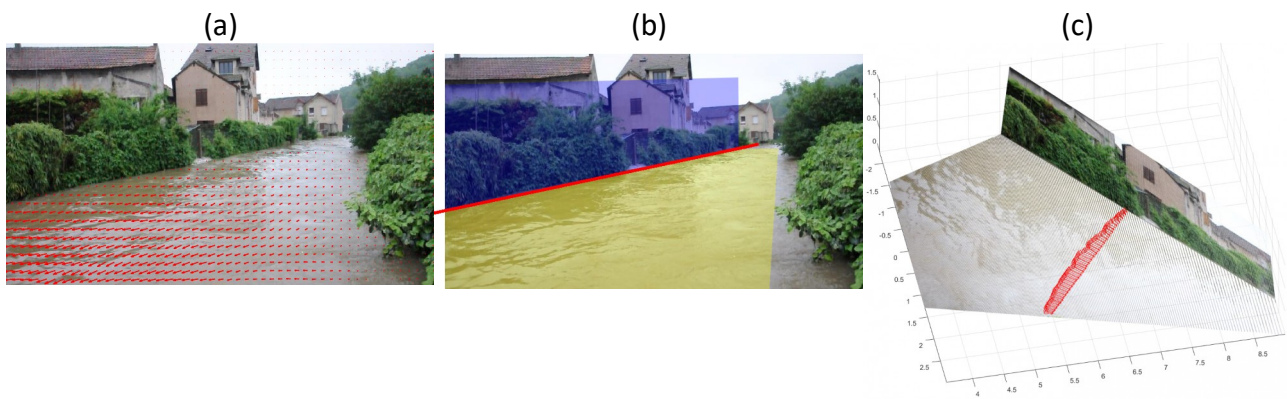


Figure 1 : Champ de vecteurs de vitesse de surface dans l'espace image (a) ; Reconstitution 3D simplifiée avec 2 plan (b) et Champ de vecteurs vitesse de surface en 3D (c)

### Publications et Communications :

- **Thèse**

Musaab Khalid. (2018). Analysis of water flow videos for surface velocity estimation. Signal, Image, Vision, Université de Rennes 1. (<https://hal.inrae.fr/tel-01864873v1>)

- **Articles de revues scientifiques internationales à comité de lecture**

Khalid, M., Pénard L. & Mémin E. (2019) Optical flow for image-based river velocity estimation. Flow Measurement and Instrumentation, 65, 110-121, doi : 10.1016/j.flowmeasinst.2018.11.009.

Khalid, M., Pénard L. & Mémin E. Geometric Plane-To-Plane Projection Estimation for the Application of Image-Based River Velocimetry. Soumis à Water Resources Research

- **Communications dans des congrès internationaux avec actes (résumés étendus)**

Khalid, M., Pénard, L., Mémin, E. Application of optical flow for river velocimetry. IGARSS 2017 – 37th IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, Jul 2017, Fort Worth, Texas, United States