



Guillaume Bodart (2020-2023)

Evaluation et amélioration des méthodes de détermination des vitesses en surface d'écoulement par analyse de séquence d'images

Encadrants : J. Le Coz (RiverLy, Eq. Hydraulique des rivières), M. Jodeau (EDF R&D) & A. Hauet (EDF DTG/IGE)

Ecole doctorale : STEP (Sciences de la Terre de l'Environnement et des Planètes), Grenoble

Les méthodes vélocimétriques par analyse de séquences d'images se sont fortement développées et démocratisées dans la dernière décennie pour mesurer les vitesses et les débits des écoulements à surface libre. Ces méthodes non-intrusives sont avantageuses car elles permettent de mesurer le champ des vitesses instantanées bidimensionnelles sur une zone relativement étendue, parfois filmée depuis un aéronef, sans perturber l'écoulement ni mettre en danger les opérateurs et le matériel. Cependant, l'intégration des méthodes vélocimétriques usuelles comme la classique LSPIV (Large-Scale Particle Image Velocimetry) dans les chaînes de mesure opérationnelles se heurte encore à certaines limitations : validation délicate en conditions réelles, sensibilité des résultats à de multiples choix confiés à l'expertise de l'opérateur, orthorectification limitée à une surface plane, absence de calcul d'incertitude complet sur les résultats de vitesse et de débit. Les développements menés dans cette thèse visent à proposer des solutions concrètes à ces principales limitations. La LSPIV telle qu'implémentée dans le logiciel open-source Fudaa-LSPIV est utilisée comme un cas d'étude représentatif mais la plupart des méthodes proposées peuvent s'appliquer à d'autres algorithmes de vélocimétrie. Notamment, une méthode originale basée sur des outils d'infographie puissants a été développée pour créer des vidéos de synthèse d'écoulements réalistes assorties de vitesses de référence précisément connues. Ainsi, les importantes sources d'erreur environnementales peuvent être simulées et leur impact sur les résultats vélocimétriques peut être précisément quantifié. La sensibilité des résultats aux options et paramètres définis par l'opérateur a pu être systématiquement étudiée grâce à une intercomparaison LSPIV réunissant une vingtaine d'opérateurs et huit vidéos représentatives de jaugeages opérationnels avec des références de débit d'incertitude quantifiée. La variabilité des résultats a pu être fortement réduite grâce à de nouveaux outils de paramétrage assisté et de filtrage des vitesses. Enfin, l'application de la vélocimétrie image conventionnelle (avec une seule caméra) à des écoulements sur des surfaces incurvées telles que des évacuateurs de crue ou des chutes d'eau sur déversoir est rendue possible grâce à une nouvelle méthode d'orthorectification sur surface cylindrique droite de géométrie connue (méthode Orthocyd). Des perspectives sont proposées pour préfigurer une quantification de l'incertitude des mesures de vitesse par LSPIV et ainsi développer un cadre complet d'analyse des incertitudes comme pour les autres techniques de jaugeage. Ces différents développements méthodologiques vont significativement accroître la fiabilité et l'applicabilité de la LSPIV et des autres techniques de vélocimétrie image.