

# Fudaa-LSPIV : un logiciel pour la mesure des écoulements par vidéo

Mots-clés : imagerie, vitesse, courantométrie, hydrométrie, débit instantané

<b>Type d'outil</b> Logiciel open-source	<b>Milieux étudiés</b> Milieux aquatiques	<b>Disciplines mobilisées</b> Hydrologie, hydraulique, analyse d'image	<b>Destinataires</b> Gestionnaires, agents de services d'hydrométrie, bureaux d'études, étudiants, chercheurs
---	--	---	--

## OBJECTIFS

Estimer, à partir d'une vidéo, les vitesses de surface et le débit d'un cours d'eau pour des conditions d'écoulement variées, notamment en crue.

Accéder à des champs de vitesse de surface 2D et à haute résolution temporelle.

## L'ESSENTIEL

*Fudaa-LSPIV* est un logiciel open-source permettant d'estimer les champs de vitesse 2D et les débits d'écoulement notamment en période de crue. La méthode de mesure est non intrusive, les données d'entrée étant des séquences d'images (vidéos).

## CONTENU DE L'OUTIL

*Fudaa-LSPIV* est un logiciel open-source développé depuis 2010 avec une interface Java et un moteur de calcul en Fortran. Il fonctionne sous Windows ou Linux et est disponible gratuitement sur un [site dédié](#).

Il repose sur la technique de vélocimétrie image LSPIV (Large-Scale Particle Image Velocimetry). Il permet de traiter des séquences d'images d'écoulement pour calculer de façon non intrusive les champs de vitesse de surface instantanée sur des surfaces allant jusqu'à l'hectare, selon le point de vue de la caméra.

En entrée, il nécessite une vidéo ou une séquence d'images horodatées de l'écoulement de surface en rivière sur lesquelles des traceurs (débris solides, écume, motifs créés par la turbulence) permettent de voir le mouvement à l'œil nu. Ces images sont ensuite corrigées pour s'affranchir des effets de distorsion de perspective (orthorectification) et dimensionnées (mise à l'échelle des pixels) pour permettre le calcul du déplacement des traceurs d'écoulement par analyse statistique. Connaissant la bathymétrie d'une ou plusieurs sections en travers et supposant un modèle de distribution verticale de vitesse, le débit peut être estimé.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Logiciel gratuit, open-source</li> <li>+ Interface intuitive, différentes options de paramétrage</li> <li>+ Adapté à plusieurs types d'acquisition (station automatique, vidéo prise depuis le sol, drone)</li> <li>+ Formation recommandée mais pas obligatoire, manuel utilisateur et tutoriel disponibles sur la page <a href="#">dédiée</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessite une vidéo ou une séquence d'images à cadence (connue et constante) et adaptée au mouvement visible</li> <li>- Nécessite des points géoréférencés pour l'orthorectification (sauf cas du drone vertical), et une bathymétrie pour le débit</li> <li>- Durée de transformation des images et des calculs potentiellement longue</li> <li>- Résultats sensibles au paramétrage et aux choix utilisateur, ainsi qu'à la qualité des traceurs visibles</li> </ul>

## MISE EN ŒUVRE

Temps	Moyens humains	Compétences	Matériel	Coût
- 1 jour de prise en main - puis de 30 min à 2h par mesure	- 1 personne	- Guide d'utilisation - Journées utilisateur proposées chaque année (gratuites)	- Ordinateur et logiciel	- Logiciel disponible gratuitement

## CONTEXTE

L'étude et l'analyse des cours d'eau s'est développée vers des besoins en données spatialisées, à haute résolution temporelle et pour des conditions d'écoulement variées. Par ailleurs, les techniques traditionnelles de jaugeage de cours d'eau (courantomètre, ADCP, dilution de traceur) peuvent s'avérer inadaptées lors d'évènements de crue (risques matériels et humains, temps de mesure inadapté à la durée du phénomène).

L'hydrométrie par analyse de séquences d'images est une alternative permettant l'accès à la mesure de vitesses de surface instantanées de façon non intrusive, sur des surfaces allant jusqu'à l'hectare et pour des conditions d'écoulement variées (étiages à fortes crues). Ainsi appliquée à large échelle (LSPIV), elle apporte des données spatialisées ou champs de vitesses 2D quasi instantanés également utiles pour le développement d'outils de modélisation numérique des écoulements.

## PRINCIPES

Le logiciel *Fudaa-LSPIV* permet de traiter des séquences d'images d'écoulement pour calculer les champs de vitesse de surface. Les débits correspondants sur les sections en travers sont ensuite calculés sur la base d'un modèle de distribution verticale de vitesse et d'une bathymétrie connue.

Il repose sur la technique LSPIV qui permet de mesurer le champ de vitesse 2D d'un écoulement en surface à condition que des traceurs (débris, flottants, bulles, figures de turbulence) soient visibles sur les images. En pratique, l'ajout de traceurs n'est généralement pas nécessaire pour les rivières en crue. Les étapes sont les suivantes :

- import d'une séquence d'images ou échantillonnage d'images à partir d'une séquence vidéo selon un intervalle de temps constant et connu précisément ;
- correction des images de la distorsion de perspective sur la base de points de contrôle géoréférencés (pas nécessaire en visée verticale par drone) et attribution d'une taille de métrique aux pixels (orthorectification) ;
- calcul des vitesses de surface à partir de l'analyse statistique en corrélation croisée du mouvement des traceurs visibles en surface, d'une image orthorectifiée à la suivante ;
- post-traitement par filtrage des vitesses calculées en fonction du niveau de corrélation notamment, puis calcul du champ de vitesse moyen sur un ensemble de paires d'images (Figure 1) ;
- calcul du débit à travers un ou plusieurs transects bathymétriques et en utilisant un coefficient permettant de passer de la vitesse de surface à la vitesse moyenne sur la hauteur d'eau.

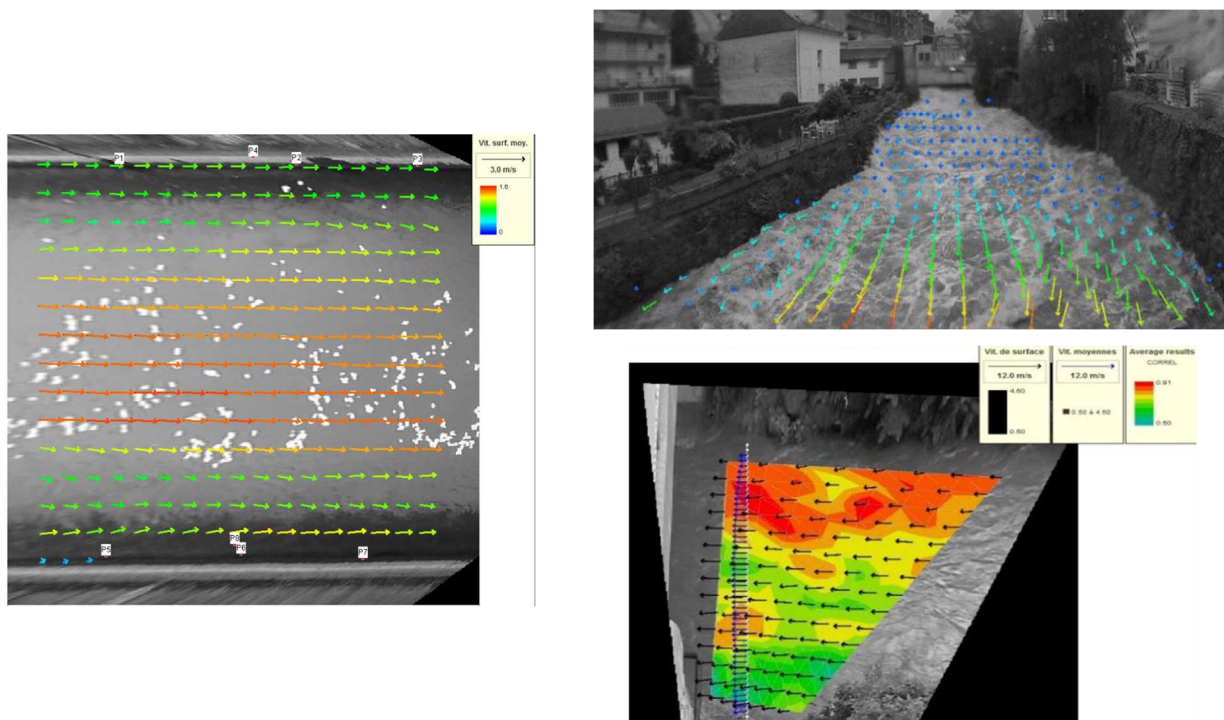


Figure 1 - Exemples de champs de vitesses moyennes calculées par le logiciel Fudaa-LSPIV sur différents cours d'eau

## PERSPECTIVES ET PRECONISATIONS

Le logiciel *Fudaa-LSPIV* peut contribuer à l'amélioration de la mesure des débits notamment en crue pour les gestionnaires de cours d'eau. L'utilisation de vidéos prises par drone est avantageuse pour accéder plus facilement au site de mesure, simplifier le traitement et améliorer les résultats. Des développements sont prévus pour simplifier l'utilisation du logiciel, et améliorer la robustesse et la fiabilité des résultats, à partir des méthodes développées dans la thèse de Guillaume Bodart (2023) : implémentation de filtres de vitesse beaucoup plus avancés, assistance à la définition des paramètres les plus sensibles. Il est déjà possible de détecter les mouvements manuellement au lieu de les calculer par LSPIV, méthode laborieuse mais qui fournit des vitesses de référence pouvant aider à vérifier et valider les résultats automatiques.

## PERSONNES RESSOURCES

**Jérôme LE COZ**  
INRAE, UR RiverLy  
[jerome.lecoz@inrae.fr](mailto:jerome.lecoz@inrae.fr)  
Tel : 04 72 20 87 86

**Equipe de développement de Fudaa-LSPIV**  
INRAE, EDF, CNR, Cerema, DeltaCAD  
[fudaa-lspiv.dev@inrae.fr](mailto:fudaa-lspiv.dev@inrae.fr)

## DOCUMENT(S) SOURCE

- Liens internet : [présentation](#) et [téléchargement](#).
- Le Coz J., Jodeau M., Hauet A., Marchand B., Le Boursicaud R. (2014). *Image-based velocity and discharge measurements in field and laboratory river engineering studies using the free FUDAA-LSPIV software*. River Flow 2014, Lausanne, Switzerland. 7 p

## AUTEUR(S)

Jérôme LE COZ (INRAE), Magali JODEAU (EDF), Alexandre HAUET (EDF) et toute l'équipe de développement

## STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

Institut National de recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement (INRAE)  
EDF R&D et EDF DTG

## SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

---

La méthode est appliquée au niveau national et international, par des gestionnaires, des services techniques ainsi que des chercheurs.

## THEMATIQUES ZABR ABORDEES

---

Flux Formes Habitats et Biocénoses (FFHB)

## PROJET

---

Le logiciel Fudaa-LSPIV a été développée par DeltaCAD depuis août 2010 avec le financement et sous la direction d'EDF et d'INRAE qui en partagent la propriété intellectuelle. L'interface Java a toujours été open-source (licence GPL) et le moteur de calcul Fortran l'est depuis 2023.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Hauet A. (2016). *Monitoring river flood using fixed image-based stations: Experience feedback from 3 rivers in France*. In: River Flow 2016, St. Louis, USA, July 11-14, 2016, pp. 541-547
- Jodeau, M., Hauet, A., Le Coz, J., Bercovitz, Y., Lebert, F. (2016). *Laboratory and field LSPIV measurements of flow velocities using Fudaa-LSPIV, a free user-friendly software*. HydroSenSoft, International Symposium and Exhibition on Hydro-Environment Sensors and Software, 1-3 March 2017, Madrid, Spain, 2 p.
- Le Boursicaud, R., Pénard, L., Hauet, A., Le Coz, J. (2016). *Gauging extreme floods on YouTube: Application of LSPIV to home movies for the post-event determination of stream discharges*. Hydrological Processes, 30, 90-105.
- Dramais G., Le Coz J., Camenen B., Hauet A. (2011). *Advantages of a mobile LSPIV method for measuring flood discharges and improving stage-discharge curves*. Journal of Hydro-Environment Research, 5, 301-312.

