



# LA RAPORT INTERMEDIAIRE

[Document subtitle]

## Encadrants :

Pierre BRIGODE, Olivier DELESTRE

## Présenté par:

*Christian Alvarez Leon, Meng Wang, Yu PENG,  
Antoine Viguié , Aymane Berriane,*

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Application de la méthode LSPIV</b>	<b>3</b>
2.1	Image preparation . . . . .	3
2.2	PIV processing . . . . .	7
	<b>RÉFÉRENCES</b>	<b>9</b>

# 1 Introduction

On observe régulièrement sur la Côte d'Azur, notamment à l'automne, de forts épisodes pluvieux, pouvant engendrer des crues. Par exemple, le 23 novembre 2019, des inondations exceptionnelles se sont produites sur la Côte d'Azur et ont inondé les plaines alluviales de l'Argens, de la Siagne et de la Brague notamment. Plus récemment, début octobre 2020, les vallées de la Roya, de la Vésubie ont été ravagées par des inondations, avec 500 mm relevés pendant l'épisode à Saint-Martin-Vésubie, du jamais vu à cette station depuis les relevés météorologiques. En raison de la nature destructrice des inondations, des recherches hydrologiques sur les bassins versants doivent être menées pour prendre les mesures d'anticipation et de protection de la population. Ceci nécessite par exemple de mesurer le débit sur des sections de cours d'eau non instrumentées en appareils de mesure. Dans notre projet, le but est de calculer le débit d'une section du canal de la Siagne par le logiciel Fudaa-LSPIV. Celui-ci permet de traiter des séquences d'images ou des vidéos d'écoulements pour calculer les champs de vitesse de surface et débit de la section choisie. Ce logiciel peut s'avérer utile pour mesurer le débit de sections de rivières avec un fort courant et de nombreux objets flottants, car les méthodes classiques seraient susceptibles d'abîmer le matériel. Il s'avèrera aussi nécessaire d'utiliser une autre méthode de mesure de débit, comme l'ADCP, pour comparer les résultats obtenus.

## 2 Application de la méthode LSPIV

La technique LSPIV (Large Scale Particle Image Velocimetry) permet de mesurer les vitesses de surface d'un écoulement par analyse de séquence d'images. La méthode LSPIV complète se compose de trois parties principales:

1. la préparation de l'image (voir section 2.1 )
2. le traitement PIV (voir section 2.2 )
3. l'analyse des données.

### 2.1 Image preparation

La préparation de l'image est nécessaire pour être en mesure de mieux distinguer les motifs en mouvement de l'imagerie et de supprimer les effets de perspective de l'image. La manipulation d'image pour préparer l'imagerie pour l'analyse LSPIV se composent de plusieurs étapes. Subséquemment, ces étapes sont: (1) La correction de distorsion optique, (2) La stabilisation, (3) l'orthorectification et (4) La mise en niveau de gris et la correction du gamma et du contraste. Les trois premières étapes sont appliquées pour garantir la présence de distances égales dans les images. La quatrième étape

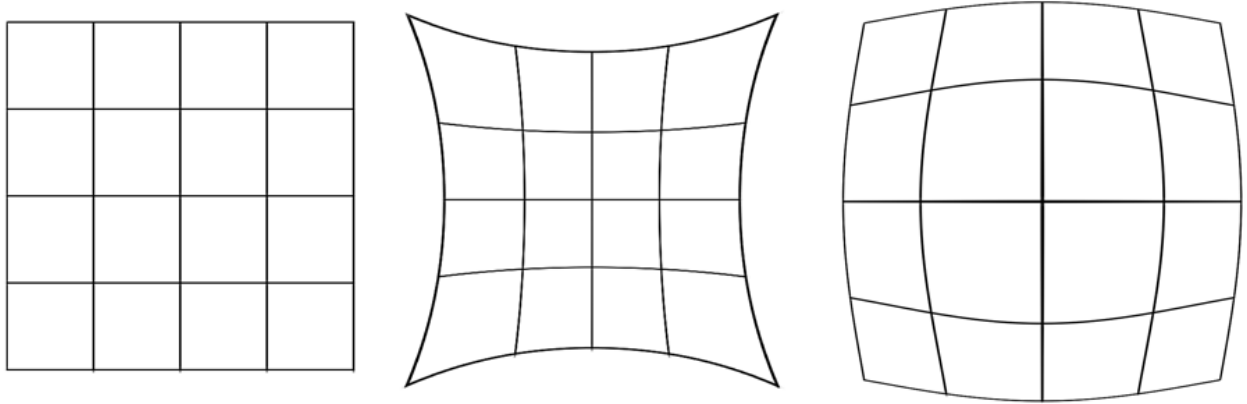


Figure 1: Les différentes types de distorsion. Du gauche à la droite : la grille d'origine, la distorsion en barillet et la distorsion en coussinet.

est utilisée pour améliorer la distinction de la graine de l'arrière-plan et donc s'assurer de la validation de similitude processus est efficace.

Il existe plusieurs logiciels qui permettent d'appliquer des options de manipulation d'images, comme OpenCV3[noa]

### La correction de distorsion optique

En raison de la courbure des lentilles de l'appareil photo, les images peuvent être déformées. Figure 1 présente les deux types de distorsions des lentilles les plus fréquentes, la distorsion en barillet et la distorsion en coussinet [Fryer and Brown]. Ces distorsions géométriques sont liées à des facteurs radiaux. Un troisième type de distorsion est la distorsion tangentielle, qui se produit lorsque les lentilles ne sont pas parallèles au plan image. Certaines caméras sont capables de faire face à ces distorsions intérieurement. Cependant, la plupart du temps, une certaine quantité de post-traitement est nécessaire pour ajuster les images.

Les formules suivantes sont appliquées pour supprimer la distorsion radiale (Voir Équation(1)) et la distorsion tangentielle (Voir Équation(2))

$$\begin{aligned} x_{corr} &= x (1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) \\ y_{corr} &= y (1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) \end{aligned} \quad (1)$$

D'où  $x$  et  $y$  sont les coordonnées d'origine;  $x_{corr}$  et  $y_{corr}$  sont les coordonnées corrigées.  $r$  est la distance entre le point  $(x, y)$  et le centre de la distorsion.  $k_1$ ,  $k_2$ , et  $k_3$  sont les coefficients radiaux. Pour la distorsion en barillet et la distorsion en coussinet,  $k_1$  est respectivement négative et positive.  $k_2$  et  $k_3$  sont négligeables.

$$\begin{aligned} x_{corr} &= x + [2p_1xy + p_2(r^2 + 2x^2)] \\ y_{corr} &= y + [p_1(r^2 + 2y^2) + 2p_2xy] \end{aligned} \quad (2)$$

D'où  $p_1$  et  $p_2$  sont les coefficient de la distortion tangentielle. les différents coefficients sont souvent stockés dans un tableau:

$$C_{dis} = [k_1 \quad k_2 \quad p_1 \quad p_2 \quad k_3] \quad (3)$$

À part du coefficient de distorsion, pour pouvoir corriger l'imagerie, Une conversion entre les coordonnées de distorsion et la résolution de la caméra est fait. Pour cela, la formule est donnée dans l'équation (4)

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ w \end{bmatrix} = M_{con} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad d'o \quad M_{con} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & x_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

D'où  $[x, y, w]$  sont les coordonnées d'image homogène 2D et  $[x, y, z]$  sont les coordonnées de caméra 3D .  $f_x$  et  $f_y$  sont les longueurs locales de la caméra dans le sens  $x$  et  $y$  ,en général, ils sont identiques -  $c_x$  et  $c_y$  sont les coordinations de centre optique de la caméra dans le sens  $x$  et  $y$ .

## La stabilisation

Après avoir appliqué la correction de la distorsion optique , le mouvements d'images possibles peut être supprimé en appliquant la stabilisation de vidéo. Les principales étapes de stabilisation sont (1) l'extraction de points clés sur deux trames séquentielles, (2) faire correspondre les points sur les deux trames, (3) estimer le transformation géométrique, et (4) correction du mouvement.

## l'orthorectification d'image

Pour supprimer les effets de la perspective de l'image – là où les objets sont plus proches de la caméra semble être plus grande que les objets en arrière-plan – , l'orthorectification est appliquée. Lors de l'application d'orthorectification, le système de coordonnées de l'imagerie est transféré à une coordonnée locale système. Pour ce système de coordonnées locales, points de contrôle au sol (GCP) – mis en place à côté du flux – sont utilisés. Pour l'orthorectification processus pour être aussi précis que possible, au moins quatre GCP sont nécessaires, si les images sont capturées perpendiculairement au flux ou lorsque les GCP sont placés au même niveau que le niveau de l'eau. Un minimum de six GCP sont nécessaires lorsque les GCP ne sont pas placés dans le même plan que le niveau d'eau. Sur la Figure 2 les différents sites de jaugeage et les configurations sont affichées.

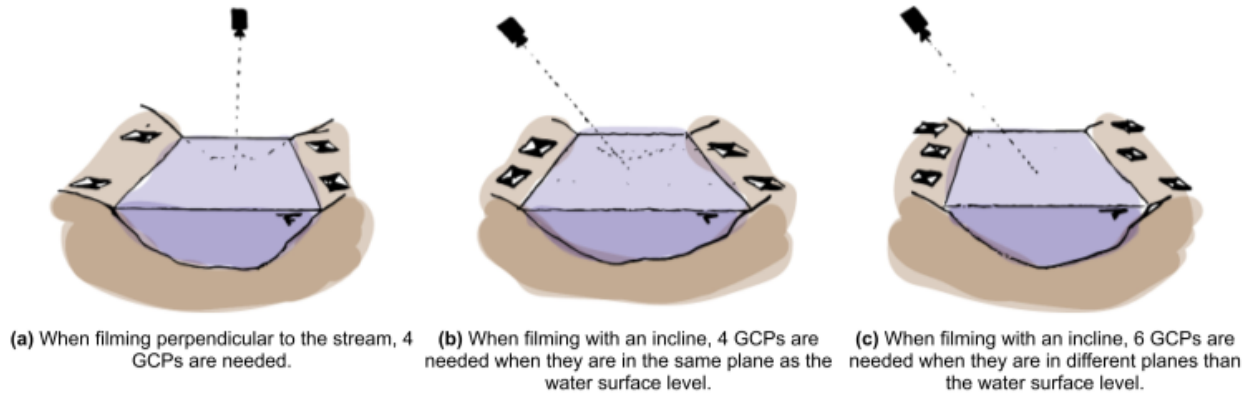


Figure 2: Nombre de points de contrôle au sol (GCP) nécessaires dans différentes circonstances.



Figure 3: Exemple de processus d'orthorectification utilisant quatre GCP, indiqués par des poteaux en bambou le long du ruisseau.

Lors de l'utilisation de quatre GCP, les facteurs d'inversion  $f_x$  et  $f_y$  sont déterminés en utilisant la formule indiquée dans l'équation (5).

$$p_{loc}(x, y) = p_{img}(f_x(x, y), f_y(x, y)) \quad (5)$$

D'où  $p_{dst}(x, y, z)$  est l'emplacement géographique du point de contrôle au sol dans le système de coordonnées local, généralement en métrique units;  $p_{src}(x, y)$  est la coordonnée xy du sol point de contrôle dans l'imagerie, généralement en pixels; et  $f_x$  et  $f_y$  les facteurs d'inversion.

Simultanément à ce processus, la résolution de l'image peut être réglée en multipliant les coordonnées  $GCP_{dst}(x, y)$  par les pixels souhaités par coefficient de mètre. Un exemple de le processus d'orthorectification est illustré à la Figure 3 .

Lorsque six (ou plus) GCP sont utilisés - parce que les coordonnées en trois dimensions pour les GCP sont nécessaires - un modèle de sténopé peut être utilisé. Cette méthode est expliquée par [Jodeau et al.] .

## La mise en niveau de gris et la correction du gamma et du contraste

La dernière étape de la préparation de l'image est la conversion du imagery à une échelle de gris et pour appliquer une correction de contraste et gamma. Une mise à l'échelle des gris est nécessaire pour pouvoir appliquer la validation de similarité entre images vidéo séquentielles. La correction de contraste et gamma est appliquée à améliorer la visibilité des semences. Les corrections de contraste et gamma sont appliquées à l'aide des formules suivantes:

$$O_{contrast} = \alpha \cdot I + \beta \quad (6)$$

$$O_{gamma} = \left( \frac{I}{255} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \cdot 255 \quad (7)$$

where  $\alpha$  and  $\beta$  defines the contrast correction;  $\gamma$  the gamma correction;  $O_n$  are the corrected imagery; and  $I$  is the original imagery

D'où  $\alpha$  et  $\beta$  définit la correction du contraste;  $\gamma$  est la correction de gamma;  $O_n$  sont les imageries corrigés; et  $I$  est l'imagerie d'origine.

## 2.2 PIV processing

La figure 4 montre les étapes du traitement PIV. Pour deux séquentiels cadres, les images sont divisées en cellules de grille. En déterminant validation de similarité - par exemple, une corrélation croisée ou un rapport signal / bruit [Ran et al., ; Osorio-Cano et al.] - entre les deux cadres de la zone de recherche, les déplacements peuvent être déterminés. Ces déplacements sont ensuite convertis en vitesse d'écoulement vecteurs.

Après avoir appliqué ce processus sur  $N$  images, un total de  $N - 1$  cartes de vitesse sont créées. Pour chaque carte de vitesse, les résultats peuvent être encore améliorés en appliquant un filtrage supplémentaire basé sur la valeur de similarité dans chaque fenêtre d'interrogation unique, et en remplaçant ces valeurs filtrées par interpolation les cellules de la grille environnantes connues. Ces post-traitements les étapes dépendent du logiciel utilisé ou des résultats requis.

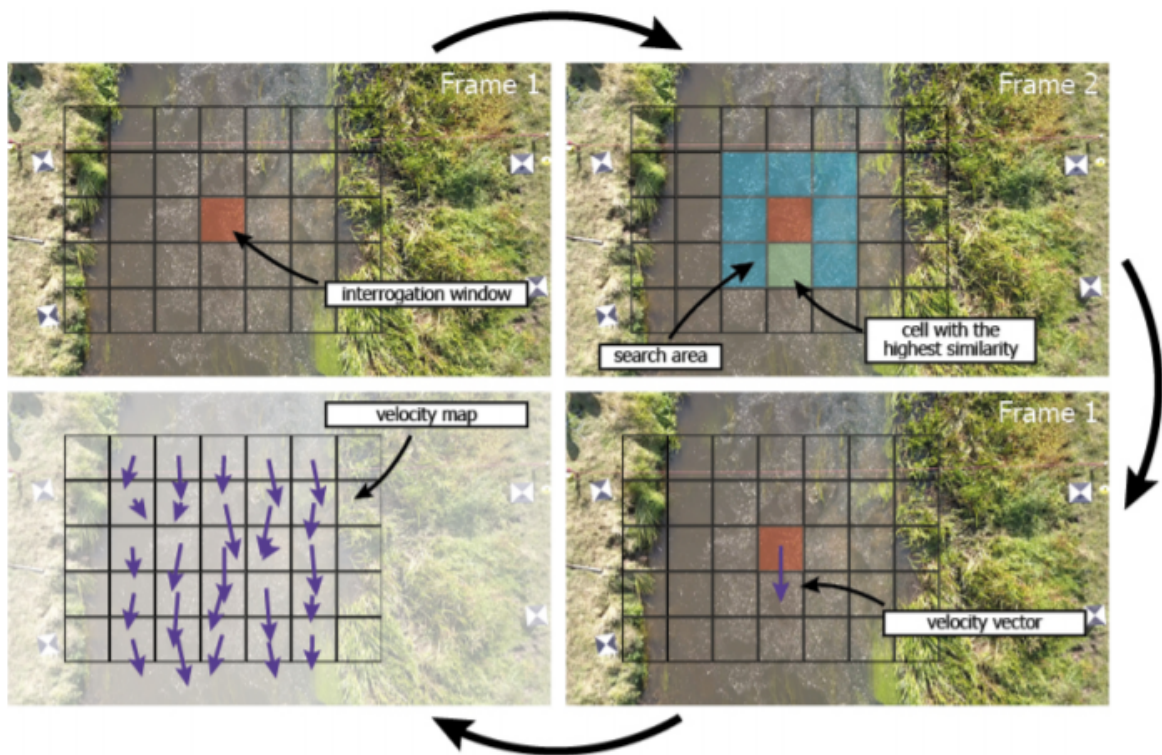


Figure 4: Vue schématique de la méthode LSPIV où une fenêtre d'interrogation est déterminée (la grille est dessinée plus grande que généralement appliqué) dans la première image et les grains présentes sont comparées à une zone de recherche dans l'image séquentielle 2 à déterminer leurs déplacements. En multipliant le déplacement par la période de temps de trame, la vitesse est déterminée. Lorsque vous appliquez ceci sur toute l'image, une carte de vitesse d'écoulement de surface peut être créée pour chaque image individuelle.



## RÉFÉRENCES

OpenCV 3.0. URL <https://opencv.org/opencv-3-0/>.

John Fryer and Duane Brown. Lens distortion for close-range photogrammetry. 52:51–58.

M. Jodeau, A. Hauet, A. Paquier, J. Le Coz, and G. Dramais. Application and evaluation of LS-PIV technique for the monitoring of river surface velocities in high flow conditions. 19(2):117–127. ISSN 09555986. doi: 10.1016/j.flowmeasinst.2007.11.004. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095559860700091X>.

Juan David Osorio-Cano, Andrés F. Osorio, and Raul Medina. A method for extracting surface flow velocities and discharge volumes from video images in laboratory. 33:188–196. ISSN 0955-5986. doi: 10.1016/j.flowmeasinst.2013.07.009. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955598613000964>.

Qi-hua Ran, Wei Li, Qian Liao, Hong-lei Tang, and Meng-yao Wang. Application of an automated LSPIV system in a mountainous stream for continuous flood flow measurements. 30(17):3014–3029. ISSN 1099-1085. doi: <https://doi.org/10.1002/hyp.10836>. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.10836>. \_eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/hyp.10836>.