

Particle Image Velocimetry (PIV)

PIVlab_GUI.m

1 Particle Image Velocimetry

D'une manière générale, la technique de PIV consiste à suivre le mouvement de traceurs dispersés dans le fluide, selon une vision *lagrangienne* de l'écoulement. Plusieurs conditions sont requises pour réaliser avec succès ce type de mesure:

- les particules doivent suivre fidèlement le mouvement du fluide ; on choisira donc de petites particules (pour limiter leur inertie) d'une densité voisine de celle du liquide (pour éviter leur sédimentation).

- la présence de traceurs ne doit pas altérer l'écoulement du fluide ; les traceurs seront utilisés à faible concentration.

- les traceurs doivent être détectables ; on choisira des particules d'un indice optique contrasté par rapport à celui du fluide.

Les traceurs choisis pour cette expérience sont des particules de nylon d'une taille inférieure à $100\mu m$. Légèrement plus denses que l'eau, elles ont tendance à sédimenter lentement. Il faudra donc les remettre en suspension de temps en temps en agitant le liquide.

1.1 Technique de PIV

Le mouvement des traceurs est enregistré grâce à une caméra digitale. On cherche alors à mesurer le déplacement en comparant deux images successives. La détermination du champ de déplacement (et donc de vitesse) s'effectue en calculant la corrélation entre deux portions d'images successives. On effectuera ce traitement dans Matlab grâce au module PIVLAB . Le principe est le suivant: deux images successives sont découpées en portions identiques et la fonction de corrélation entre deux portions successives est déterminée. Le décalage du pic de corrélation par rapport au centre indique le déplacement des particules (Fig. 1).

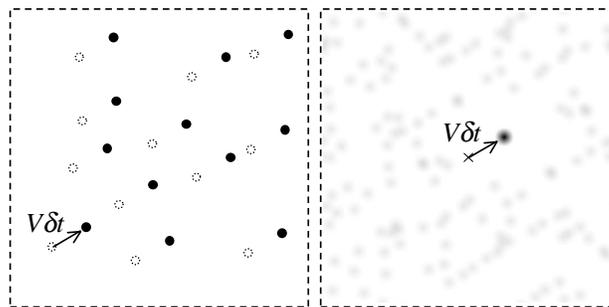


Figure 1: Principe de la mesure. (a) mouvement des traceurs entre deux images, (b) corrélation entre deux images successives

1.1.1 Traitement des images et détermination du champ de vitesse.

- Démarrer le programme Matlab en tapant PIVlab_GUI dans la fenêtre de commande.
- Ouvrir une nouvelle session Pivlab. (File/New session) puis charger les images (bouton Load Images). Sélectionner les fichiers à importer. Cliquer sur bouton Add. Puis dans la fenêtre selected files, sélectionner les fichiers qui seront effectivement utilisés pour le calcul (typiquement une dizaine de fichiers pour une mesure localisée dans le temps) et cliquer sur le bouton Import.

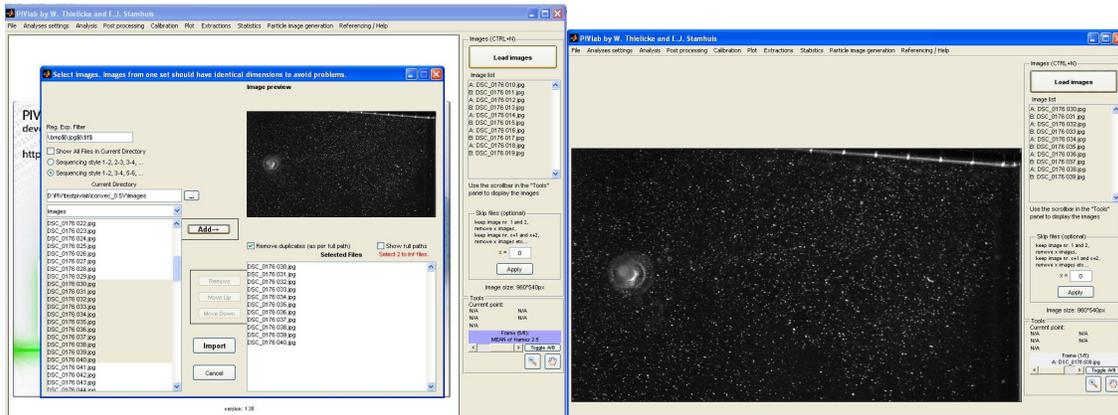


Figure 2: À gauche : chargement des images dans la session PIVLAB. Il faut préciser la séquence des images pour le calcul de corrélation : soit 1-2, 2-3, 3-4 ... , soit 1-2, 3-4, 5-6, ... À droite, visualisation des images chargées. Le curseur en bas à droite de la fenêtre permet de se déplacer dans la séquence d'images. Toggle A-B permet de passer de l'une à l'autre des images qui seront inter-corrélées. La loupe permet de boomer dans l'image en cliquant (dézoomer par shift-click).

- Paramètres d'analyse. Définir la région de l'image où est effectuée le calcul. Sélectionner une région d'intérêt (ROI) rectangulaire pour restreindre les calculs à une zone effectivement intéressante. Eventuellement définir un masque pour ne pas inclure dans le calcul des zones où il n'y a pas de particules (un obstacle par exemple). Les masques et les ROI peuvent être appliquées à une image de la séquence ou bien à toutes les images.

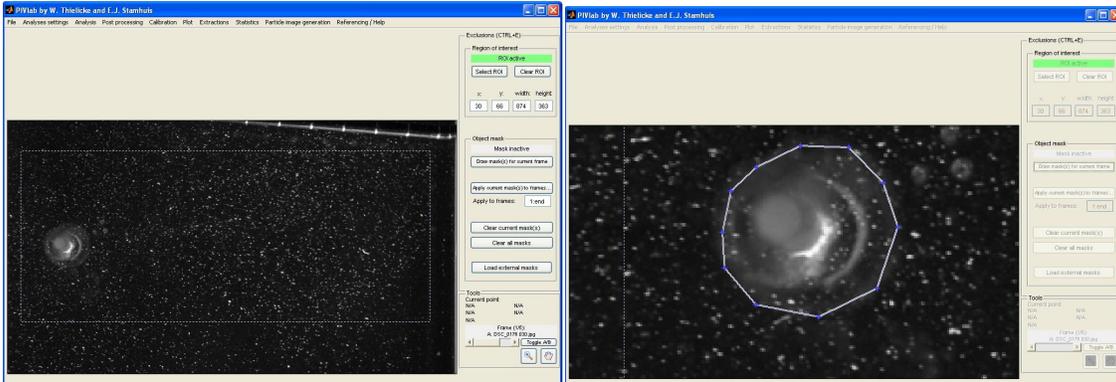


Figure 3: À gauche : sélection d'une région d'intérêt rectangulaire (qui apparaît en pointillés). À droite : image zoomée montrant la définition d'un masque autour du point chaud. les particules sont en effet difficilement visibles dans cette zone de l'image.

- Paramètres d'analyse. Définir les paramètres de calcul de la PIV : nombre d'étapes de calcul et taille des fenêtres de calcul (des puissances de 2 en nb de pixels). Cette taille de fenêtre dépend d'une part des échelles caractéristiques de l'écoulement et d'autre part du déplacement des particules d'une image à l'autre. La taille finale de fenêtre de calcul fixe la résolution spatiale du champ de vitesse mesuré. La taille de la fenêtre de calcul doit être au moins deux fois plus grande que le déplacement des particules.

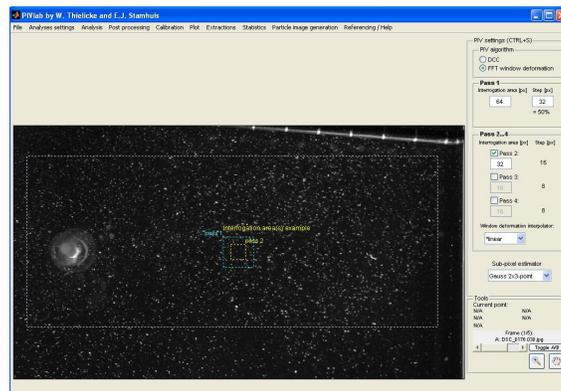


Figure 4: Définition des paramètres de calcul de l'inter-corrélation entre deux images. Ici on a spécifié deux passages de calcul avec une première taille de fenêtre à 64x64 pixels et une seconde taille à 32x32 pixels. La taille de ces deux fenêtres est affichée en pointillés au centre de l'image.

- Lancer l'analyse, cliquer sur l'onglet "Analysis" puis sur le bouton **Analyse all frames**.
- Post processing, validation des vecteurs calculés. A l'issue du calcul du champ de vitesse, il est possible d'exclure des vecteurs aberrants en fonction de certains critères. En particulier, on peut faire afficher la distribution des composantes calculées dans le plan (u, v) . Si un petit nombre de points apparaissent clairement séparés de la masse de tous les autres points on peut les exclure en définissant une région rectangulaire de valeurs valides dans le plan (u, v)

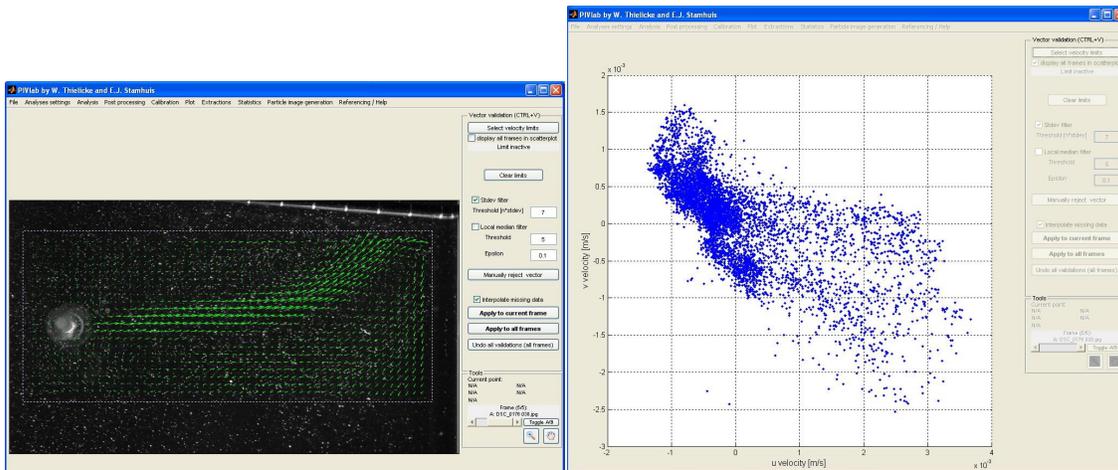


Figure 5: À gauche : fenêtre pour définir la validation des vecteurs vitesse calculés. À droite : fenêtre montrant la distribution des composantes calculées dans le plan (u, v) .

- Calibration. Il faut donner une calibration spatiale des images, c'est à dire fixer la taille réelle correspondant à un pixel dans l'image.

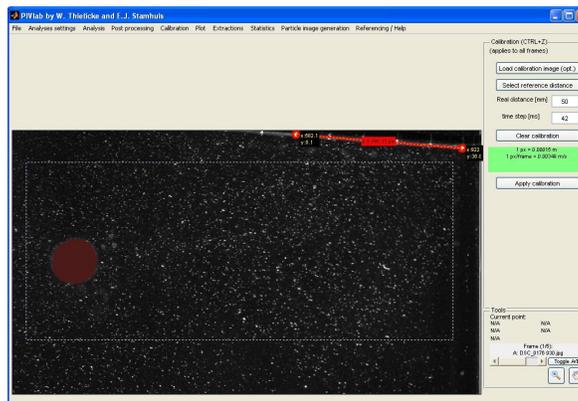


Figure 6: Calibration spatiale des images. On a tracé sur l'image un segment de droite correspondant à 5 cm mesurés sur le support du thermocouple. L'écart de temps de 42 ms correspond à une cadence de prise de vues de 24 images/s.

- Sorties graphiques. A partir des champs de vecteurs vitesse calculés, il est possible d'extraire d'autres quantités et de les représenter graphiquement (Plot/Derive Parameters/Modify data). Calculer d'abord la valeur moyenne des champs de vecteurs vitesse, bouton **Calculate mean vectors**.

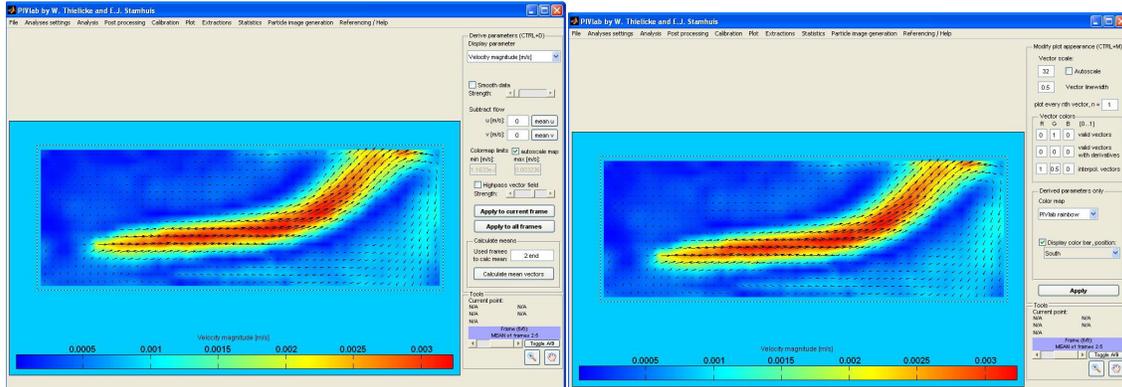


Figure 7: À gauche : fenêtre pour définir les paramètres physiques représentés sous forme d'images en fausses couleurs. Dans cette fenêtre, on peut également demander le calcul de la valeur moyenne du champ de vitesse sur un intervalle d'images. Ce champ de valeur moyenne est ajouté à la fin des images déjà existantes. À droite : fenêtre pour modifier les paramètres d'affichage (longueur des vecteurs, échelle de fausses couleurs, échelle de valeurs)

- exportation de données numériques
Sauvegarder les données dans un fichier texte (File/Save/ASCII File (x,y,u,v,vort)) qu'on relira ensuite avec un programme Matlab permettant d'analyser le champ de vitesse du panache (panache2019.m).