



# Proposition de stage

**Sujet : Développement de fonctionnalités dans le logiciel scientifique de vélocimétrie par imagerie de particules, CPIV, et optimisation du code avec une parallélisation hybride OpenMP/MPI**

**Lieu d'accueil :** Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT) - Service Cosinus (Code et Simulations Numériques)

Allée du professeur Camille Soula 31400 Toulouse

**Contact :** P. Elyakime (pierre.elyakime@imft.fr)

**Domaine de spécialité :** Traitement d'images, Optimisation, HPC, Calcul Numérique

## Contexte :

CPIV est un logiciel de vélocimétrie par imagerie de particules développé au sein de l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT) et plus particulièrement dans le service code de calcul et simulation numérique.

La vélocimétrie par imagerie de particules est une technique expérimentale qui permet aux chercheurs et doctorants de représenter le mouvement d'un fluide étudié sur des bancs expérimentaux (en soufflerie ou en canal hydraulique) à partir d'un laser et d'une caméra à haute fréquence.

En utilisant les images obtenues lors de l'expérience et des opérations mathématiques (dont la corrélation), le logiciel reconstruit le mouvement du fluide en calculant les composantes de ses vecteurs vitesses.

CPIV est un code écrit en C/C++ d'environ 25 000 lignes qui peut être utilisé via une interface graphique ou en ligne de commande. Il prend en entrée différents types d'images et ressort des fichiers comprenant les composantes U et V des vecteurs vitesses sous différents formats. La visualisation peut se faire avec le logiciel OpenSource ParaView. Il propose de nombreuses fonctionnalités (utilisation de masques, de prédicteurs, normalisation, ...) et trois méthodes de calcul.

Ce logiciel a de plus été parallélisé avec la librairie MPI et est utilisé sur le méso centre de calcul de Midi-Pyrénées CALMIP. Cela permet des réductions de temps très importantes, avec une courbe de speed up quasi linéaire (temps de calcul divisé par le nombre de cœurs de calcul).

Le code est également mis sous un logiciel de subversion (svn) et la documentation se fait avec doxygen.

## **Problème et objectifs :**

Lors de certaines expériences, le fluide doit contourner des obstacles statiques ou mobiles.

Pour prendre en compte ce phénomène, le logiciel CPIV utilise un masque ou une séquence de masques utilisés à la fin du calcul en rendant nuls les vecteurs vitesses présents dans le masque.

L'objectif de ce stage est de développer une fonctionnalité dans le code où les masques seront pris en compte durant le calcul avec une approche particulière en proche paroi.

Le stagiaire fera ensuite une validation de la méthode en utilisant des obstacles statiques et mobiles avec l'ancienne méthode et avec le logiciel commercial de PIV DaVis de la société LaVision.

Dans une seconde partie, il interviendra sur l'optimisation du code en réalisant une parallélisation hybride : le code est déjà parallélisé avec la librairie MPI, il devra paralléliser les boucles du code avec la librairie OpenMP. Il fera ensuite des tests d'optimisation sur le super ordinateur de CALMIP.

Le stage se fera au sein du service code de calcul et simulation numérique pour une période de 5 à 6 mois. Il interagira de manière régulière avec les expérimentateurs (chercheurs et post doctorants) et sera encadré par le développeur du code.

Il s'agit d'un stage de dernière année d'école d'ingénieur, orienté ingénieur, qui permettra au stagiaire de découvrir un large panel du calcul numérique à travers le traitement d'images. Il pourra mettre à profit son apprentissage sur des cas concrets.

## **Objectifs du stage :**

- Effectuer une recherche bibliographique sur la gestion des masques au sein des codes de PIV
- Développer une fonctionnalité pour la gestion des masques durant les itérations de calcul dans le code CPIV
- Tester la méthode développée sur des cas tests d'objets statiques et mobiles en comparant avec l'ancienne méthode et le logiciel commercial DaVis
- Paralléliser le code avec la librairie OpenMP (code hybride car déjà parallélisé en MPI)
- Faire des tests d'optimisation sur le super ordinateur de CALMIP (centre de calcul de Midi-Pyrénées)
- Produire une documentation et pérenniser les développements sous un logiciel de Subversion (svn)

## **Compétences souhaitées :**

- Etre familier avec l'environnement Linux
- Maîtrise du C/C++
- Compétence en traitement d'images souhaitées
- Compétence en mathématiques appliquées
- Compétence en parallélisation MPI et/ou OpenMP, hybride serait un plus
- Etre persévérant, studieux et rigoureux

## **Rémunération en fonction de la durée du stage :**

<40 jours ouvrables : pas de rémunérations

>40 jours ouvrables : 554.40 euros / mois