



Mesure d'un champ de masse volumique par Background Oriented Schlieren 3D. Etude d'un dispositif expérimental et des méthodes de traitement pour la résolution du problème inverse

Soutenance de Violaine TODOROFF

le lundi 9 décembre 2013 à 14 h 00 - Auditorium de l'ONERA - TOULOUSE

Devant le jury :

- Laurent DAVID de l'ENSMA à Chasseneuil
- Jérôme IDIER de l'IRCCYN à Nantes
- Fulvio SCARANO de l'Université de Delft (Pays-Bas)
- Friedrich LEOPOLD de l'ISL à Saint-Louis
- Ivo IHRKE de l'INRIA à Talence
- Guy Le BESNERAIS de l'Onera/DTIM à Palaiseau
- Pierre MILLAN de l'Onera/DMAE à Toulouse

Résumé :

Cette thèse consiste à mettre en place un dispositif scientifique expérimental BOS3D (Background Oriented Schlieren 3D) à l'ONERA permettant la reconstruction du champ de masse volumique instantané d'un écoulement ainsi qu'à développer un algorithme robuste de reconstruction permettant une mise à disposition rapide des résultats considérant un nombre faible de points de vue.

Dans un premier temps, nous avons développé un algorithme de reconstruction BOS3D applicable à toutes les configurations expérimentales. Pour cela, le problème direct, c'est-à-dire l'équation de la déviation des rayons lumineux à travers un milieu d'indice optique non homogène, a été reformulé sous forme algébrique. Un critère régularisé permettant la prise en compte explicite du bruit associé à l'expérimentation a ensuite été défini. Cette formulation ainsi que les équations issues des méthodes d'optimisation nécessaires à la minimisation du critère ont été parallélisées pour permettre une implantation sur GPU.

Cet algorithme a ensuite été testé sur des cas de références issus de calcul numérique afin de vérifier si le champ reconstruit par l'algorithme était en accord avec celui fourni. Dans ce cadre, nous avons développé un outil permettant de simuler une BOS3D virtuelle afin d'obtenir les champs de déviation associés aux écoulements numériques. Ces champs de déviation ont ensuite été fournis comme entrée au code de reconstruction et nous ont permis d'étudier la sensibilité de notre algorithme à de nombreux paramètres tels que le bruit sur les données, la discrétisation du maillage, le type de régularisation et le positionnement des caméras.

En parallèle de l'étude de la méthode de reconstruction par simulation, nous avons acquis de l'expérience sur la mise en œuvre effective de la mesure BOS dans des installations expérimentales, en participant à plusieurs campagnes d'essais. Cela nous a permis de contribuer à la conception et à la réalisation de bancs de mesures dédiés à la technique BOS. Le principal résultat de ce travail est la réalisation du banc de mesure BOS3D du DMAE, qui permet d'accéder à la reconstruction de champs de masse volumique instantanés. Ces développements expérimentaux nous autorisent finalement à obtenir des reconstructions 3D de champs de masse volumiques moyens et instantanés sur données réelles. De plus, l'analyse du comportement de la méthode numérique BOS3D est proposée en fonction de la nature des écoulements observés et de la configuration d'acquisition.

Mots-clés : BOS ; MASSE VOLUMIQUE ; RECONSTRUCTION NUMERIQUE ; PROBLEME INVERSE ; GPU ; METHODES DE MESURE ; BANCS EXPERIMENTAUX