



## Stage de Master, CORIA UMR 6614, CNRS, Normandie Université

**Sujet : Métrologie par imagerie de champ 3D**

**Encadrant(s) : J.B. Blaisot, M. Brunel**

**Mots clés (4) : champ optique, caméra plénoptique, traitement d'images, simulation numérique**

**Période : 5 mois à partir de février 2020**

**Objectifs :**

Ce stage propose de tester une nouvelle technique de prise d'image permettant d'atteindre un volume de mesure par une seule prise d'information avec une seule caméra. Cette technique d'imagerie, appelée l'imagerie de champ et utilisant des caméras plénoptiques, utilise les hautes définitions des capteurs d'images pour enregistrer les 'rayons' qui composent habituellement une image. Cette information sur l'orientation des rayons contribuant à la formation d'une image est utilisée pour reconstruire les images correspondant à différents plans de mise au point. Une caméra plénoptique permet ainsi de reconstruire a priori plusieurs plans images par l'enregistrement d'une seule image de champ.

Lors de ce stage, l'étudiant(e) devra mener une étude bibliographique sur les techniques de visualisation 3D et plus particulièrement sur l'imagerie de champ. On focalisera l'attention dans ce travail bibliographique sur le principe de la reconstruction des plans images à partir de la fonction plénoptique et sur les différentes techniques permettant d'enregistrer un champ optique (réseaux de microlentilles ou masques). Les limites en termes de résolution latérales (dans l'image) et axiales (par rapport au défaut de mise au point) seront étudiées. Dans cette partie du travail on cherchera à faire le lien entre les caractéristiques d'un montage d'imagerie classique (réponse impulsionnelle) et celles d'une caméra plénoptique en se basant sur les travaux de la littérature.

Une partie numérique consistera à utiliser des outils développés au MIT et à l'université de Kiel (sous licence libre GNU GPL) pour la simulation de l'enregistrement du champ optique et la simulation de la reconstruction de plans image à partir d'un champ optique. Suivant l'avancement des travaux, une partie expérimentale pourra être entreprise. L'objectif sera alors de réaliser un montage d'enregistrement de champ optique soit par l'utilisation d'un réseau de microlentilles, soit par l'utilisation d'un ou plusieurs masques dans le montage optique. On utilisera pour cela une caméra haute définition (11 MPixels), voire une caméra très haute résolution (50 MPixels) pour tester le principe de l'imagerie de champ. On se basera sur le travail bibliographique et numérique pour établir les performances de ce montage que l'on cherchera à caractériser ensuite expérimentalement.

## **Résultats attendus pour la rédaction du rapport de stage :**

Etude bibliographique sur l'imagerie de champ et les techniques basées sur les réseaux de microlentilles et sur les masques.

Analyse des modèles de reconstruction d'image à partir du champ optique (fonction plénoptique).

Analyse des caractéristiques d'une caméra plénoptique et des images reconstruites.

Détermination des limites de résolution optiques des plans images reconstruits et de la résolution de la position du plan objet conjugué de l'image reconstruite.

**Moyens utilisés :** Utilisation des moyens expérimentaux et de calcul propres au GT5 Atomisation et Spray.

**Compétences requises :** Un socle de connaissances dans le domaine de l'optique est exigé pour ce stage.

**Rémunération :** 550€

## **Travaux Développés sur le sujet au laboratoire**

Yinuo Xu, « Light field imaging and plenoptic camera », Stage de Master EFE 2019.

Hao Yu, « Métrologie des interfaces gaz-liquide par imagerie de champ 3D », Stage de Master EFE 2016.

Nicolas Fdida, « Développement d'un système de granulométrie par imagerie : Application aux sprays larges et hétérogènes », Thèse de l'université de Rouen, Décembre 2008.

## **Références bibliographiques de l'équipe en rapport avec le sujet :**

N. Fdida, J.B. Blaisot «Drop size distribution measured by imaging: determination of the measurement volume by the calibration of the point spread function». Meas. Sci. Technol, 2010, 21(0) 025501 (15pp).

C. Dumouchel, J.B. Blaisot «Multi-Scale Analysis of Liquid Atomization Processes and Sprays». ILASS-Europe 2013, Chania, Grèce.

J.B. Blaisot «Size and Drop Size Distribution Measurements by Image Analysis». ICLASS 2012, Heidelberg, Allemagne.

## **Références bibliographiques :**

A. Manakov, J.F. Restrepo, O. Klehm, R. Hegedüs, E. Eisemann, H.-P. Seidel & I. Ihrke "A Reconfigurable Camera Add-on for High Dynamic Range, Multi-Spectral, Polarization, and Light-Field Imaging". ACM Trans. Graph. (Proc. SIGGRAPH 2013), ACM, 2013, 32, 47:1-47:14

R. Ng «Digital Light Field Photography». PhD Stanford University, California, 2006

Z. Xu, J. Ke & E.Y. Lam "High-resolution lightfield photography using two masks". Opt. Express, OSA, 2012, 20, 10971-10983

## **Contact:**

[blaisot@coria.fr](mailto:blaisot@coria.fr), +33 232 953 676

[brunel@coria.fr](mailto:brunel@coria.fr), +33 232 953 733



## Master Internship, CORIA UMR 6614, CNRS, Normandie Université

**Topic : 3D imaging with light fields**

**Supervisor : J.B. Blaisot and M. Brunel**

**Key words : light field, plenoptic camera, image processing**

**Period : 4 to 5 months from february or march 2020**

**Context and Objectives :**

A new technique allowing measurement on a wide depth of field to gather measurement data over a 3D space with only one measurement will be employed during this internship. Light field imaging is a promising technique in that sense. Plenoptic cameras employ a very high-definition imaging sensor to measure the light field, i.e. a combination of intensity and orientation data characterizing the light reaching the camera objective. Light field data is thus used to reconstruct any desired image corresponding to a particular focusing location. This reconstruction can be used to build a posteriori a set of images covering a wide depth of field from only one light field recording.

The internship will start with a bibliographic study on 3D visualization techniques, and particularly on light field imaging. Attention will be put on the different optical arrangements used in plenoptic cameras (micro lens arrays or optical masks) and on the principle of reconstruction of image planes from the plenoptic function. The performances of plenoptic cameras, in terms of lateral resolution (in the reconstructed image) or axial (relative to the depth of field direction) will be considered. These performances will be compared to the ones of a classical imaging technique (2D).

A task of the internship will be dedicated to the numerical simulation of a plenoptic camera and of the image plane reconstruction from light field recording. Open-source tools developed by several research groups in the world (MIT and Kiel university) will be used in this task. The first objective will be to implement and use these tools. A contribution to these tools, or the development of our own tools is not excluded.

Depending on the progress of this task, an experimental task will be considered to test a light field imaging setup. The objective will be to set a light field recording arrangement based either on the use of a microlens array or on the use of one or several masks between the imaging optics and the recording sensor. High definition (11 MPixels) or very high definition (50 MPixels) cameras will be used for this part of the internship. The performances of this setup will be determined experimentally.

**Expected outcomes :**

Bibliographic review on light field imaging and on plenoptic cameras based on microlens arrays or on optical masks.

Analysis of image reconstruction performances from the light field (plenoptic function).

Determination of resolution limits for reconstructed images.

**Means employed :** This internship will make use of experimental and computing means already available at the lab in TASC department.

**Required skills :** A background in optics is required for this internship.

**Monthly wage :** 550€

**References from the team:**

N. Fdida, J.B. Blaisot «Drop size distribution measured by imaging: determination of the measurement volume by the calibration of the point spread function». Meas. Sci. Technol, 2010, 21() 025501 (15pp).

C. Dumouchel, J.B. Blaisot «Multi-Scale Analysis of Liquid Atomization Processes and Sprays». ILASS-Europe 2013, Chania, Grèce.

J.B. Blaisot «Size and Drop Size Distribution Measurements by Image Analysis». ICLASS 2012, Heidelberg, Allemagne.

**Other references :**

A. Manakov, J.F. Restrepo, O. Klehm, R. Hegedüs, E. Eisemann, H.-P. Seidel & I. Ihrke “A Reconfigurable Camera Add-on for High Dynamic Range, Multi-Spectral, Polarization, and Light-Field Imaging”. ACM Trans. Graph. (Proc. SIGGRAPH 2013), ACM, 2013, 32, 47:1-47:14

R. Ng «Digital Light Field Photography». PhD Stanford University, California, 2006

Z. Xu, J. Ke & E.Y. Lam “High-resolution lightfield photography using two masks”. Opt. Express, OSA, 2012, 20, 10971-10983

**Contact:**

[blaisot@coria.fr](mailto:blaisot@coria.fr), +33 232 953 676

[brunel@coria.fr](mailto:brunel@coria.fr), +33 232 953 733