

**Mokrane MALEK**  
**Curriculum vitæ**

**A.T.E.R.**  
**UMR 1114, Environnement Méditerranéen et Modélisation**  
**des Agro-Hydrosystème (EMMAH) ex. SCE,**  
**INRA-UAPV d'Avignon**

**Candidature au poste de Maître de conférences**

**Poste n° 1273**  
**Section 61 du CNU**

**Curriculum vitæ  
(résumé)**

**Dr. Mokrane MALEK**

**Docteur en Physique (Optique-Optronique et Traitement d'image)**  
**D.E.A. (grade de Master) en Perception et Traitement de l'Information**  
**Ingénieur d'État en Electronique**

**Qualifié aux fonctions de Maître de Conférences**

(Section 61 : Génie informatique, automatique et traitement du signal)

(Section 30 : Milieux dilués et optique)

**ÉTAT CIVIL**

**Date de naissance :** 09 février 1972 à Fréha, Tizi-Ouzou (Algérie).

**Situation familiale :** Célibataire.

**Adresse pers. :** 166 Rue CARRETERIE  
Bt. 2, Appt. 50  
84000 Avignon  
+33 (0)6 03 98 13 72

**Adresse prof. :** Université d'Avignon et  
des Pays du Vaucluse  
Département de Physique  
74 rue Louis Pasteur  
84 029 Avignon cedex 1.  
+33 (0)4 90 14 44 69

**E-mail :** mokrane.malek@gmail.com

**E-mail :** mokrane.malek@univ-avignon.fr

**SITUATION ACTUELLE : DEPUIS SEP. 2007**

A.T.E.R à temps plein, Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse.

**Domaine d'enseignement :** Physique (Électricité, Électrostatique, Electronique).

**Domaine de recherche :** Traitement d'images en télédétection optique : UMR 1114 EMMAH (ex. SCE), INRA d'Avignon.

**EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES**

**Jan. 06 - Juin 07 :** Contrat Post-Doctoral au Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Strasbourg en collaboration avec le Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection (LSIIT UMR CNRS 7005 Strasbourg) et de la société HOLO3.

**Nov. 04 - Aout. 05 :**

Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche (ATER) à l'Université de Rouen, UMR 6614 CORIA

**Sep. 03 - Jan. 04 :**

Enseignant vacataire à l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs en Génie ELELCtrique (ESIGELEC).

**Fev. 01 - Juil. 01 :**

Stage de DEA au laboratoire CORIA UMR 6614. Granulométrie par Holographie numérique, sous la direction du Pr. Denis LEBRUN.

**Sep. 99 - Déc. 00 :**

Stage de Magister à l'institut d'électronique, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB), Alger. Caractérisation de la couche limite atmosphérique par la mesure des paramètres météorologiques (pression, humidité, vitesse et direction du vent, température), sous la direction du Pr. A. ADANE.

**Fev. 96 - Sep. 96 :**

Stage de fin d'études d'ingénieur sur la "Caractérisation d'un transistor MOSFET en régime de faible inversion". Institut d'électronique, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, sous la responsabilité du Pr. A. BENFDILA.

FORMATIONS
------------

**Sep. 01 - Déc. 04 :** Doctorat en Physique (Optique et Optronique) et Traitement d'image. CORIA UMR 6614, Université de Rouen, sous la direction du Pr. Denis LEBRUN.

**2000–2001 :** D.E.A (Master) en Perception et Traitement de l'Information (PTI) option : Optique–Optronique, Université de Rouen.

**1998–2000 :** Formation de Magister en rayonnements atmosphériques Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB), Alger.

**1991–1996 :** Formation d'ingénieur en électronique, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

DOMAINES DE COMPÉTENCES
-------------------------

**Traitement d'images et de signal :**

- Traitement numérique des images et des signaux ;
- Traitement statistique des images ;
- Télédétection ;
- Reconstruction de formes 3D ;
- Algorithme de correspondance ponctuelle (leur application aux mesures de déplacements et à la trajectographie) ;
- Opérateurs temps/espace fréquence (Transformation en ondelettes, Transformation de fourrier à fenêtre glissante) appliqués aux traitements des images et des signaux.

**Techniques Optiques :**

- Diagnostic et métrologie Optique ;
- Vélométrie par Imagerie de Particules et Vélométrie par suivi de particules ;
- Vision active et passive ;
- Etalonnage de caméras ;
- Optique diffractive.

## DOMAINES D'INTÉRÊT

- Traitement statistique des images (approches Markoviennes, variationnelles et équations aux dérivées partielles.)
- Vision 3D
- Imagerie Biologique
- Méthodes Optiques
- Metrologie tridimensionnelle
- Tomographie optique.
- Velocimétrie par imagerie de Particules (PIV)
- Velocimétrie par suivi de Particules (PTV)

## PRODUCTION SCIENTIFIQUE

- 05 Articles dans des revues internationales avec comité de lecture ;
- 01 Contribution à ouvrage ;
- 10 Communications dans des congrès internationaux avec actes et comité de lecture ;
- 01 Communications dans un séminaire ;
- 05 Rapports de recherche ;

## ACTIONS DE VALORISATION

### **Licence de valorisation CNRS :**

Dans le cadre de mes activités de recherche doctorale, j'ai réalisé un logiciel de restitution numérique et de traitement des images holographiques. Ce logiciel a bénéficié d'une licence de valorisation du CNRS. Il est réalisé en deux versions :

- *Version à caractère scientifique*
- *Version à caractère grand public (disponible sur Internet : <http://holodigit.coria.fr/>)*

### **Défectographe optique :**

Instrument de mesure de la déflexion verticale d'une chaussée sous l'action d'une charge roulante. En cours de valorisation (Laboratoire Régional des Ponts et Chaussée, Strasbourg)

## ACTION D'INFORMATION SCIENTIFIQUE

**11-17/10/2003 et 10-16/10/2005 :** Organisation et animation d'activités Scientifiques dans le cadre de la fête de la Science à l'Université de Rouen. J'ai particulièrement participé à l'exposition concernant les montages optiques et les méthodes de traitements des images associées : Holographie numérique, Velocimétrie par Imagerie de Particules, Systèmes de Communication à base de fibres optiques.

## INFORMATIQUE ET LOGICIELS

**Environnements :** MsDos, Linux, Windows.

**Programmations :** Matlab, Scilab, C, C++, Java.

**Bureautique :** LaTeX, Office...

CONNAISSANCES LINGUISTIQUES
-----------------------------

**Berbère :** Langue maternelle.

**Français :** Lu, écrit et parlé, (courant).

**Arabe :** Lu, écrit et parlé, (courant).

**Anglais :** Lu, écrit et parlé.

QUALITÉS PERSONNELLES ET COMPÉTENCES HUMAINES
---

Rigueur, travail en équipe, sens des responsabilités, sens de la communication, capacités rédactionnelles, organisation, goût marqué pour la recherche et la coopération, capacité d'intégration, ouverture d'esprit.

LOISIRS
---------

Actualités, cultures, sports : ski, randonnée, voyages.

**Liste des publications  
et communications**

## Liste des publications et communications

### Contribution à ouvrage

---

- **M Malek**, D Lebrun, D Allano, “*Digital in-line holography system for three-dimensional-three components (3D-3C) Particle Tracking Velocimetry*”, Eds. A Schröder and C E Willer : *Particle Image Velocimetry*, Topics Appl. Physics **122**, pp. 157-172, (2007).

### Revues internationales avec comité de lecture

---

- [PI-1] • S L Pu, D Allana, B Patte-Rouland, **M Malek**, D Lebrun and K F Cen, “*Particle field characterization by digital holography : comparison with a diffraction particle sizer*”, Experiments in Fluids, Vol. 39, No. 1, pp. 1-9, (2005).
- [PI-2] • **M Malek**, D Allano, S Coëtmellec and D Lebrun, “*Digital inline holography : Influence of shadow density on particle field extraction*”, Optics Express, Vol. 12, No. 10, pp. 2270 - 2279, (2004).
- [PI-3] • **M Malek**, D Allano, S Coëtmellec, C Özkul and D Lebrun, “*Digital in-line holography for three-dimensional-two-components particle tracking velocimetry*,” Measurement Science and Technology, Vol. 15, pp. 699-705, (2004).
- [PI-4] • **M Malek**, S Coëtmellec, D Allano, C Ozkul and D Lebrun, “*Formulation of in-line holography process by a linear shift invariant system :application to the measurement of fiber diameter*,” Optics Communications, Vol. 223, pp. 263-271, (2003).
- [PI-5] • D Lebrun, A M Benkouider, S Coëtmellec and **M Malek**, “*Particle field digital holography reconstruction in arbitrary tilted plane*,” Optics Express, Vol. 11, No 3, pp. 224-229, (2003).

### Congrès internationaux avec Actes et comité de lecture

---

- [CI-1] • **M Malek**, D Lebrun, D Allano, “*Digital in line holography system for three-dimensional-threecomponents (3D-3C) Particle Tracking Velocimetry*”, Pivnet2 Final workshop, Göttingen - September 07- 08, 2006.
- [CI-2] • N Salah, D Allano, G Godard, **M Malek**, D Lebrun, P Paranthoën, “*Digital in-line holography for the extraction of 3D trajectories of small particles in a 2-D Bénard-von Kármán flow*,” Speckle06 à Nîme, 13-15 septembre 2006.
- [CI-3] • **M Malek**, D Allano, S Coëtmellec, D Lebrun, “*Digital in-line holography for 3D particle tracking velocimetry*,” EOS Topical Meeting on Advanced Optical Imaging at Imperial College in London, 29 Juin - 1 Juillet 2005.
- [CI-4] • D Lebrun, **M Malek**, D Allano, S PU, S Coëtmellec, C Özkul, “*Holographie numérique appliquée à la caractérisation des écoulements*”, FLUVISU 11 (Colloque de visualisation et de traitement d’images dans la mécanique des fluides), École Centrale de Lyon 6 - 9 Juin 2005.



[CI-5] • **M Malek**, S Coëtmellec, D Allano, C Özkul, D Lebrun, “*Application of in-line digital holography to visualization in flows*,” International Workshop on holographic Metrology in Fluid Mechanics, Loughbough University, pp. 103-109, 28th-30th May 2003, UK

[CI-6] • **M Malek**, D Allano, S Coëtmellec, D Lebrun, “*Holographie numérique appliquée à la vélocimétrie 3D dans les écoulements*,” 9ème Congrès Francophone de Vélocimétrie Laser, pp. H.1.1-H.1.9, 14-17 Septembre 2004, Bruxelles, Belgique.

[CI-7] • **M Malek**, S Coëtmellec, D Allano, D Lebrun, C Özkul, “*Holographie numérique : Application aux mesures de diamètre de fibres et à la vélocimétrie dans les écoulements*,” 4ème colloque francophone sur les mesures et techniques optiques pour l’industrie, pp. 384-390, 17-21 novembre 2003, Belfort.

[CI-8] • S Coëtmellec, **M Malek**, D Allano, D Lebrun et C Özkul, “*Holographie numérique appliquée à la métrologie 3D de micro-particules*,” Contrôle et mesures optique pour l’industrie, Saint Aubin de Médoc, pp. 410-414, 18-22 Novembre 2002.

[CI-9] • **M Malek**, S Coëtmellec, D Allano, D Lebrun et C Özkul, “*Application de l’holographie digitale à la vélocimétrie dans plusieurs plans*,” 8ème congrès francophone de vélocimétrie laser, 17-20 Sept. 2002, Orsay.

#### **Congrès nationaux avec Actes et comité de lecture**

---

[CN-1] • **M MALEK**, V MUZET, Y GUILLARD, “*Utilisation des ondelettes pour la mesure de déplacements par projection de lumière structurée*,” Journées des Sciences de l’Ingénieur, Marne-la-Vallée, 5-6 décembre, 2006.

#### **Congrès sans actes**

---

• **M MALEK**, 7e colloque international francophone du Club SFO/CMOI, Parc Expo, Mulhouse, du 20 au 24 novembre 2006

#### **Mémoires et Rapports**

---

[M-1]• “*Développement de méthodes d’holographie numérique pour la métrologie tridimensionnelle dans les écoulements*”, Thèse de Doctorat, Université de Rouen, 2004.

[M-2]• “*Holographie numérique : Application aux mesures de diamètres de microparticules*”, Mémoire de DEA, Université de Rouen, 2001.

[M-3]• “*Etude et caractérisation d’un transistor MOSFET en régime de faible inversion*”, Mémoire d’Ingénieur en électronique, Université Mouloud MAMMERI, Tizi-ouzou, 1996 .

[R-1]• **M Malek**, V Muzet, P Charbonnier, Y Guillard, “*Mesure de déplacement et de pente par lumière structurée : Utilisation de la Transformation en Ondelettes 2D*”, Rapport final de recherche (**confidentiel**), Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), mars 2007.

[R-2] • **M Malek**, V Muzet, P Charbonnier, Y Guillard, “*Mesure de déplacement et de pente par*

*lumière structurée : Utilisation de la Transformation en Ondelettes 1D,* "Rapport intermédiaire de recherche (**confidentiel**), Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), novembre 2006.

[R-3] • **M Malek** et D Lebrun, "*Développement de méthode d'holographie numérique pour la métrologie 3D dans les écoulements,*" CORIA (UMR 6614 CNRS), troisième apport de recherche à l'attention du Service recherche de la Région Haute Normandie ( 2004)

[R-4] • **M Malek** et D Lebrun, "*Développement de méthode d'holographie numérique pour la métrologie 3D dans les écoulements,*" CORIA (UMR 6614 CNRS), deuxième rapport de recherche à l'attention du Service recherche de la Région Haute Normandie ( 2003)

[R-5] • **M Malek** et D Lebrun, "*Développement de méthode d'holographie numérique pour la métrologie 3D dans les écoulements,*" CORIA (UMR 6614 CNRS), Premier rapport de recherche à l'attention du Service recherche de la Région Haute Normandie ( 2002)

**Activités d'enseignement  
et responsabilités**

## Activités d'enseignement et responsabilités

### Résumé des enseignements

J'ai commencé mes activités d'enseignement en tant que vacataire puis dans le cadre de deux contrats d'ATER. Mes enseignements ont été réalisés à l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs en Génie ELECTrique (ESIGELEC), à l'université de Rouen et à l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. Les enseignements qui m'ont été confiés ont représenté un total de 294 heures (équivalent TD) de cours, de TD et de TP. Ils m'ont permis à la fois d'exercer un travail pédagogique et d'apprécier leur diversité. Ainsi, j'ai pu intervenir dans des filières à vocation généraliste (Licence Physique, Mécanique, sciences de l'ingénieur) mais aussi professionnelles (ESIGELEC et Master professionnel). Ces enseignements sont résumés ci-dessous :

#### **2007–2008 : ATER, Université d'Avignon et Des Pays de Vaucluse :**

Niveau	Type	Matière	Nombre d'heures
Licence L1 Physique	Cours et TD	Electricité	40H
	TD	Electrostatique	27H
	TP	Electricité	60H
Licence L2 Physique	Cours et TD	Circuits Electrique, Electronique	34H
	Cours , TD et cours	Complément d'Electronique	28H/TD

#### **2004–2005 : ATER, Université de Rouen :**

Niveau	Type	Matière	Nombre d'heures
MASTER M1 Biologie	TP	Physique appliquée à l'imagerie biomédicale	30H (20H/TD)
	TD	Electronique	6H
	TD	Optique géométrique	6H
MASTER M2 DIODE PRO	TP	Diagnostic Laser	36H (24H/TD)
	TD	Traitement d'images et de signal	4H
MASTER M1 IUP GIE	TD	Ondes et propagation	16H
MASTER M1 EPO	TP	Optique Laser	12 H (8 H/TD)

#### **2003–2004 : Enseignant vacataire, Ecole supérieure d'Ingénieurs en Genie ELECTrique (ESIGELEC) :**

Niveau	Type	Matière	Nombre d'heures
1ère année d'ingénieur	TD	Electromagnétisme	30H

## **Responsabilités collectives :**

---

- **Depuis sep. 2007 : ATER à l'Université d'Avignon**
  - Responsable du cours Électricité-Électronique : préparation des cours et TD en licence L2 physique-chimie ;
  - Responsable du cours Compléments d'électronique : préparation des cours, TD et TP en licence L2 physique-chimie ;
  - Participation à la rédaction des sujets de TP d'électricité en Licence L1 physique-chimie.
- **2004-2005 : ATER à l'Université de Rouen**
  - Participation à la création du Master biologie : réunions et élaboration du programme de la physique appliquée à l'imagerie biologique : cours et TD d'électronique et de l'optique géométrique ainsi que les TP de la physique appliquée à l'imagerie biologique.

## **Descriptif des enseignements :**

---

### **A– ATER : Université d'Avignon et Des Pays de Vaucluse**

#### **A.1– Licence L1 Physique**

- Electricité
  - Constituants de base des circuits électriques : Courant électrique, intensité du champ électrique-tension électrique, résistance et loi d'Ohm, puissance électrique, capacité, inductance, générateurs de courant et de tension ...
  - Méthodes d'analyses des circuits électriques : méthodes d'analyse directe (loi des mailles, loi des nœuds), méthodes d'analyse indirecte (théorèmes de Thevenin, de Norton, de superposition, de millman et de Kennely) ;
  - Fonctionnement des circuits électriques en régime transitoire : Circuits de premier ordre et de deuxième ordre ;
  - Fonctionnement des circuits électriques en régime alternatif : Notions fondamentales et propriétés du courant alternatif.
- Electrostatique
  - Charge électrique ;
  - Loi de coulomb ;
  - potentiel électrique ;
  - Dipôle électrique ;
  - Théorème de Gauss ;
  - Energie électrostatique ;
  - Condensateurs.

#### **A.2– Licence L2**

- Circuits Electriques, Electroniques
  - Rappels : Fonctionnement des circuits électriques en régime alternatif : Loi fondamentales, courant alternatif, notion de puissance active et facteur de puissance... ;
  - Résonance en électricité : Régime sinusoïdal forcé, facteur de qualité, facteur de surtension... ;
  - Quadripôles et filtres : Notions de base, fonctions de transfère, filtres de premier et de deuxième ordre, diagramme de Bode...
  - Amplificateur Opérationnel : Notions de bases, AOP idéal, circuits à base de AOP

- (montage inverseur, additionneur, intégrateur,...)
- Compléments d'Electronique–Montages
  - Notions de base : Notions de physique des solides, semi-conducteurs, jonction P-N, diode ;
  - Montages à base de diodes : Circuits de base, redresseur mono-alternance et double alternance ;
  - Montages à base d'amplificateurs opérationnels ;
  - TP : Montages électroniques : Filtres, résonance et amplificateurs opérationnels.

## **B– ATER : Université de Rouen**

### **B.1– MASTER M1 Biologie**

Ces enseignements s'inscrivent dans le cadre d'un cours de physique appliquée à l'imagerie biologique qui a pour objectif de permettre aux étudiants de ce MASTER d'acquérir des connaissances pratiques sur les appareils utilisés en imagerie afin d'en comprendre le principe général de fonctionnement. Ils sont organisés comme suit :

- Physique appliquée à l'imagerie biologique
  - Formation d'images : Système afocale, Fabry-Pérot, calcul optique ;
  - Optique ondulatoire : Interféromètre de Michelson, goniomètre, diffraction, polarisation ;
  - Système Laser : Oscillation et mesure de divergence, détection.
- Electronique
  - Notions de base ;
  - Détecteurs thermiques, photodiodes, photomultiplicateurs ;
  - Gammes spectrales d'utilisation et temps de réponse ;
  - Notion de bruit.
- Optique Géométrique
  - Introduction à la formation d'images ;
  - Formation d'images à travers des éléments simples : Dioptries, lentilles et miroirs ;
  - Présentation des grandes familles d'instruments optiques (microscopie, lunettes...).

### **B.2– MASTER M2 DIODE PRO**

Ces enseignements interviennent dans le cadre de la formation Master Développement des Instruments scientifiques, Optique et DEtection (DIODE) option professionnelle. Cette formation a pour objectif de permettre au titulaire de ce diplôme de conceptualiser et de réaliser un système complet qui intègre les éléments optiques, optoélectroniques et informatiques pour l'étude des procédés industriels où la granulométrie, la velocimétrie, l'analyse dimensionnelle ainsi que les grandeurs thermodynamiques sont importantes. Ces enseignements sont organisés comme suit :

- Diagnostic Laser
  - Mesure de deux composantes de vitesse de particules par une sonde Anémométrique Laser Doppler (ADL) ;
  - Granulométrie par diffraction LASER "Malvern" ;
  - Velocimétrie par Imagerie de Particules (P.I.V.) ;
  - Etude d'une chaîne d'acquisition d'images.
- Traitement d'images
  - principes fondamentaux en traitements d'images ;
  - Introduction à la programmation sous Matlab et application au traitement du signal

- et de l'image ;
- Développement d'applications en traitement d'images (analyse d'histogrammes, morphologie mathématique, filtrage...)

### **B.3– MASTER M1 IUP GIE**

- Ondes et propagation
  - Notions de base et rappels mathématiques ;
  - Systèmes de coordonnées ;
  - Opérateurs vectoriels ;
  - Résolution des équations de Maxwell et propagation des ondes électromagnétiques ;
  - Notion d'impédances ;
  - Guides d'ondes.

### **B.4– MASTER M1 EPO**

- Etude d'une cavité laser He-Ne ;
- Etude d'un montage d'holographie dans l'axe et hors-axe ;
- Fibre optique (mesure de l'atténuation linéique) ;
- Phénomènes de diffraction.

### **C– Enseignements en première année d'ingénieurs à L'ESIGELEC (Rouen)**

- Notions de base : Notion de charges électriques, champs électrique et magnétique ;
- Rappels mathématique :
  - Fonctions à variables complexes : dérivation et intégration ;
  - Analyse vectorielle : Opérateurs vectoriels (divergence, rotationnel).
- Equations de Maxwell, Théorème de Gauss, Equation de Poisson - Equation de Laplace, Théorème d'Ampère et conservation de la charge électrique ;
- Champs et potentiels électriques ;
- Energie électrostatique ;
- Dipôle électrique ;
- Distribution volumique de dipôles électriques ponctuels ;
- Electrostatique des conducteurs ;
- Condensateurs ;
- Forces électrostatiques sur un conducteur.

### **Co-Encadrement de stages :**

---

#### **1– Stage de MAGISTER à l'institut d'électronique de Tizi-Ouzou (Algérie) en collaboration avec l'UMR 1114 CSE, INRA d'Avignon**

Sujet : Développement de méthodes de détection automatique des changements dans une séquence d'images : Application aux images FORMOSAT pour la détection et l'identification des pratiques culturelles.

Période : Depuis novembre 2007

Stagiaire : Melle. Malika HADJSAID

Responsable principal : Moi même et Dr. Mourad LAGHROUCHE (université de Tizi-Ouzou)

#### **2– Stage de MASTER Recherche DIODE au groupe d'optique et d'optronique de l'UMR**

## **6614 (CORIA) :**

Sujet : Validation de la technique d'holographie numérique dans un écoulement de sillage présentant une allée de Bénard-von Kàrmàn .

Période : Mars – Sep. 2005

Stagiaire : Melle. Nebya SALAH

Responsable principal : Pr. D. LEBRUN

### **3– Mini-Stage de DESS Diagnostic Laser et Métrologie Optique en collaboration avec le laboratoire de Géologie, Université de Rouen.**

Sujet : Utilisation de l'holographie dans l'axe pour l'étude de la sédimentation.

Période : Sep. – Déc. 2003

Stagiaire : Mrs. E. LABALETTE et C. CHEDOT

Responsable principal : Pr. D. LEBRUN

### **4– Stage DESS Diagnostic Laser et Métrologie Optique, Université de Rouen en collaboration avec PSA-Peugeot-Citroën.**

Sujet : Développement de méthodes d'holographie digitale pour la métrologie tridimensionnelle dans les écoulements.

Période : Fév. – Sep. 2002

Stagiaire : Mr. Frederic MASZTALERZ

Responsable principal : Pr. D. LEBRUN

### **5– Stage TER Maîtrise EEA au Groupe d'Optique et d'Optronique de l'UMR 6614 (CORIA), Université de Rouen.**

Sujet : Caractérisation d'une diode laser utilisée pour une sonde micro-holographique digitale.

Période : Jan. – Fév. 2002

Stagiaire : Mr. Aissa FELLAH.

Responsable principal : Pr. D. LEBRUN

### **6– Stage de DEA PTI au groupe d'optique et d'optronique de l'UMR 6614 (CORIA).**

Sujet : Caractérisation d'une diode laser utilisée pour une sonde micro-holographique digitale.

Période : Fév. - Sep.2002

Stagiaire : Mr. A. M. BENKOUIDER.

Responsable principal : Pr. D. LEBRUN



## **Activités de recherche**

## Activités de recherche

Mon expérience en recherche s'est construite principalement lors de ma formation doctorale (DEA, thèse et ATER) au laboratoire CORIA UMR 6614, le contrat postdoctoral que j'ai occupée au Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées (LRPC) de Strasbourg et actuellement au sein de l'UMR 1114, CSE, INRA d'Avignon.

L'orientation dominante de mes recherches concerne les méthodes optiques et le traitement numérique et statistique des images. Ces compétences m'ont permis de travailler dans diverses thématiques.

En effet, et comme le montrent les résumés de mes travaux ci-dessous, ces conversions thématiques vont du domaine de la mécanique des fluides (métrologie 3D dans les écoulements turbulents) à la télédétection optique (détection et identification des pratiques culturales) en passant par des applications en génie civil (mesure de la déflexion verticale d'une chaussée). Lors de cette expérience pluridisciplinaire j'ai allié l'étude expérimentale et la modélisation théorique. J'ai également acquis des connaissances dans les domaines mentionnés ci-dessus en faisant appel aux compétences de nos collaborateurs et partenaires.

### **Travaux de recherche actuels (A.T.E.R), Depuis septembre 2007.**

---

**Projet :** Développement de méthodes de détection et d'identification automatique des pratiques culturales à partir d'images de télédétection optique.

**Laboratoire d'accueil :** UMR 1114, Sol, Climat et Environnement (CSE), INRA d'Avignon.

**Mots clés :** Traitement d'images, Images Satellitaires, Télédétection, Signatures spectrales de la végétation, Indice Foliaire (LAI, NDVI).

Depuis septembre 2007, j'effectue des recherches au sein de l'UMR 1114 Sol, Climat et Environnement (SCE) à l'INRA d'Avignon, et ce dans le cadre d'un contrat d'ATER à l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. Le thème de recherche concerne la télédétection appliquée à la détection automatique des pratiques culturales. Ce travail nécessite l'utilisation des méthodes de traitements numérique et statistique des images.

#### **Contexte de l'étude :**

Cette étude se situe dans le cadre d'un projet inter-région Midi-Pyrénées-Provence Alpes Côte d'Azur. L'objectif est de quantifier l'impact des pratiques culturales sur l'évapotranspiration et le microclimat à l'échelle de petites régions agricoles. Des expérimentations ont été menées en 2006 sur la région Crau-Camargue avec de nombreuses mesures au sol pour suivre l'état des différentes cultures, associées à des mesures satellitaires et aéroportées.

L'objectif de ce travail est de développer des outils de traitement automatique permettant la détection des pratiques culturales à partir des séquences d'images satellitaires. Ces dernières

ont été acquises par le satellite Taïwanais FORMOSAT<sup>1</sup>, lancé en 2004. Une première étude basée sur l'utilisation de ces séquences d'images a été réalisée au laboratoire [1] .

### **Travaux réalisés :**

Notons, qu'à notre connaissance, ce thème de recherche n'a fait l'objet d'aucune publication auparavant. Ce sujet constitue une idée originale et novatrice dans le domaine de la télédétection optique appliquée à l'étude des pratiques culturales à l'échelle d'une parcelle agricole.

Ma contribution dans ce travail est intervenue, principalement, dans deux volets :

Le premier volet a été consacré à une étude bibliographique sur les méthodes de traitement d'image déjà utilisées dans la détection des changements dans une séquence d'images. Je me suis intéressé, plus particulièrement, aux techniques de détection de mouvement dans les séquences vidéo. Ces techniques sont largement commentées et documentées dans la littérature.

Le deuxième volet, a été consacré à l'adaptation de l'une ou de plusieurs méthodes de détection de changement dans le cadre des séquences d'images FORMOSAT.

Une première étude a montré que les méthodes basées sur les mesures de dissimilarité (une mesure de distance appliquée sur les réflectances dans les bandes rouge et proche infrarouge) peuvent être utilisées [2, 3]. Les premiers résultats ont permis de détecter certains changements dans les pratiques culturales. Cependant, et afin d'améliorer ces résultats, de telles méthodes ont besoin d'être associées à des prétraitements et post-traitements permettant une meilleure identification. Pour cela, des techniques de segmentation/classification sont en cours d'exploitation.

Ces traitements auront comme objectifs non seulement la détection des changements dans les pratiques culturales mais aussi l'identification des types de changements. Ce dernier point intéresse particulièrement les écologistes et les agronomes pour qui la connaissance de l'état hydrique des surfaces et le développement de la végétation ainsi que sa visibilité spatiale à l'échelle de la zone étudiée constitue un moyen efficace et rapide de diagnostic et de suivi de la dynamique des couverts végétaux.

### **Collaborations et partenaires :**

- Centre d'Etudes Spatiales de la BIOSphère (CESBIO) ;
- Le Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement, UMR 6635 (CEREGE).

---

<sup>1</sup>Ces images font l'objet d'un contrat d'utilisation strict entre l'INRA d'Avignon et la société SPOTIMAGE.

**Projet :** Mesure en dynamique de la déflexion verticale d'une chaussée sous l'action d'une charge roulante.

**Laboratoire d'accueil :** ERA-27 Imagerie et Méthodes Optiques du Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées, Strasbourg.

**Mots clés :** Traitement d'images, Méthodes Optiques, Détections de dégradations, Chaussées, Lumière Structurée, Transformation en Ondelettes, Déroulement de phase (phase unwrapping).

---

***Le capteur réalisé dans le cadre de ce projet est en cours de qualification et de validation par le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Strasbourg.***

---

De janvier 2006 au juin 2007, j'ai occupé un poste de chercheur contractuel au Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Strasbourg et le Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection (LSIIT UMR CNRS 7005 Strasbourg) en collaboration avec la société HOLO3. Ce projet porte sur la conception et la réalisation d'un déflectographe optique dont le rôle est de mesurer en dynamique la déflexion verticale d'une chaussée sous l'action d'une charge roulante.

#### **Contexte de l'étude :**

La déflexion verticale d'une chaussée sous l'action d'une charge roulante (poids lourd) est un paramètre important pour l'évaluation de l'état structurel d'une chaussée. Mesurer ce paramètre permet de prévoir des solutions d'entretien. Le matériel actuellement opérationnel en France ne peut s'intégrer au trafic, ce qui engendre des coûts importants et pose un problème de sécurité tant pour les agents de l'équipement que pour les usagers. La résolution de ce problème a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche afin de concevoir et de réaliser des appareils de mesure de la déflexion circulant à grande vitesse et permettant ainsi une insertion dans le trafic et préservant la sécurité lors des interventions. Différents projets ont vu le jour (en Suède, en Finlande et aux USA), et certains ont été évalués par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC). Les résultats de ces évaluations ont montrés que certains de ces dispositifs ne sont pas adaptés au chaussées française (chaussées noires) [4].

C'est dans ce contexte que le laboratoire régional des Ponts et Chaussées à Strasbourg a proposé ce projet qui a pour objectif la réalisation d'une instrumentation optique permettant une mesure à grande vitesse de la déflexion verticale.

#### **Travaux réalisés :**

La méthode proposée pour la mesure de la déflexion verticale d'une chaussée sous l'action d'une charge roulante est basée sur la lumière structurée. C'est une technique de mesure sans contact et permet des mesures plein champs plus significatives qu'une mesure ponctuelle. Avec un tel appareil, la vitesse d'auscultation souhaitée devrait pouvoir atteindre plusieurs dizaines de Km/h [5, 6]. Cette technique est fondée sur le principe de la triangulation. La lumière projetée sur l'objet étudié a des caractéristiques géométriques particulières (lignes, grilles, franges, speckle). Cet objet est observé sous un angle non nul par rapport à la direction de projection.

Avec une telle configuration, toute déformation perpendiculaire à la surface étudiée se traduit par une variation du chemin optique (déphasage  $\Delta\Phi$ ) de la lumière projetée .

Ma contribution principale dans ce projet est l'introduction de la transformation en ondelettes pour la mesure du déphasage du réseau projeté (donc la déformation 3D de la chaussée) [7, 8, 9]. Cette méthode représente des avantages par rapport à l'analyse de Fourier, couramment utilisée lors de la mise en œuvre des techniques de lumière structurée [5, 10]. En effet, la Transformation de Fourier fait l'objet de certaines limitations lorsque le signal à analyser présente des transitions brusques ou des variations spatiales de la fréquence. L'utilisation de la transformation en ondelettes 2D permet, par l'ajustement du paramètre d'orientation de la fonction analysante, un traitement optimal des images de franges projetées [11, 12]. J'ai également contribué à l'amélioration de la technique de déroulement de la phase (phase unwrapping) en adaptant les méthodes linéaire (1D) et variationnelle (2D) [13].

La chaîne d'acquisition réalisée dans le cadre de ce projet comporte les éléments représentés sur la figure 1. Après extraction de la phase bidimensionnelle on procède à son déroulement. Le résultat de ce traitement est directement exploité en utilisant les données de l'étalonnage pour extraire la déformation 3D de la surface étudiée.

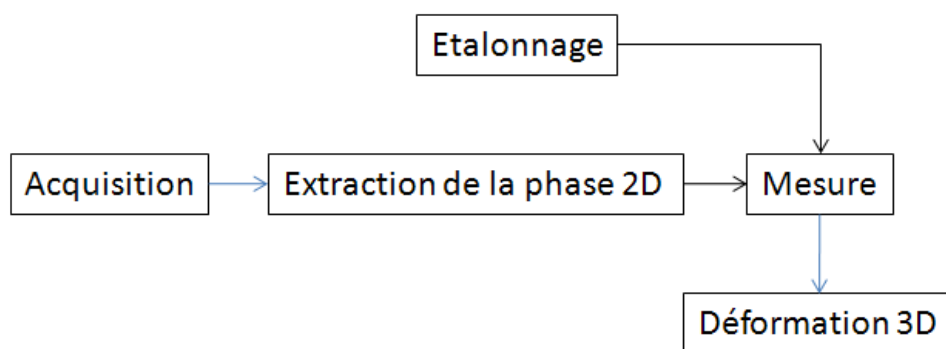


Figure 1: Acquisition est chaîne de traitements pour la mesure de déformations 3D par Transformation en Ondelettes

La méthode de mesure proposée a été testée (en statique) sur un banc d'essais au laboratoire. Ce banc comporte une chaîne d'acquisition des images de franges et une plate forme mécanique permettant de simuler les déformations 3D. Ce banc est utilisé lors de la phase d'étalonnage du capteur et pour simuler les déplacements ainsi que la déflexion verticale assimilée à une variation de pente.

Les résultats de ces mesures ont montrés que l'utilisation de la transformation en ondelettes est plus adaptée dans le cas de cette application. En effet, la résolution du capteur utilisé a été améliorée ( $10\mu\text{m}$  pour les mesure de déplacements et  $0,007^\circ$  pour les mesures de pente). En outre, les améliorations apportées à la méthode d'étalonnage ont permis d'augmenter la gamme des mesures (6cm). Cette augmentation est rendue possible grâce à l'utilisation d'un réseau de franges spécifique permettant la détection des sauts de phase associés aux déformations verticales, supérieures à la période du réseau.

Des essais sur route, avec l'utilisation d'un véhicule poids lourd, ont été réalisés. Nous avons effectué des enregistrements avec un seul capteur à différentes vitesses de circulation. L'objectif

de ces expériences est de tester le capteur en dynamique, et étudier les capacités de la méthode proposée pour analyser les images issues d'une configuration expérimentale réelle. Les résultats obtenus, ont montré que les images enregistrées sont de qualité suffisante permettant leur analyse par Transformation en Ondelettes 2D. Cependant, nous n'avons pas pu tester en dynamique la méthode de mesure de pente (donc de la déflexion verticale) car elle nécessite l'utilisation de deux capteurs afin de comparer deux états d'une même surface de la chaussée. L'acquisition d'un deuxième capteur par le laboratoire permettra de poursuivre dans le future ces tests.

Il est à noter que dans le cadre de ce projet, j'ai été amené à utiliser les méthodes de vision par ordinateur, en particulier les techniques de calibration des caméras (méthode de Zang et de Tsai) pour le passage du repère image au repère de la sciène étudiée. Ces méthodes font partie des compétences de l'ERA-27 Imagerie et Méthodes Optiques du Laboratoire [14].

### **Collaborations et partenaires :**

Lors de ce projet, j'ai participé à des collaborations avec des partenaires industriels et universitaires dont l'expérience et les compétences m'ont beaucoup apporté :

- **Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Information et de la télédétection (LSIIT), Université de Strasbourg :** Partenaire officiel de ce projet. Un apport particulièrement important en traitement des images et les méthodes de vision par ordinateur.
- **Société HOLO3 :** Egalement partenaire officiel dont les compétences en méthodes et instrumentations optiques ont beaucoup apportées à l'avancement de ce projet.
- **Division Métrologie et Instrumentation du LRPC de Nantes :** Leur colaboration est sollicitée afin de caractériser les modes vibratoires du véhicule porteur dont la prise en compte dans les mesures de la déflexion est très importante.

**Sujet de thèse :** Developpement de méthodes d'holographie numérique pour la métrologie tridimensionnelle dans les écoulements.

**Laboratoire d'accueil :** Laboratoire CORIA UMR 6614, Université de Rouen.

**Mots clés :** Traitement d'images, Holographie numérique, reconstruction 3D, Vélocimétrie 3D-2C, Vélocimétrie 3D-3C, Vélocimétrie par imagerie de particule.

**Composition du Jury :**

---

<b>Président :</b>	PR. CAFER ÖZKUL	Université de Rouen
<b>Rapporteurs :</b>	PR. PIERRE JACQUOT,	École polytechnique
	PR. FRANK DUBOIS,	Fédérale de Lausanne
	PR. PASCAL PICART,	Université Libre de
		Bruxelles (ULB)
		Université du Maine
<b>Examineurs :</b>	PR. CHRISTOPHE DUMOUCHEL,	UMR 6614 – CORIA
	PR. DENIS LEBRUN,	Université de Rouen
	(Directeur de thèse)	

---

J'ai rejoint le Groupe d'Optique et d'Optronique de UMR 6614 (CORIA), université de Rouen, en 2001 pour effectuer mon stage de DEA. L'objectif de ce stage concernait l'utilisation de la méthode de restitution d'hologrammes par Transformation en Ondelettes pour réaliser des mesures des diamètres de micro-particules. Ce stage m'a permis de montrer la faisabilité de cette méthode pour les mesures dimensionnelles de microparticules. Les résultats expérimentaux que j'ai obtenu ont débouché sur une proposition de thèse que j'ai entamé l'année suivante.

**Contexte de l'étude :**

La vélocimétrie tridimensionnelle est un enjeu de première importance en métrologie optique. Les techniques telles que la PIV stéréoscopique, la PIV en arc-en-ciel ou encore l'utilisation de plusieurs nappes ont été proposées et ont démontré leur efficacité. Cependant, la seule méthode capable de restituer l'information tridimensionnelle reste l'holographie. Les montages proposés sont souvent assez compliqués (référence inclinée, Light-In-Flight ...) [15, 16, 17, 18]. Pour cette raison, nous avons opté pour la configuration la plus simple (holographie dans l'axe) même si celle-ci souffre d'inconvénients tels que la présence d'images jumelles ou bruit de speckle qui affectent la qualité des hologrammes enregistrés [19]. En effet, le travail réalisé au cours de cette étude s'inscrit dans la perspective d'enrichir le répertoire des méthodes optiques et non-destructives couramment utilisées en métrologie optique (granulométrie par diffraction (Malvern), l'Anémométrie Phase Doppler (APD) ou bien la Vélocimétrie par Imagerie de Particules (PIV)... ). Dans ce contexte, l'objectif principal de notre laboratoire est de développer un système d'holographie numérique que l'on peut facilement mettre à la disposition d'un expérimentateur. Un tel système, intégrant des fonctions de traitements automatiques (taille, forme, vitesse et position) pourrait devenir dans un avenir proche un outil complémentaire et

indispensable pour l'étude et la visualisation d'objets micrométriques en mouvement.

### **Travaux réalisés :**

J'ai utilisé une méthode de microholographie dans l'axe qui permet, par restitution des images, la localisation tridimensionnelle des micro-particules ainsi que la détermination de leur taille ou de leur forme [20, 21]. La technique utilisée est souple et répond mieux à des contraintes de rapidité d'exécution que l'holographie classique. En effet, dans ce cas, l'étape de restitution optique est pénalisée par la lourdeur du processus chimique de développement des plaques. De plus, la restitution optique des images nécessite de réaliser une mise au point sur chaque image. Dans le cas de l'holographie numérique, la sensibilité des caméras CCD autorise l'utilisation de sources laser de faible énergie (quelques micro joules par impulsion), donc de faible coût. On peut s'interroger sur la possibilité d'enregistrer des hologrammes sur des supports quadratiques à faible résolution spatiale tels que les caméras CCD. Il est vrai que dans la configuration à référence inclinée (la plus répandue) on doit avoir recours à des supports d'enregistrement ayant une résolution de l'ordre de quelques milliers de traits par millimètre. En revanche, dans la configuration de Gabor (dans l'axe), cette contrainte est moins problématique. La résolution spatiale offerte par les caméras actuelles permet d'envisager la localisation 3D de micro-particules avec une précision qui peut atteindre une cinquantaine de micromètres sur la composante axiale. Cette possibilité nous a permis de fixer comme objectif principal de cette thèse, l'application de l'holographie numérique à la vélocimétrie 3D dans les écoulements.

Afin d'atteindre cet objectif, j'ai réalisé des travaux dont la relation est directe avec l'utilisation de la méthode numérique de restitution holographique. Les principales étapes que j'ai suivies sont :

- Réalisation d'un logiciel de Restitution HOLOgraphique (RHOLO) ;
- Elaboration d'une méthode de dimensionnement des fibres et des particules ;
- Elaboration d'une méthode d'extraction des champs de particules dans un volume ;
- Réalisation d'un système de vélocimétrie tridimensionnelle à deux composantes (3D-2D), puis tridimensionnelle à trois composantes (3D-3C).

La réalisation du logiciel RHOLO s'inscrit dans l'objectif d'élaborer une interface conviviale pour faciliter le traitement des figures de diffraction : Restitution des images de particules dans un volume, traitement des images restituées (positionnement et dimensionnement). La méthode de mesure des diamètres proposée dans ces travaux est basée sur la modélisation du processus d'enregistrement-restitution par un système linéaire invariant pas translation [22]. Les images de particules restituées sont exploitées en mesurant leur largeur à mi-hauteur. Par la suite, et à partir d'une courbe d'étalonnage préalablement établie, nous procédons à l'estimation du diamètre. Nous avons proposé, par la suite, l'utilisation d'une méthode originale et plus robuste basée sur le calcul du diamètre équivalent ( $D_{eq}$ ) à la place de la largeur à mi-hauteur.

Le système holographique de vélocimétrie 3D est représenté sur la figure 2. Il est constitué de trois étapes principales : Une étape d'enregistrement des couples d'images (ici figure de diffraction), une étape d'extraction des champs de particules et d'organisation en cellules d'interrogation et enfin, une étape d'extraction des champs de vecteurs vitesse. L'enregistrement se fait comme pour les méthodes classiques de PIV : la caméra CCD associée à un système d'acquisition saisit séparément les figures de diffraction correspondant à chacune des impulsions



laser.

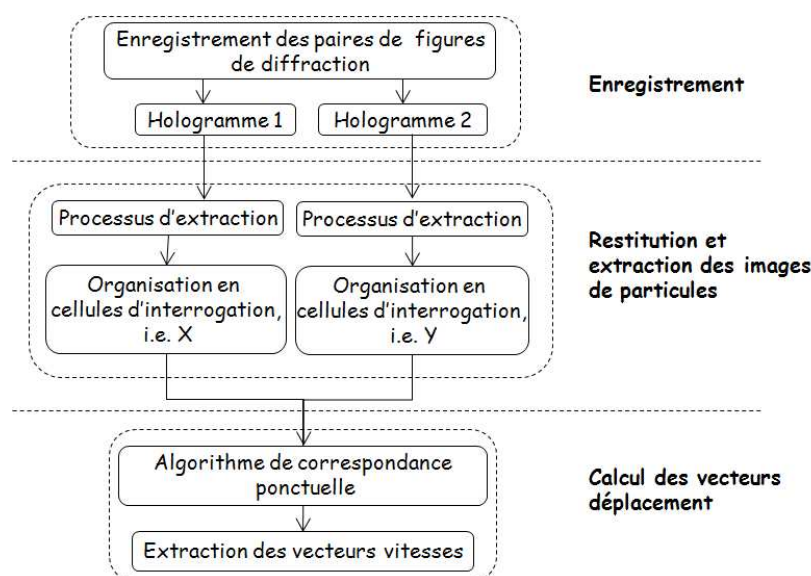


Figure 2: Système holographique de vélocimétrie 3D par suivi de particules (3D-3C HPTV) .

La méthode d'extraction des champs de particules, utilisée en deuxième étape, est basée sur l'utilisation conjointe de la mesure de diamètre équivalent et de Maximum du module de la transformation en ondelettes (MMTO). Les principales étapes de cette méthode sont :

1. Reconstruction numérique d'un volume ;
2. Seuillage et traitements morphologiques (soustraction du fond par ouverture morphologique et étiquetage) ;
3. Détermination des positions bidimensionnelles des images de particules dans chaque plan restitué et labellisation des images se trouvant sur le même axe ;
4. Elimination des objets 3D n'appartenant pas à plus de 3 plans (un critère de rejet justifié car les images 3D des particules se trouvent inévitablement dans plusieurs plans) ;
5. Identification des images de particules par l'analyse simultanée de l'évolution du diamètre équivalent et du MMTO en fonction de la position axiale. Au terme de cette étape, les positions 3D des particules sont calculées.

Après organisation en cellules d'interrogation, le résultat de ce processus est utilisé lors de l'extraction des champs de vecteurs vitesse. Pour cette étape, j'ai proposé l'utilisation d'un algorithme de correspondance ponctuelle. Cet algorithme est appliqué sur les deux ensembles de particules correspondant aux enregistrements réalisés par un montage à double exposition [23, 24].

J'ai modélisé le mouvement entre les deux expositions par une transformation affine dont l'ensemble des paramètres peut contenir la rotation, la translation et le cisaillement... L'objectif de cet algorithme est d'estimer les paramètres de cette transformation et la matrice de correspondance entre les particules des deux expositions. La méthode est basée sur l'utilisation d'une technique d'optimisation E.M (Expectation-Maximisation) imbriquée dans une routine de recuit simulée [25]. A chaque itération, la méthode E.M permet, dans un premier temps,

l'évaluation de la matrice de correspondance, et par la suite, l'estimation des paramètres de la transformation affine. La convergence vers la solution globale est gouvernée par l'algorithme de recuit simulé. Une fois la solution globale obtenue, nous procédons, par l'utilisation de la matrice de correspondance, à l'extraction des vecteurs vitesses. J'ai introduit pour la première fois dans ce domaine l'utilisation de la méthode d'optimisation de Walker basée sur l'utilisation des nombres Quaternion Duals (Dual Number Quaternion) pour estimer les paramètres de la transformation affine [26].

Ce système de vélocimétrie a été testé dans une configuration expérimentale simple pour montrer les capacités à restituer des champs de vitesses dans plusieurs plans (voir figure 3). Le résultat obtenu est encourageant et présage des applications plus intéressantes concernant des écoulements complexes où l'aspect 3D joue un rôle important. Nos tentatives d'appliquer ce système au calcul des trois composantes de vitesse d'un écoulement expérimental 3D n'ont pas été fructueuses car il est difficile de produire un écoulement contrôlé. En effet, au cours de ces expériences, nous n'avons pas pu maîtriser la génération d'un écoulement avec un ensemencement adéquat nous permettant d'aboutir à une étude comparative.

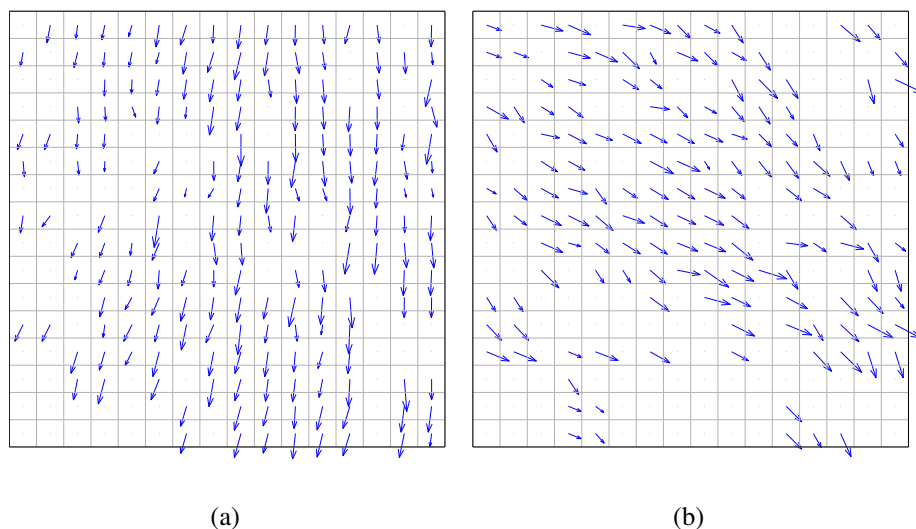


Figure 3: Résultat expérimental : application de 3D-3C HPTV à la restitution des champs de vitesses dans plusieurs plans. (a) Champ de vecteurs vitesses à  $Z = 33\text{mm}$  et (b) champ de vecteurs vitesses à  $Z = 64\text{ mm}$ .

Au cours de ces travaux, j'ai également réalisé une étude statistique du bruit de speckle intrinsèque à l'holographie dans l'axe [27]. En particulier, j'ai étudié l'influence de la répartition spatiale des particules sur le pourcentage des particules extraites et sur le rapport signal sur bruit (RSB) des images restituées. Les résultats de cette étude ont montré que l'épaisseur du volume délimité par les particules affecte considérablement ce pourcentage. Par contre, le RSB n'est fonction que du taux d'obscurité (fraction surfacique des projections des particules sur le capteur). Par ailleurs, cette étude a révélée que la densité des particules doit être extrêmement réduite dans le cas des volumes épais. En effet, en se basant sur les simulations que j'ai réalisé, si l'on souhaite obtenir un taux d'extraction élevé ( $>70\%$ ), la concentration en nombre des par-

ticules ne doit pas excéder  $1\text{mm}^{-1}$ . Ces simulations et les résultats obtenus en expériences ont montré les potentialités du processus d'extraction présenté ci-dessus et ont mis en évidence les limites d'utilisation de l'holographie de Gabor dans les techniques de vélocimétrie par suivi de particules.

### **Collaborations et partenaires :**

Lors de mes travaux de thèse, j'ai participé à des collaborations avec des partenaires industriels et universitaires. Les travaux réalisés lors de ces collaborations ont un lien direct avec mes travaux de recherche :

- **PSA Poissy** : Application de l'holographie numérique aux mesure de vélocimétrie dans les sprays diesel.
- **Michelin** : Dimensionnement de fibres par holographie numérique.
- **TSI - St Etienne** : Discussions, confrontation de résultats.
- **Laboratoire de Géologie - Rouen** : Mesure de floculation par holographie numérique.
- **Laboratoire des matériaux - Rouen** : Application de l'holographie numérique pour le dimensionnement d'une micro-pointe d'un microscope ionique.
- **C.E.E.E Key Lab - Chine** : Caractérisation d'un champs de particules par holographie numérique.

## Références

- [1] Farzaneh K., “Utilisation d’une série d’images temporelles FORMOSAT acquises sur la région Crau Camargue pour le suivi de la dynamique des couvert végétaux,” Rapport de stage de MASTER-2 en Méthodes Physiques en Télédétection, Université Pierre et Marie Curie, Paris et INRA Avignon., juin 2007.
- [2] LEFEVRE S. , “Détection d’événement dans une séquence Vidéo,” Thèse de doctorat de 3ième cycle, université François Rabelais, Tours, décembre, 2006.
- [3] Jaffre G. , “Suivi de joueurs dans les séquences d’images d’activités sportives,” Rapport de stage de DEA Informatique de l’Image et du Langage, Université Paul Sabatier - Toulouse, 2002.
- [4] Simonin J.M, “ Mesure de déflexion de chaussée, bilan 2000 et perspective,” Rapport LCPC, 2000.
- [5] Goyat Y., Guillard Y., “ Qualification de la mesure de déflexion in-situ par lumière structurée,” Rapport LCPC, 2002.
- [6] Goyat Y., Muzet V., Guillard Y, Thorel L., Gaudicheau P., Vincelas G., “ La lumière structurée appliquée au génie civil : mesure sans contact de déplacements et de formes,” Journées des Sciences de l’Ingénieur 2003 - Dourdan 9-11/12/03, 2003.
- [7] Malek M. , Muzet V., Gauillard Y., “ Mesure de déplacement et de pente par lumière structurée : Utilisation de la Transformation en Ondelettes 2D,” Rapport LCPC, juin 2007.
- [8] Malek M. , Muzet V., Charbonnier P., Gauillard Y., “ Mesure de déplacement et de pente par lumière structurée : Utilisation de la Transformation en Ondelettes,” Rapport LCPC, septembre 2006.
- [9] Malek M. , Muzet V., Gauillard Y., “Utilisation des ondelettes pour la mesure de déplacements par projection de lumière structurée,” Journées des Sciences de l’Ingénieur, Marne-la-Vallée, décembre, 2006.
- [10] Desmangles A.I., “ Extension of the fringe projection method to large object for shape and deformation measurement,” Thèse n° 2734, E.P.F.L. Lausanne, 2003.
- [11] Mallat S., “Une exploration des signaux en ondelette,” Édition de l’école polytechnique, Novembre 2000.
- [12] Torrence C., Compo G. P., “ Practical guide to Wavelet analysis,” Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 79, 1998.
- [13] Ghiglia C. D. and Pritt M. D., “Two-Dimensional Phase Unwrapping : Theory, Algorithms, and Software,” Ed. John Wiley and Sons, 1998.
- [14] Charbonnier P., Nicolle P., “Vision3D : Compte rendu des travaux 1992,” Rapport LCPC, 2000.
- [15] Barnhart D. , “Whole-Field Holographic Measurements of Three-Dimensional Displacement in Solid and Fluid Mechanics,” Doctoral Thesis, Loughborough University, 2001.
- [16] Ye Pu, H. Meng, “An advanced off-axis holographic particle image velocimetry (HPIV) system,” Experiment in Fluid, vol. 29, pp. 184–197, 2000.
- [17] Ye Pu, X. Song, H. Meng, “Holographic particle image velocimetry for diagnosing particulate flows,” Experiment in Fluid [Supp.], vol. 29, pp. S117–S128, 2000.

- [18] Jian Sheng, Edwin Malkiel, Joseph Katz, "Single beam two-views holographic particle image velocimetry," Applied Optics, vol. 42, p. 235250, 2003.
- [19] H. Meng, W. L. Anderson, Fazle Hussain, David D. Liu, "Intrinsic speckle noise in in-line particle holography," J. Opt. Soc. Am. A, vol. 10, pp. 2046–2058, 1993.
- [20] Malek M. , "Développement de méthodes d'holographie numérique pour la métrologie tridimensionnelle dans les écoulements," Thèse de doctorat de 3ème cyle, Université de Rouen, décembre 2004.
- [21] Buraga-Lefebvre C. , "Transformée en ondelettes appliquée aux enregistrement holographiques : restitution et caratérisation de champs de particules," Thèse de doctorat 3ème cycle, Université de Rouen, décembre, 2000.
- [22] Malek M., Coëtmellec S., Lebrun D., Allano D., "Formulation of in-line holography process by a linear shift invariant system : Application to the measurement of fiber diameter," Optics communications, vol. 223, pp. 263–271, 2003.
- [23] M. Malek, D. Allano, S. Coëtmellec, C. Özckul, D. Lebrun, "Digital in-line holography for three-dimensional-two-components particle tracking velocimetry," Meas. Sci. Technol., vol. 15, pp. 699–705, 2004.
- [24] Malek M., Lebrun D. , Allano D. , "Digital in line holography system for three-dimensional-three components (3D-3C) Particle Tracking Velocimetry," Eds. A Schrö and C E Willer : Particle Image Velocimetry, Topics Appl. Physics **122**, vol. 15, pp. 157–172, 2008.
- [25] Gold S., Rangarajana A., Lua C.P., Pappua S. and Mjolsnessa E., "New algorithms for 2D and 3D point matching pose estimation and correspondence ," Pattern Recognition, vol. 31, no. 8, pp. 1019–1031, 1998.
- [26] Walker M. W., Shao L. and Volz R. A., "Estimating 3-D location Parameters Using Dual Number Quaternions," CVGIP :Image Understanding, vol. 54, no. 3, pp. 358–367, 1991.
- [27] Malek M., Allano D., Coëtmellec S. and Lebrun D.,, "Digital inline holography : Influence of shadow density on particle field extraction," Optics Express, vol. 12, pp. 2270 – 2279, 2004.