



# **JOURNEES IMAGERIE OPTIQUE NON-CONVENTIONNELLE**

**GDR ISIS – GDR Ondes**

**Réunion parrainée par la Société Française d'Optique, Club  
« Physique et Imagerie » et par le club EEA**

**22 et 23 mars 2010, ESPCI, Paris.**

**Comité de programme**

**Président** : Vincent Devlaminck, LAGIS, Lille

Mehdi Alouini, Université Rennes 1

Laurent Bigué, MIPS, Mulhouse

Remi Carminati, Laboratoire d'Optique Physique, ESPCI, Paris.

Arnaud Dubois, Institut d'Optique, Palaiseau

Christophe Ducottet, Laboratoire Hubert Curien, St Etienne

François Goudail, Institut d'Optique, Palaiseau

Olivier Haeberlé, MIPS, Mulhouse

Bernard Lejeune, LSOL, Brest

Ali Mohammad-Djafari, LSS, Gif s/ Yvette

Philippe Réfrégier, Institut Fresnel, Marseille

Anne Sentenac, Institut Fresnel, Marseille

Nicolas Treps, Laboratoire Kastler Brossel, Paris

## **Table des matières**

1. Introduction.....	3
2. Programme des journées.....	5
3. Bilan - Conclusions.....	9
4. Liste des participants.....	10
5. Résumés des présentations.....	13

# 1. Objectifs et déroulement

Le domaine de l'imagerie connaît un développement sans précédent. En effet, en raison des progrès des capteurs, des composants optiques et des moyens de calcul, de nombreuses mesures physiques, autrefois ponctuelles, deviennent imageantes. Cette nouvelle génération de systèmes d'imagerie trouve ses applications dans de nombreux domaines : télédétection, défense, contrôle industriel, astronomie, sciences du vivant, ... Ils permettent de former des images à partir de nouveaux phénomènes physiques, mais fournissent souvent des images bruitées, où l'extraction et la mise en forme de l'information sont des enjeux essentiels.

**Le domaine de l'imagerie optique « non conventionnelle » se situe donc au carrefour de plusieurs disciplines : la physique, la conception de systèmes et le traitement des images. L'objectif de ces journées est de réunir les chercheurs et les ingénieurs de ces différents domaines dans le but de concevoir des systèmes d'imagerie innovants et d'évaluer leurs applications potentielles.** Elles font suite aux journées sur le même thème organisées en 2009.

Cette année, nous avons accueilli deux présentations invitées :

- « Imagerie par échantillonnage compressif: quelques promesses applicatives », Pierre Vanderghenst, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- « L' OCT et l'exploration des tissus biologiques : cohérence spatiale, distorsion du front d'onde et optique adaptative », Claude Boccara, ESPCI, Paris.

Ces journées étaient communes aux GDR ISIS et Ondes. Elles étaient organisées dans le cadre du groupe thématique commun aux GDR ISIS et Ondes « Extraction de l'information et physique des images ». Elles étaient parrainées par deux sociétés savantes : la Société Française d'Optique (SFO), à travers son club « Physique et imagerie optique », et le club EEA.

Un appel à communication a été lancé en novembre 2009, où on sollicitait des propositions de communications de natures théorique et applicative provenant des milieux universitaires et industriels, sur les thèmes suivants (liste non exhaustive) :

- Télédétection : imagerie thermique, terahertz, hyperspectrale, polarimétrique, radar, holographique, interférométrique, haute résolution
- Imagerie biomédicale : microscopie, OCT, imagerie multi-photonique, imagerie dans les milieux diffusants
- Méthodes de traitement des images issues de ces différents capteurs
- Problèmes inverses appliqués à l'imagerie : l'art de combler le manque d'information dans les observations par une information a priori pour construire une image de la quantité non observable souhaitée.
- Applications de ces systèmes d'imagerie : télédétection, contrôle industriel, défense, astronomie, sciences du vivant, ...

La réunion s'est déroulée sur deux jours, à l'Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESPCI). Elle a donné lieu à 2 exposés invités, 26 contributions orales et rassemblé 101 participants.

## 2. Programme des journées

### Lundi 22 mars

#### **10H00-10H40 – CONFERENCE INVITEE**

« **Imagerie par échantillonnage compressif: quelques promesses applicatives** »

Pierre Vanderheyne, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

#### **10H40-12H10 – PERFORMANCE DES SYSTEMES D'IMAGERIE**

*Modérateur : Philippe Réfrégier*

« **Résolution en holographie numérique en ligne** »

Corinne Fournier<sup>(1)</sup>, Loïc Denis<sup>(2)</sup>, Thierry Fournel<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratoire Hubert Curien, Univ. Jean Monnet, St Etienne.

<sup>(2)</sup> Centre de Recherche Astronomique de Lyon, St Genis Laval.

« **Modèle de performance statistique pour la super-résolution (SR) : application à l'observation aérienne à visée latérale** »

F. Champagnat\*, P. Cornic\*, G. Le Besnerais\*, C. Kulcsar\*\*

\* ONERA/DTIM

\*\* Institut Galilée, Univ. Paris 13

« **Théorie quantique de la super-résolution pour l'imagerie partiellement cohérente** »

Mikhail Kolobov

Lab. PhLAM, Univ. Lille 1.

« **Optimisation d'un système d'imagerie hybride avec masque de phase et déconvolution en présence de bruit** »

Frédéric Diaz<sup>(1,2)</sup>, François Goudail<sup>(2)</sup>, Brigitte Loiseaux<sup>(1)</sup>, Jean-Pierre Huignard<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Thales Research and Technology, Palaiseau.

<sup>(2)</sup> Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique, Palaiseau.

#### **12h10-14h00 : REPAS**

#### **14H00-15H10 – TRAITEMENT D'IMAGES**

*Modérateur : Vincent Devlaminck*

« **Détection de cible ponctuelle sur des images infrarouges en présence de dégradés de niveaux de gris** »

Emilie Vasquez<sup>(1)</sup>, Frédéric Galland<sup>(1)</sup>, Guillaume Delyon<sup>(2)</sup>, Philippe Réfrégier<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Institut Fresnel, Marseille.

<sup>(2)</sup> Thales Optronique SA, Elancourt.

« **Neighborhoodwise multiscale decision fusion and false alarms probabilities for redundancy detection in image pairs un TIRF microscopy** »

C. Kervrann<sup>(1,2)</sup>, A. Chessel<sup>(3,4)</sup>, B. Cinquin<sup>(4,5)</sup>, S. Bardin<sup>(4)</sup>, J. Boulanger<sup>(3,6)</sup>, J. Salamero<sup>(3,4)</sup>

<sup>(1)</sup> INRIA, Centre Rennes-Bretagne Atlantique.

<sup>(2)</sup> INRA, UR34 Mathématiques et informatique appliquées, Jouy-en-Josas

<sup>(3)</sup> Cell and tissue imaging facility, IBISA Institut Curie, Paris

<sup>(4)</sup> UMR 144 CNRS, Institut Curie, Paris

<sup>(5)</sup> Soleil Synchrotron, Gif-sur-Yvette

<sup>(6)</sup> RICAM, Linz (Autriche)

**« Holographie numérique de particules : amélioration de l'algorithme de traitement par optimisation »**

J. Gire, C. Ducottet

Laboratoire Hubert Curien, Univ. Jean Monnet, St Etienne.

**15H10-16H20 – NOUVEAUX MODES D'IMAGERIE**

*Modérateur : Christophe Ducottet*

**« Imagerie thermique pour les sciences du végétal : applications à la détection précoce de pathogènes à la surface des feuilles »**

David Rousseau <sup>(1)</sup>, Tristan Boureau<sup>(2)</sup>, Marie-Agnès Jacques<sup>(2)</sup>, Etienne Belin<sup>(2)</sup>, Valérie Grimault<sup>(3)</sup>, Claire Champion<sup>(2)</sup>, Valérie Caffier<sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Lab. des systèmes d'ingénierie automatisée (LISA), Univ. d'Angers.

<sup>(2)</sup> INRA Angers, Beaucouzé.

<sup>(3)</sup> SNES-GEVES, Beaucouzé.

**« Imagerie terahertz temps réel de petits objets »**

Fabien Destic, Yoann Petitjean, Jean-Pascal Caumes, Jean-Claude Mollier

\* Lab. OLIMPES, Univ. de Toulouse.

\*\* ONERA, Toulouse.

\*\*\* ALPhANOV, Centre technologique optique et lasers, Talence.

**« Polarimètre imageant rapide utilisant un unique modulateur à cristaux liquides ferroélectriques »**

Luc Gendre, Alban Foulonneau, Laurent Bigué

Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs Sud Alsace, Univ. de Haute-Alsace, Mulhouse.

**16h20-16h50 : PAUSE**

**16H50-17H30 – NOUVEAUX MODES D'IMAGERIE (SUITE)**

**« Distance géodésique sur l'espace des matrices de cohérence non singulières en optique de polarisation ».**

V. Devlaminck, P. Terrier

LAGIS FRE 3303, Université Lille 1, Sciences et Technologies

**« Une structure multicouche pour l'imagerie colorée et l'imagerie spectrale »**

P. Parrein, N. Moussy, B. Giffard, L. Poupinet, P. Gidon.

CEA-LETI, MINATEC, Grenoble.

**17H30-18H20– IMAGERIE 3D**

*Modérateur : Laurent Bigué*

**«Triangulation par stéréovision basée sur l'exploitation des images de fluorescence d'une surface transparente »**

Rindra Rantson, Christophe Stolz, David Fofi, Fabrice Mériaudeau.

Lab. Le2i, Le Creusot.

**« La microscopie 4D en interférométrie optique associant caméra rapide et traitement en logique câblée FPGA »**

P.-C. Montgomery, F. Anstotz, J. Montagna

Institut d'électronique du solide et des systèmes (INESS), Strasbourg.

## **Mardi 23 mars**

### **9H-9H40 – CONFERENCE INVITEE**

**« L' OCT et l'exploration des tissus biologiques : cohérence spatiale, distorsion du front d'onde et optique adaptative »**

Claude Boccara, ESPCI, Paris.

### **9H40-10H30 – IMAGERIE EN MILIEU DIFFUSANT**

*Modérateur : Olivier Haeberlé*

**« Imagerie des milieux diffusants par conjugaison de phase »**

M. Guillerm, F. Devaux, L. Froehly, L. Furfaro, E. Lantz  
Dept d'optique, Institut-FEMTO-ST, Univ. de Franche-Comté, Besançon.

**« Imagerie de speckle pour l'observation des déformations des matériaux désordonnés »**

Marion Erpelding, Axelle Amont, Jérôme Crassous  
Institut de Physique de Rennes, Univ. Rennes 1.

### **10h30-11h : PAUSE**

### **11H-11H40 – IMAGERIE EN MILIEU DIFFUSANT (SUITE)**

**« Prédiction électromagnétique des effets de dépolarisation dans le speckle de l'onde monochromatique diffusée »**

M. Zerrad, J. Sorrentini, G. Soriano, H. Tortel, C. Amra  
Institut Fresnel, Marseille

**« Modèle analytique pour le calcul de la luminance rétrodiffusée en présence de brouillard »**

Etienne Belin\*, Frédéric Taillade\*\*, Eric Dumont\*\*,  
\* INRA  
\*\* LCPC.

### **11H40-12H20 – MICROSCOPIE**

*Modérateur : Mehdi Alouini*

**« Etude du suivi optique de l'activation cérébrale chez le Diamant Mandarin par microscopie non linéaire »**

Darine Abi Haidar<sup>1,2</sup>, Thomas Olivier<sup>1</sup>, Florent Pigeon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Hubert Curien (UMR CNRS 5516), Université Jean Monnet de Saint Etienne, 18 rue Benoit Lauras, 42000 Saint Etienne.

<sup>2</sup>Laboratoire Acide Nucléiques et Biophotonique (ANBioPhy-CNRS FRE 3207), Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, GENOPOLE Campus 1, 5, rue Henry Desbrùères, 91030, EVRY

**« Microscopie non-linéaire multimodale THG-SHG-2PEF : mécanismes de contraste et applications biologiques »**

Emmanuel Beaurepaire<sup>(1)</sup>, Nicolas Olivier<sup>(1)</sup>, Pierre Mahou<sup>(1)</sup>, Florent Aptel<sup>(2)</sup>, Karsten Plamann<sup>(2)</sup>, Marie-Claire Schanne-Klein<sup>(1)</sup>, Delphine Débarre<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Lab. Optique et biosciences, Ecole Polytechnique, Palaiseau.

<sup>(2)</sup> ENSTA, Lab. d'optique appliquée, Palaiseau.

### **12h20-14h20 : REPAS**

## 14H20-15H10 – PROBLÈMES INVERSES

*Modératrice : Anne Sentenac*

### « Approche bayésienne de l'inversion en imagerie micro-ondes 3D »

H. Ayasso, B. Duchêne, A. Mohammad-Djafari, Supelec, Gif sur Yvette.

### « Tomographie optique diffusive de fluorescence : résolution du problème direct par la méthode des volumes finis et influence sur le problème inverse »

Ludovic Lecordier<sup>(1,2)</sup>, Lionel Hervé<sup>(1)</sup>, Jean-Marc Dinten<sup>(1)</sup>, Françoise Peyrin<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> CEA-LETI, MINATEC, Grenoble.

<sup>(2)</sup> CREATIS, INSERM/CNRS/INSA Lyon/Univ. Lyon, Villeurbanne.

### « Séparation de spectres et amélioration de la FDOT en imagerie optique de fluorescence in vivo par factorisation en matrices non-négatives »

A.-S. Montcuquet<sup>(1,2)</sup>, L. Hervé<sup>(1)</sup>, F. Navarro<sup>(1)</sup>, J.-M. Dinten<sup>(1)</sup>, J.-I. Mars<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> CEA-LETI, MINATEC, Grenoble.

<sup>(2)</sup> GIPSA-Lab., Grenoble.

## 15H10-16H20 – TOMOGRAPHIE

*Modérateur : Arnaud Dubois*

### « Tomographie optique basée sur la déflectométrie de Schlieren à décalage de phase »

E. Fomouo, J.-L. Dewandel, L. Joannes, D. Beghuin, Ph. Antoine, Univ. Catholique de Louvain, Belgique.

### « Tomographie optique par diffraction assistée par miroir »

Emeric Mudry, Patrick Chaumet, Kamal Belkebir, Guillaume Maire, Anne Sentenac.

Institut Fresnel, Marseille.

### « Microscopie tomographique diffractive à haute résolution en réflexion »

M. Sarmis<sup>(1)</sup>, B. Simon<sup>(1)</sup>, M. Debailleul<sup>(1)</sup>, B. Colicchio<sup>(1)</sup>, V. Georges<sup>(1)</sup>, J.-J. Delaunay<sup>(2)</sup>, O. Haeberlé<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> IUT de Mulhouse.

<sup>(2)</sup> Dept Mechanical Engineering, School of engineering, Univ. Tôkyô (Japon).



# 3. Bilan - Conclusions

Cette année, les participants provenaient :

- des laboratoires universitaires et du CNRS
- des grands organismes (CEA, DGA, ONERA, INRA, Institut Pasteur)
- des entreprises (Thales, Sagem)

Les points marquants nous semblent être les suivants :

- Les présentations ont été d'une grande qualité. Les intervenants ont, comme l'année dernière, parfaitement joué le jeu d'une réunion à l'interface entre différents domaines, et ont fait des efforts didactiques pour expliquer leurs activités à des non-spécialistes. Les questions et les discussions qui ont suivi les exposés ont été particulièrement intéressantes et animées.
- Les deux conférences invitées ont bien illustré les principaux axes de développement actuels de l'imagerie. La première portait sur l'échantillonnage compressif, c'est-à-dire la manière concevoir un système d'imagerie en prenant en compte dès la phase de conception la manière dont seront traitées les images pour en extraire l'information pertinente. Les sessions de la première journée ont illustré cette approche par des travaux théoriques, algorithmiques et applicatifs.
- La deuxième conférence invitée portait sur l'imagerie en milieux diffusants. C'est aujourd'hui un axe majeur de développement pour l'imagerie, en raison bien entendu des applications à la biologie, mais aussi du fait que ces applications suscitent de nouvelles questions théoriques, ou plutôt les posent avec une acuité nouvelle, suscitant souvent l'effort nécessaire pour faire sauter des verrous théoriques. Les présentations de la seconde journée, qui traitaient de la conjugaison de phase, de l'exploitation du speckle polarisé ou non, des phénomènes non linéaires, ont permis de l'illustrer de différentes manières.
- Cette année encore, beaucoup de présentations ont porté de manière principale ou accessoire sur les problèmes inverses. Au fil des présentations, il est apparu clairement que de plus en plus de systèmes d'imagerie optique font appel à la résolution de problèmes inverses, pour la reconstruction d'images bien entendu (diffraction, tomographie), mais aussi pour la restauration, l'estimation de paramètres en microscopie, spectro-imagerie, imagerie quantique, holographie numérique ... Il existe donc de nombreuses opportunités, et un fort besoin de collaboration entre spécialistes du traitement du signal et de l'image et concepteurs de systèmes d'imagerie.
- En conclusion, ces journées ont donné un bon panorama d'une tendance lourde en imagerie, qui pourrait se résumer ainsi : **aujourd'hui, un imageur n'est plus simplement un instrument mais un système complet.** Le développement d'une technique d'imagerie fait intervenir de manière imbriquée et simultanée l'instrumentation, qui permet d'acquérir le signal, le traitement du signal, qui permet d'extraire l'information utile du signal mesuré et la physique qui permet d'interpréter les mesures et d'en suggérer de nouvelles. L'objectif de ces journées, qui est précisément de rassembler et faire dialoguer ces différentes communautés a donc été pleinement atteint.

## 4. Liste des participants

Darine	ABIHAIDAR	Lab. ANBioPhy Paris 6
Ayman	ALFALOU	ISEN Brest
Mehdi	ALOUINI	Univ Rennes 1 - Thales
Philippe	ANTOINE	PAMO, UCL, Belgique
Olivier	AUBRETON	Le2i - Univ. de Bourgogne
Hacheme	AYASSO	L2S, Supelec.
Alban	BAJARD	Le2i - Univ. de Bourgogne
Etienne	BELIN	INRA
Laurent	BIGUE	MIPS - Univ Haute Alsace
Leonardo	BLANCO	ONERA-LESIA
Claude	BOCCARA	ESPCI
Sébastien	BOURGUIGNON	Cassiopé/OCA
Yannick	BOURSIER	CPPM
Michel	BROEKAERT	Sagem, Argenteuil
Igor	CARRON	
Jean-Pascal	CAUMES	ALPHANOV
Frédéric	CHAMPAGNAT	ONERA/DTIM
Jean-Marie	CHASSOT	Inst Langevin - ESPCI
Nouridine	CHATEUR	Centrale Marseille
Pierre	CHAVEL	Institut d'Optique
Kevin	CONTRERAS	Institut d'Optique
Philippe	CORNIC	ONERA/DTIM
Jérôme	CRASSOUS	IPR Rennes
Laurent	DAUDET	Inst Langevin - ESPCI
Daniel	DAUGERON	LPCE, Orléans
Frédérique	DE FORNEL	CNRS/OB
Vincent	DEVLAMINCK	LAGIS Lille
Frédéric	DIAZ	Thales TRT
Arnaud	DUBOIS	Institut d'Optique
Bernard	DUCHENE	LSS - CNRS / Supelec
Christophe	DUCOTTET	Lab. Hubert Curien, St Etienne
Bruno	EMICA	ONERA
Julien	FADE	ONERA/DOTA
Alban	FOULONNEAU	MIPS - Univ Haute Alsace
Emmanuel	FOUMOOU	PAMO, UCL, Belgique
Corinne	FOURNIER	LaHC St Etienne
Raphaël	GARCIA	Lab. Dynamique Terrestre et Planétaire
Luc	GENDRE	MIPS - Univ Haute Alsace

Laure	GENIN	ONERA/DTIM
Itebeddine	GHORBEL	Telecom Paris
Hervé	GILLES	CIMAP
Sylvain	GIRARD	CIMAP
Jules	GIRARD	Institut Fresnel
Jérôme	GIRE	Labo. Hubert Curien - St Etienne
François	GOUDAIL	Institut Fresnel
Michel	GROSS	LKB - ENS Paris
Mischa	GUILLERM	LOPMD - Univ Franche Comté
Jonathan	GUINET	ASV
Olivier	HAEBERLE	MIPS - Univ Haute Alsace
Bicher	HAJ IBRAHIM	LPICM - Ecole Polytechnique
Olivier	HUGON	LSP - UJF Grenoble
Jean-Pierre	HUIGNARD	
Catherine	HUN	Thales Angénieux
Olivier	JACQUIN	LSP - UJF Grenoble
Lionel	JACUBOWIEZ	Institut d'Optique
Fadwa	JOUD	LKB - ENS Paris
Charles	KERVANN	INRIA Rennes
Caroline	KULCSAR	L2ti, Univ. Paris 13
Julien	LABAUNE	ILE CZRMF
Eric	LACOT	LSP - UJF Grenoble
Eric	LANTZ	LOPMD - Univ Franche Comté
Christian	LARAT	Thales TRT
Mathieu	LAROCHE	CIMAP
Anne	LATRIVE	Inst Langevin - ESPCI
Guy	LE BESNERAIS	ONERA
Ludovic	LECORDIER	CEA Grenoble
Brigitte	LOISEAUX	Thales TRT
Pierre	MARCONNET	MIPS - Univ Haute Alsace
Vannary	MEAS-YEDID	Institut Pasteur
Fabrice	MERIAUDEAU	Le2i - Univ. de Bourgogne
Jean	MINET	Institut d'Optique
Anne-Sophie	MONTCUQUET	CEA Grenoble
Paul	MONTGOMERY	InESS, Strasbourg
Julien	MOREAU	Institut d'Optique
Emeric	MUDRY	Institut Fresnel
Laurent	MUGNIER	ONERA/DOTA
Tatiana	NOVIKOVA	LPICM - Ecole Polytechnique
Danielle	NUZILLARD	CRéSTIC Reims
Xavier	ORLIK	ONERA Toulouse
Praveen	PANKAJAKSHAN	Institut Pasteur
Pascale	PARREIN	CEA
Yoann	PETITJEAN	ISAE Toulouse

Artyom	PETROSYAN	Lab. Phys. ENS Lyon
Alexander	PODZOROV	LOB - Ecole Polytechnique
Nicolas	QUINQUIS	Sagem DS
Rindra	RANTOSON	Le2i - Univ. de Bourgogne
Philippe	REFREGIER	Institut Fresnel
Michelle	ROTH	Inst Langevin - ESPCI
David	ROUSSEAU	Univ. Angers
Amine	SALHI	PAMO, UCL, Belgique
Noah	SCHWARTZ	LESIA
Anne	SENTENAC	Institut Fresnel
Bertrand	SIMON	MIPS - Univ Haute Alsace
Christophe	STOLZ	Le2i - Univ. de Bourgogne
Jean	TABOURY	Institut d'Optique
Frédéric	TAILLADE	LCPC
Pauline	TROUVE	ONERA
Debajyoti	UPADHYAY	ONERA
Emilie	VASQUEZ	Institut Fresnel
Christine	VEVER-BIZET	CNRS Paris 6
Myriam	ZERRAD	Institut Fresnel

## **5. Résumés des présentations**

Dans les pages qui suivent, on a rassemblé les résumés des 26 contributions à ces journées.

Elles sont classées par ordre alphabétique selon le nom du premier auteur.