



## **GdR 720 ISIS du CNRS**

*Information, Signal, Image, viSion*

**Rapport d'activité**

**janvier 2013 - décembre 2017**

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
1.1	Organisation et Outils . . . . .	1
1.2	Fonctionnement . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Bilan général</b>	<b>6</b>
2.1	Le GdR ISIS a 30 ans . . . . .	6
2.2	La communauté aujourd'hui . . . . .	8
2.3	Quelques éléments mis en place durant le mandat . . . . .	9
2.4	Les journées d'animation scientifique . . . . .	10
2.5	Club des partenaires . . . . .	11
2.6	Formation, Action doctorants . . . . .	12
2.7	Les appels à projets . . . . .	14
2.7.1	Appels à projets jeunes chercheurs 2013 . . . . .	14
2.7.2	Appels à projets jeunes chercheurs, interdisciplinaires et industriels 2014 . . . . .	14
2.7.3	Appels à projets jeunes chercheurs, interdisciplinaires et industriels 2016 . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Thème A : Signal-Image</b>	<b>15</b>
3.1	Présentation générale du thème A . . . . .	15
	Axes de recherche du thème A . . . . .	15
	Modélisation, représentation, identification. . . . .	16
	Détection, classification, décision, estimation. . . . .	16
	Reconstruction, restauration, débruitage. . . . .	16
	Traitements adaptatifs, en ligne, distribués. . . . .	16
3.1.1	Actions spécifiques du thème A . . . . .	18
3.2	Activités de janvier 2013 à décembre 2017 . . . . .	27
3.2.1	Journées thématiques du thème A (hors Actions) . . . . .	27
3.2.2	Journées Transversales inter-thèmes . . . . .	32
3.2.3	Journées Inter GdR . . . . .	35
<b>4</b>	<b>Thème B : Image et Vision</b>	<b>40</b>
4.1	Axe 1 : physique, capteurs, traitements . . . . .	40
4.2	Axe 2 : vision, géométrie 3D, mouvement . . . . .	41
4.3	Axe 3 : systèmes de vision, perception et connaissance . . . . .	42
4.4	Axe 4 : recherche d'informations et masses de données image et vidéo . . . . .	43
4.5	Activités de janvier 2013 à décembre 2017 . . . . .	43
4.5.1	Thème B, axe 1 . . . . .	43
4.5.2	Thème B, axe 2 . . . . .	47
4.5.3	Thème B, axe 3 . . . . .	50
4.5.4	Thème B, axe 4 . . . . .	54
<b>5</b>	<b>Thème C : AAA pour le TDSI</b>	<b>62</b>
5.1	Présentation générale du thème C . . . . .	62
5.2	Activités de janvier 2013 à décembre 2017 . . . . .	62
	Conférence DASIP . . . . .	69
<b>6</b>	<b>Thème D : télécoms</b>	<b>70</b>

6.1	Axe 1 : compression et protection . . . . .	70
6.2	Axe 2 : information et communication : de la théorie à l'ingénierie . . . . .	71
6.3	Activités de janvier 2013 à décembre 2017 . . . . .	73
6.3.1	Journées thématiques du thème D . . . . .	73
6.3.2	Journées Transversales inter thèmes . . . . .	84
6.3.3	Journées Inter GdR . . . . .	85
<b>A</b>	<b>Les Actions et les journées d'animation</b>	<b>89</b>
<b>B</b>	<b>Liste des projets jeunes chercheurs 2013</b>	<b>93</b>
<b>C</b>	<b>Liste des projets jeunes chercheurs, interdisciplinaires et industriels 2014</b>	<b>95</b>
<b>D</b>	<b>Liste des projets jeunes chercheurs, interdisciplinaires et industriels 2016</b>	<b>100</b>
<b>E</b>	<b>Liste des aides à la mobilité des doctorants</b>	<b>105</b>
<b>F</b>	<b>Programme de l'assemblée générale 2015</b>	<b>107</b>
<b>G</b>	<b>Programme de l'assemblée générale 2017</b>	<b>112</b>

## 1 Introduction

Ce document fait le bilan de l'ensemble des activités du GdR ISIS pour la période janvier 2013 à décembre 2017. C'est un rapport de fin de mandat, le GdR ISIS ayant été renouvelé par l'Institut des Sciences de l'Information et de leurs Interactions (INS2I) du CNRS au 1er janvier 2014 pour une durée de 4 ans initialement puis passée à 5 ans en cours de mandat. Ce rapport a été présenté à la communauté lors des assemblées générales du GdR ISIS qui ont eu lieu du 30 mars au 1er avril 2015 au domaine Lyon-Saint-Joseph pour la période 2013-2014 puis du 14 au 16 novembre 2017 au centre Lazaret de Sète pour la période 2015-2017. Les programmes de ces deux AG se trouvent respectivement en annexe F et G. Ce présent rapport inclut l'ensemble de l'activité sur toute la période 2013-2017. Il n'y a aucun éléments de prospectives dans ce rapport. Ceux-ci sont inclus dans un autre document contenant la demande de renouvellement et qui accompagne ce rapport.

### 1.1 Organisation et Outils

Le GdR ISIS est une structure du CNRS (GdR 720 de l'INS2I) dont le but est d'animer et structurer la communauté scientifique en traitement du signal, des images et de la vision. Avec le développement du numérique dans de nombreuses disciplines scientifiques et activités économiques, ce domaine est à l'interface de nombreuses disciplines théoriques et de nombreuses applications. Le spectre d'ISIS est large, une structure par domaines scientifiques est nécessaire pour le fonctionnement. **4 thèmes** structurent l'activité du GdR ISIS :

- Thème A : Méthodes et modèles en traitement du signal et de l'image
- Thème B : Image et Vision
- Thème C : Adéquation Algorithme Architecture en traitement du signal et des images
- Thème D : Télécommunications : compression, protection, transmission

La description de chacun de ces thèmes, leurs responsables scientifiques, et les activités durant la période 2013-2017 se trouvent dans les sections suivantes de ce rapport. Nous rappelons d'abord ci-dessous les composantes de la structure d'animation et les outils utilisés par le GdR ISIS.

- **les journées d'animation scientifique**

C'est l'élément de base de l'animation du GdR ISIS. Les journées d'animation scientifiques sont organisées autour des thématiques définies par les thèmes : elles peuvent émaner de propositions spontanées de membres du GdR ISIS, ou sont proposées par les responsables de thèmes. Des organisateurs sont identifiés. Le format préconisé comporte un ou deux exposés tutoriels effectués par les spécialistes du domaine. Nous essayons par exemple d'inviter des spécialistes internationaux lorsqu'ils séjournent en France ou en Europe. Ces conférences tutorielles permettent à la fois d'avoir une vue d'ensemble des travaux sur une thématique d'actualité et de garantir un niveau scientifique élevé des journées. Les autres exposés sont faits sur appel afin que tous les acteurs dans la thématique puissent exposer leur travaux. Les exposés des doctorants sont encouragés. Nous essayons d'associer un partenaire industriel à l'organisation de chacune des journées afin de favoriser les échanges entre les acteurs académiques et industriels.

- **les Actions**

Certains sujets identifiés lors des assemblées générales comme ayant une forte activité au niveau international ou une activité qui monte en puissance et pour lesquels la communauté ISIS a un potentiel de travail et de création, sont structurés en **Actions**. Une Action est une thématique scientifique ciblée, mise à plat et rediscutée à chaque assemblée générale biennale, sur laquelle nous nous accordons pour faire de l'animation pendant les deux années à venir, sous forme d'organisation de journées scientifiques mais pas seulement : une Action peut aussi être le lieu d'écriture d'un livre, d'un article de synthèse, d'un numéro spécial dans une revue, ou encore le lieu de fédération de plusieurs équipes françaises pour répondre à un challenge international (comme par exemple l'Action IRIM, voir paragraphe 4.5.4). Des porteurs d'Actions sont identifiés à la création de l'Action.

- **l'Assemblée Générale**

Elle a lieu tous les deux ans (ou deux ans et demi), lors du renouvellement du GdR et à mi-parcours. Elle réunit sur 3 jours une centaine de membres et intervenants extérieurs. Elle est le lieu de définition des thèmes qui fédèrent le GdR ISIS et des Actions qui structurent l'animation. Elle permet d'accorder de manière participative la communauté sur les prospectives et la feuille de route du GdR ISIS pour les deux années suivantes. Elle valide aussi, lors du renouvellement du GdR, le projet de direction et de comité de direction.

- **le réseau des doctorants**

Les actions envers les doctorants prennent plusieurs formes. Tout d'abord, toute journée d'animation scientifique fait l'objet d'un appel à participation permettant ainsi à tout doctorant travaillant sur le sujet de la journée d'avoir la possibilité de venir présenter ses travaux et participer aux discussions. Pour chacune des journées, le GdR ISIS finance le déplacement à un doctorant et un permanent par laboratoire membre du GdR ISIS pour une participation en tant qu'auditeur, en plus des déplacements des orateurs. Par ailleurs le GdR ISIS propose l'aide au financement d'un doctorant à la mobilité pour un séjour hors de son laboratoire d'accueil, en France ou à l'étranger. Le GdR ISIS en collaboration avec le GRETSI organise l'école d'été de Peyresq en traitement du Signal et des Images. Cette école a pour vocation de réunir pendant une semaine plus d'une quarantaine de participants, parmi lesquels une majorité de doctorants et de jeunes chercheurs des laboratoires français pour lesquels des tarifs préférentiels sont proposés. Le GdR ISIS s'associe à la section Signal Image du club EEA et à l'association GRETSI pour décerner annuellement un prix de thèse. Les lauréats sont invités au congrès annuel du club EEA pour la remise de leur prix et sont invités au colloque GretsI pour présenter leur travaux. Enfin nous avons mis en place une journée "Carrières en Signal, Image & Vision" à destination des doctorants dont nous poursuivons l'organisation de manière biennale (voir plus loin la description des deux premières éditions). Le bilan des activités du réseaux des doctorants se trouve au paragraphe 2.6.

- **le club des partenaires**

Le club des partenaires du GdR ISIS rassemble les acteurs industriels et les grands organismes publics ne relevant pas du CNRS, désireux de participer à l'animation de la communauté Traitement Signal et Image française. Lancé peu après la création du GdR, il vise essentiellement à permettre une meilleure connaissance mutuelle entre les milieux académique et industriel, et à dynamiser les relations, les échanges, les

osmoses et les transferts entre recherche institutionnelle et utilisateurs industriels. Son succès et sa pérennité en ont fait un modèle pour de nouveaux GdRs. Le budget apporté par les partenaires du club représente aujourd'hui entre 2/3 et la moitié du budget du GdR ISIS et constitue donc une contribution indispensable sans laquelle le GdR ISIS ne pourrait réaliser les missions d'animation à leur niveau actuel. Le très large réseau du GdR ISIS, demeure pour les partenaires le moyen privilégié pour contacter l'ensemble de la communauté dans le cadre de propositions de postes, de thèses, recherches de partenaires, annonces de manifestation, ... Les partenaires ont un accès privilégié à la liste de diffusion du GdR ISIS. Les partenaires sont régulièrement impliqués dans l'organisation ou l'animation des journées thématiques sur l'ensemble des axes et actions du GdR ISIS. Ces implications permettent une meilleure connaissance mutuelle, un partage des problématiques et des débats riches sur les solutions potentielles. Ces relations peuvent être poursuivies par des contacts ou collaborations directes entre laboratoires et industriels du club. Le club des partenaires actuel est décrit au paragraphe 2.5.

- **les projets jeunes chercheurs, interdisciplinaires, industriels**

Certaines années, quand le budget le permet, le GdR ISIS lance un appel à projets. Il s'agit de petits projets avec des financements de l'ordre de 7000 euros sur deux ans, qui sont dirigés prioritairement vers les jeunes chercheurs, afin de leur donner un peu d'autonomie. Le but est de soutenir des actions originales de recherche menées par de jeunes chercheurs (moins de 35 ans) dans les domaines de l'information, du signal, des images et de la vision. Le soutien est destiné à des travaux de recherche coopérative menés par de jeunes chercheurs appartenant à au moins deux laboratoires distincts du GdR ISIS. La présence de doctorants dans ces projets est fortement encouragée. Afin d'élargir l'appel nous avons proposé en 2014 puis en 2016 deux appels à projet ouverts non seulement aux jeunes chercheurs (voir ci-dessus), mais aussi pour encourager des travaux interdisciplinaires, ou incluant un industriel (voir le paragraphe 2.7).

## 1.2 Fonctionnement

Le fonctionnement du GdR ISIS est assuré par la direction (un-e directeur-riche, un-e ou des directeurs-riche-s adjoint-e-s et un comité de direction. Le-a directeur-riche et le-a directeur-riche adjoint-e portent le projet du GdR ISIS et en assurent la responsabilité administrative et scientifique auprès du CNRS. Toutes les questions, scientifiques ou non, sont discutées en comité de direction.

### **Le comité de direction**

Le comité de direction est composé de la direction du GdR ISIS, des responsables de thème, des responsables de l'action pour les doctorants, du-de la président-e du club des partenaires industriels, d'un-e responsable de l'action inter GdR, de la personne en charge du site web du GdR ISIS, de celle en charge de la gestion administrative et budgétaire. Depuis 2013, la composition du comité de direction a été la suivante :

- Directrice : Laure Blanc-Féraud (DR CNRS I3S UMR 7271)
- Directeur adjoint : Walid Hachem (DR CNRS LIGM UMR 8049)
- Directeur-riche-s scientifiques adjoint.e.s, responsables des thèmes scientifiques :

- Thème A : Méthodes et modèles en traitement du signal et de l'image  
**DSA** : Cédric Richard (PR 61 Lagrange UMR 7293), Pierre Borgnat (CR CNRS laboratoire de Physique de l'ENS de Lyon UMR CNRS 5672), Jean-François Giovannelli (PR 61 IMS UMR 5218)
  - Thème B : Image et Vision  
**DSA** : François Goudail (PR 63 Institut d'optique UMR 8501), Frédéric Dervernay (CR INRIA LIG UMR 5217) (2013-2014), Cédric Demonceaux (PR Le2i FRE CNRS 2005) (2014-), Ludovic Macaire (PR 61 CRISAL UMR CNRS 9189), Jenny Benois Pineau (PR 27 LABRI UMR 5800) (2013-2014), Su Raun (PR LITIS EA 4108) (2015-)
  - Thème C : Adéquation Algorithmes Architecture pour le TDSI  
**DSA** : Guy Gogniat (PR 61 Lab-STICC UMR 6285) (2013-2014), Christophe Jego (PR 63 IMS UMR 5218), Jean-François Nezan (PR 61 IETR UMR 6164) (2015-)
  - Thème D : Télécommunications : compression, protection, transmission  
**DSA** : Marc Antonini (DR CNRS I3S UMR 7271), William Puech (PR 27 LIRMM UMR 5506), Mérouane Debbah (PR SUPELEC) (2013-2014), Veronica Belmega (MCF 61 ETIS UMR 8051), Mari Kobayashi (MCF SUPELEC) (2015-).
- Président du club des partenaires : Daniel Duclos (R&T SAFRAN, Magny les Haimeaux )
  - Réseaux de doctorants : Cédric Févotte (DR CNRS IRIT UMR 5505), Nicolas Dobi-geon (MCF 61 IRIT UMR 5505)
  - Inter GdR, ouverture internationale et communication : Jocelyn Chanussot (PR 61 Gipsa-Lab UMR 5216) (2013-2014), Nelly Pustelink (CR CNRS, Laboratoire de Physique UMR 5672) (2015-)
  - Responsable du site web et de la base de données : Michel Jordan (IR ETIS UMR 8051)
  - Responsable administrative et gestion : Janique Regis (LTCI UMR 5141) (2013-2015), Abba Khenfri (LTCI UMR 5141) (2016), cellule de soutien aux unités Délégation Paris Villejuif (2017-)

Les responsables de thème organisent les discussions pendant l'assemblée générale, régulent les propositions d'animation, en impulsent de nouvelles.

Le comité de direction se réunit environ 4 fois par an. Il décide des réunions qui pourront être organisées dans le futur sur la base des propositions qui ont été reçues et des axes scientifiques qui ont été décidés en assemblée générale, en tenant compte du budget du GdR ISIS. De nombreuses demandes d'organisation de journées sont proposées au comité de direction du GdR ISIS. Le comité de direction est amené à faire des choix.

Le comité de direction examine les propositions des responsables des doctorants, attribue les projets financés (jeunes chercheurs, interdisciplinaires et industriels) et travaille sur un certain nombre d'actions diverses visant à améliorer le fonctionnement du GdR ISIS, la communication, la visibilité de ces actions, les relations avec ses partenaires, les actions envers les doctorants. Le GdR ISIS, à travers le comité de direction, travaille en collaboration avec l'association GRETSI à la définition des sujets de l'école d'été annuelle de Peyresq sur le traitement du signal et des images, ainsi que d'autres actions en relation avec le club

EEA par exemple, comme le prix de thèse Signal Image Vision.

À l'occasion de l'assemblée générale à mi-parcours de mars 2015, un quart des membres du comité de direction a été renouvelé et en novembre 2017, c'est la moitié du comité de direction qui a été renouvelée. Un appel à candidature a été lancé pour le renouvellement des membres du comité de direction, de même que pour définir la nouvelle direction qui sera proposée au CNRS dans la demande de renouvellement. Ces deux appels ont suscité de nombreuses candidatures et nous nous réjouissons de l'enthousiasme de la communauté pour le fonctionnement du GdR ISIS. Le choix difficile parmi des candidatures toutes de très haut niveau a été effectué en comité de direction selon des critères d'excellence, de représentativité de la thématique scientifique visée, d'équilibre géographique, d'âge et de genre. Pour la direction, le comité a été élargi par des membres de la communauté en responsabilité à l'INS2I du CNRS et du GRETSI. Les nouvelles personnes qui ont intégré le comité de direction en 2015 sont :

- *Thème B, axe 2 Image, Vision, géométrie 3D, mouvement* : Cédric Demonceaux, PR 61, LE2I FRE CNRS 2005, Dijon.
- *Thème B, axe 4 Recherche d'informations et masses de données image et vidéo* : Su Ruan, PR 61, LITIS EA 4108, Rouen.
- *Thème C Algorithme-architecture en traitement du signal et des images* : Jean-François Nezan, PR 61, IETR UMR CNRS 6164, Rennes.
- *Thème D Information et communication : de la théorie à l'ingénierie* : Mari Kobayashi, MCF SUPELEC, Gif-sur-Yvette.
- *Coordination Inter-GdR, associations, sociétés savantes, et actions à l'international et communication* : Nelly Pustelnik, CR CNRS, ENS laboratoire de Physique UMR CNRS 5672, Lyon.

Les nouvelles personnes qui intègrent le comité de direction fin 2017 sont :

- *Thème A, Méthodes et modèles en traitement du signal et de l'image* :
  - Rémy Boyer, MCF HDR L2S, UMR CNRS 8506, Gif sur Yvette.
  - François Desbouvries, PR IMT Samovar, UMR CNRS 5157, Evry.
  - Nicolas Le Bihan, CR CNRS Gipsa-Lab UMR 5216, Grenoble.
- *Thème B, Image et Vision* : Edoardo Provenzi, PR 26 IMB, UMR CNRS 5251, Bordeaux.
- *Thème D Télécommunications : compression, protection, transmission* :
  - Chaker Larabi, MCF XLIM, UMR CNRS 7252, Poitier.
  - Maxime Guillaud, Ingénieur laboratoire de mathématiques et d'algorithmique Huawei Technologies, Paris.
  - Ghaya Rekaya- Ben Othman, PR IMT LTCI, Paris.
- *Réseaux des doctorants* :
  - Barbara Nicolas, CR CNRS Créatis, UMR CNRS 5220, Lyon.
  - Audrey Giremus, MCF IMS, UMR CNRS 5218, Bordeaux.



La direction proposée au CNRS qui porte la demande de renouvellement est :

- Cédric Richard, PR 61 Laboratoire Lagrange, UMR CNRS72, directeur.
- Yannick Berthoumieu, PR 61 IMS, UMR CNRS 5218, directeur adjoint.
- Jérôme IDIER, DR CNRS LS2N, UMR 6004, directeur adjoint.

## 2 Bilan général

### 2.1 Le GdR ISIS a 30 ans

Nous commençons par un très bref rappel historique de l'évolution des thématiques et de la structure à l'occasion des 30 ans du GdR ISIS <sup>1</sup>.

La communauté Signal Image s'est d'abord structurée au sein du GRECO SARTA (Groupe de Recherche Coordonnées sur les Systèmes Adaptatifs en Robotique et Traitement du Signal et Automatique, regroupant TDSI et Automatique entre 1984 et 1988. La période du GRECO SARTA (1984-88) a marqué en particulier le début de la modélisation des signaux non stationnaires, avec l'introduction de la classification en approche adaptative pour les signaux quasi-stationnaire, l'approche évolutive pour les signaux à variations plus rapides et la notion de ruptures.

A la suite de ce GRECO sont créés en 1988 deux GdR : le GdR TDSI (Traitement du signal et image) et le GdR Automatique. L'objectif premier des GdR est d'augmenter la cohésion d'une large communauté de chercheurs CNRS et universitaires, mais également du milieu industriel. C'est ainsi que dès 1989 le club des partenaires du GdR TDSI est créé. Deux ans plus tard le club comprend une vingtaine de partenaires. En 1988, les axes en développement concernaient particulièrement les aspects temps-fréquence et les ondelettes, les ordres supérieurs, et l'introduction des modèles mathématiques en traitement d'image comme les champs de Markov et les équations aux dérivées partielles (EDP). Dès 1993, le GdR ISIS a affiché dans sa structure un axe « Compression et communications » sans distinction spécifique entre signal et image, avec la volonté de promouvoir dans la communauté académique française, l'intérêt pour le domaine des communications. L'activité en télécommunication n'a cessé de croître avec la démocratisation des téléphones mobiles dans les années 2000.

Par la suite, le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche (MESR) va soutenir les sciences de l'information, reconnaissant l'impact économique, culturel et social de ce secteur. Il accordera un certain nombre de PRC (Programme Coordonné de Recherche), ce qui consiste à apporter un soutien financier sous la forme de projets à une communauté reconnue. Le GdR TDSI se saisit de cet outil, obtient le label PRC en mars 95 et renouvelle la structure GdR du CNRS en proposant en 96 le GdR-PRC ISIS pour **Information Signal ImageS**, accepté et financé conjointement par le CNRS et le MESR. Les idées nouvelles à impulser sont alors : perception et traitements adaptés ; mouvement et déformation 2D et 3D ; véhicule intelligent et fusion ; contrôle adaptatif de capteurs et décision distribuée. Il est aussi préconisé de dialoguer avec les autres GdR - PRC par la mise en place d'actions communes avec : Automatique ; IA et CHM (Intelligence Artificielle et Communication Homme-Machine) ; AMI (Algorithmique, Modèles, Infographie) ; ANM (Architectures nouvelles de Machines) ; Sûreté de fonctionnement ; Fusion ; Modèles géométriques.

1. Plus de détails peuvent être trouvés sur la page 50 ans du GRETSI : <http://gretsi.fr/colloque2017/2017/09/50ans/>

Le GdR ISIS est alors un GdR important, en nombre de participants et thématiquement au sein du département SPI du CNRS. En conséquence, lorsque le SPI restructure ses GdR en 1998, il retient ISIS comme l'un des 5 GdR centraux de la section 07 du comité national, avec les GdRs Automatique ; Base de données, base de connaissances (IA et CHM) ; Algorithmique, langages et programmation (ALP) ; Architecture, réseaux, systèmes (ARS).

C'est à cette même époque, en 98 que le rapprochement avec la communauté Vision a lieu, concrétisant d'une part l'effort préalable effectué avec le GdR-PRC CHM au travers de l'action Indexation, et d'autre part la volonté de faire apparaître une entité structurée autour de la Vision 3D. Ainsi, la communauté Vision, qui constituait un pôle du GdR-PRC CHM, s'associe au nouveau GdR Thématique ISIS qui devient **Information Signal Image viSion**, tel que nous le connaissons aujourd'hui.

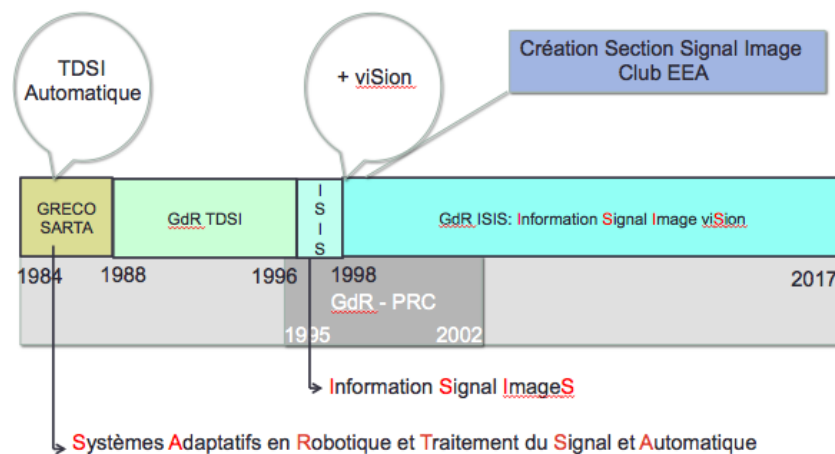
C'est en 1999, sous l'impulsion du GdR ISIS et de l'association GRETSI, que la nouvelle section Signal et Images a été créée au sein du club EEA, sous la responsabilité de Geneviève Jourdain et de Dominique Barba. Cette nouvelle section s'ajoute aux 3 sections existantes Electronique, Electrotechnique et Automatique. Elle marque l'importance du Signal et Image dans les activités de nombreux enseignant-chercheurs de la section 61 et à la frontière d'autres sections.

La structure GdR-PRC vivra jusqu'en 2002 où le MESR se désengage, la partie PRC disparaissant.

Si la thématique image est bien présente dans la structure du GdR ISIS dès sa création, le traitement du signal et traitement de l'image formaient des groupes distincts. Améliorer les échanges entre les groupes est un objectif récurrent dans la vie du GdR. Ce n'est qu'en 2012 à l'assemblée générale du Touquet que les modèles et méthodes en traitement du signal et image ont été réunis dans un même thème. Il n'y a plus deux communautés distinctes mais bien une seule avec un socle méthodologique commun. De nombreux chercheurs du traitement du signal ont aujourd'hui des applications en image et plus largement sur des signaux n-dimensionnels (comme par exemple les données hyperspectrales, ou plus largement les données multimodales). Dès le début du GdR TDSI, l'axe thématique Adéquation algorithme architecture était présent, il l'est encore aujourd'hui, même si le matériel a beaucoup évolué, la thématique est toujours pertinente.

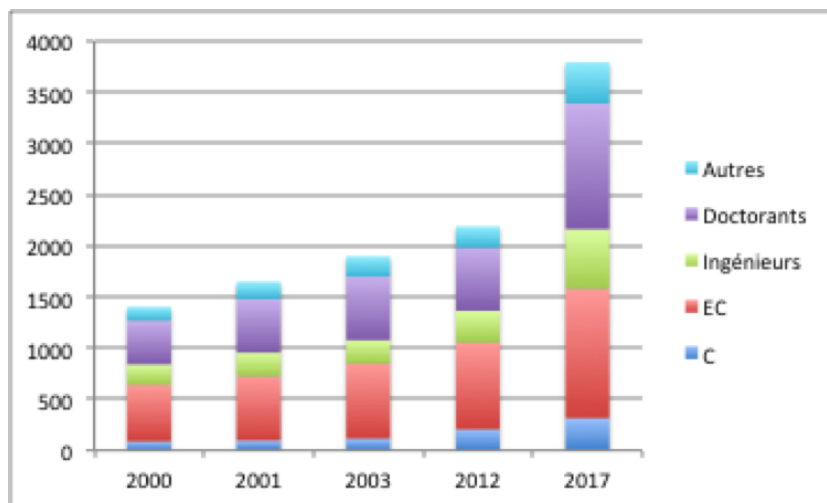
Le traitement de l'information est porté par les avancées technologiques. Les évolutions des recherches en traitement du Signal Image et Vision sont ainsi en partie liées aux avancées technologiques, citons particulièrement la miniaturisation des capteurs, leur omniprésence, le flot et la variétés des données de plus en plus importants, et l'augmentation des puissances de calculs. Ainsi parmi les mots clés actuels on trouve : systèmes complexes, systèmes distribués, traitement de données sur des graphes, optimisation pour des problèmes de grande taille, systèmes bio-inspirés, systèmes embarqués pour la santé, gestion des masses de données, systèmes communicants, etc. ainsi que les aspects sécurité et confidentialité sont de plus en plus présents.

Les différentes étapes dans la structure du GdR ISIS sont schématisées dans la figure suivante.



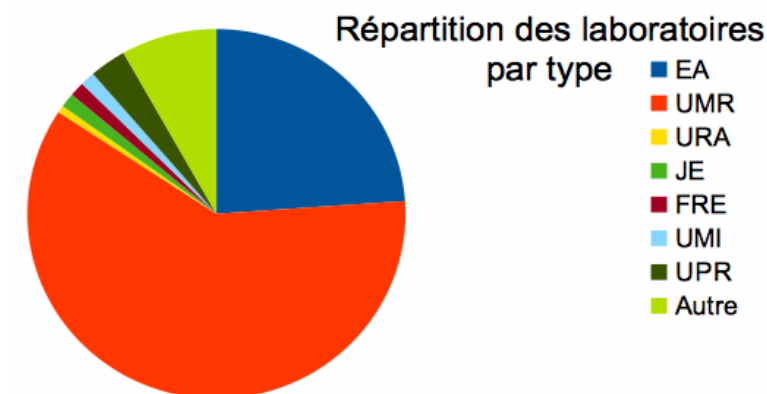
### Evolution des effectifs

Avant 2000, il est difficile de trouver des éléments numériques sur le nombre de membres du GdR. On trouve qu'en 1992, le GdR ISIS comptait 570 membres (400 chercheurs et enseignants-chercheurs et 170 membres partenaires). Aujourd'hui en 2017, le GdR ISIS rassemble plus de 3700 membres inscrits. La description de la communauté actuelle est faite au paragraphe 2.2. Le graphique ci-dessous montre l'évolution des effectifs depuis 2000.



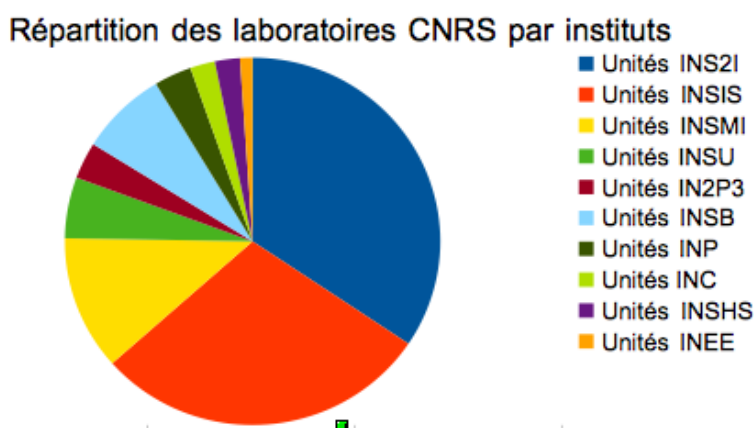
### 2.2 La communauté aujourd'hui

Le GdR ISIS compte aujourd'hui 166 laboratoires inscrits, et 15 partenaires. Le total des membres inscrits au GdR ISIS est de plus de 3800 membres dont plus de 2300 permanents (323 chercheurs, 1287 enseignants-chercheurs, 591 ingénieurs et techniciens et 174 autres). Si l'on compare aux chiffres en début de mandat (fin 2012), il y avait 135 laboratoires inscrits, avec plus de 2200 membres dont presque 1500 permanents. Pour rappel la base de données a été remise à plat en 2010. Il est difficile de tenir à jour cette base de données, il est possible que les chiffres actuels soient légèrement surdimensionnés, notamment concernant les doctorants s'ils restent inscrits dans leur laboratoire d'origine après leur thèse par exemple, malgré les efforts faits pour le suivi de la base de données. La répartition des laboratoires par type de laboratoire est la suivante



Cette figure montre que la majorité est toujours constituée des UMR CNRS et que la part de EA (équipe d'accueil) des universités est d'environ un quart. En vertu de la convention CNRS-INRIA, les centres INRIA sont inscrits en tant que laboratoires membres de droit. Ce sont les laboratoires indiqués en vert clair (légende "Autres").

Par ailleurs la répartition des laboratoires UMR par institut du CNRS confirme que les thématiques du GdR ISIS, dont le coeur est dans l'institut INS2I, sont aussi très largement aux interfaces avec les autres instituts du CNRS, en tout premier lieu l'institut INSIS puis INSMI. La répartition est en proportion semblable à celle du rapport de 2012. Cependant on remarque la présence aujourd'hui de laboratoires des instituts INC, INSHS, INEE ce qui n'était pas le cas en 2012.



### 2.3 Quelques éléments mis en place durant le mandat

En dehors des activités scientifiques qui sont présentées dans la suite dans ce document et des éléments de prospectives présentés dans la demande de renouvellement, un certain nombre de choses ont été mises en place durant ce mandat.

- La gazette électronique du GdR ISIS fait tous les trois mois le point sur les actualités de la communauté "Signal / Image / Vision" et les activités du GdR ISIS. Outre la synthèse des réunions d'animation scientifiques, des annonces récemment publiées sur le "kiosque ISIS" (propositions de postes, appels à projets, annonces de conférences, ...), elle offre aux partenaires industriels et aux sociétés savantes une tribune pour s'exprimer, nous pouvons par exemple nous référer aux contributions récentes du Chapitre IEEE (gazette n° 7) et à celle d'EDF R&D (gazette n° 6)<sup>2</sup>.

2. Numéros disponibles sur l'intranet <http://www.gdr-isis.fr/intranet/archives-de-la-newsletter.html>

- Tutoriels à chaque journée d'animation scientifique. Il est préconisé de proposer un ou deux exposés tutoriels par des spécialistes renommés à chaque journée. Ainsi les nouveaux doctorants mais aussi les personnes voulant se former sur le sujet peuvent avoir une vue d'ensemble des problématiques et méthodes. Ensuite, outre les exposés des équipes phares qui peuvent être sollicitées, une large place est laissée dans le programme aux exposés des doctorants sur appel à communications.
- Appel pour le renouvellement de la direction et du comité de direction. A chaque assemblée générale une partie du comité de direction est renouvelée, et en fin de mandat la direction est remplacée. Un appel est fait à la communauté pour recueillir les candidatures. C'est le comité alors en place qui décide, ce comité étant augmenté de membres de l'INS2I et du GRETSI pour le renouvellement de la direction. Ces choix sont ensuite présentés et validés en assemblée générale.
- Définition et recherche par mots-clés. Depuis plusieurs années chaque membre inscrit au GdR ISIS doit définir son activité à travers des mots-clés pré-définis. L'intérêt est de pouvoir proposer une recherche par mot-clés sur les membres inscrits au GdR ISIS et trouver ainsi des spécialistes facilement, que ce soit pour nos partenaires industriels ou des besoins académiques (recherche d'experts sur un domaine).
- Organisation d'une journée "Carrières en Signal, Image & Vision" à destination des doctorants. L'objectif de cette journée est de présenter les métiers de chercheur, enseignant-chercheur et ingénieur de recherche en Signal, Image & Vision, dans le public et le privé. Une périodicité biennale est visée afin que tout doctorant puisse en bénéficier durant sa thèse. Cette journée rencontre un fort succès (voir description au paragraphe 2.6).
- Ouverture des projets jeunes chercheurs vers des projets inter-disciplinaires et industriels. L'appel à projet 2013 était tourné uniquement vers les jeunes chercheurs. Il a été ouvert aux catégories inter-disciplinaires et industriels pour les appels 2014 et 2016. Cela concernait tous les industriels, pas uniquement ceux du club des partenaires. Cela peut permettre de lancer une petite étude amont par exemple avec un laboratoire académique sans se lancer dans des accords de partenariat qui peuvent être lourds.
- Gestion du GdR ISIS. Le GdR ISIS ayant ses conventions avec les partenaires industriels à la délégation Paris-Villejuif, la gestion du GdR ISIS reste à cette délégation indépendamment du laboratoire d'appartenance du/de la directeur.ice. Jusqu'en 2015, la gestion était assurée par l'assistante du LTCI, alors UMR CNRS. Le travail occasionné par le GdR ISIS est important, en effet, environ 400 missions sont effectués annuellement par le GdR. Depuis janvier 2017, avec la fermeture du LTCI en tant que laboratoire CNRS, le GdR ISIS finance un demi-CDD à la cellule de soutien aux unités de la délégation Paris-Villejuif pour la gestion.

Nous pensons qu'une activité à ré-impulser à l'avenir au sein du GdR ISIS est l'écriture de documents de synthèse, que ce soit sous forme de rapports, de numéros spéciaux de revues ou de livres. Ce peut-être des documents de vulgarisation ou spécialisés. Ils sont utiles à la communauté et le GdR est un bon outil pour la production de tels documents.

## 2.4 Les journées d'animation scientifique

Les journées d'animation scientifique restent l'activité principale du GdR ISIS. Sur la période de bilan 2013 -2017, entre 25 et 30 réunions ont été organisées annuellement

dont presque un quart en commun avec d'autres GdR, dont BioComp, IG-RV, MACS, MaDICS, MIA, MIV, Ondes, Robotique, STIC-Santé (jusqu'à sa fermeture en 2015), Seeds, SoC-SiP, Vision, Phenix et le pré-GdR Sécurité Informatique. La description de ces journées sera trouvée dans le bilan des thèmes dans les sections suivantes et la liste se trouve en annexe A. La description de toutes les journées d'animation est disponible sur le web d'ISIS ainsi que les comptes rendus sur l'intranet<sup>3</sup>.

Concernant l'Inter-GdR, il existe essentiellement deux types d'échanges : d'une part des rencontres annuelles dans le cadre de 3 structures communes entre le GdR ISIS et les GdR Ondes (axe 1 du thème B) et STIC-Santé jusqu'en 2015 (Action Recherche et indexation d'information médicale du thème B axe 4) et le GdR IG-RV (colloque AC3D : de l'acquisition à la compression des objets 3D de l'axe 1 du thème D) et d'autre part des rencontres plus ponctuelles permettant d'approfondir une thématique qui suscite un intérêt grandissant à une période donnée<sup>4</sup>. On peut noter récemment plusieurs journées organisées avec les GdR MIA et GdR Madics par exemple. L'Action Image et Télédétection (Thème B, axe 1) est quant à elle commune avec le CCT TSI du CNES.

## 2.5 Club des partenaires

Le club des partenaires du GdR ISIS est défini de façon générale au paragraphe 1.1.

Sur la période 2013-2017, le club des partenaires a compris les membres suivants : CEATech, Cnes, EADS Innovation Works, EDF R&D, IFSTTAR, ISEP, MBDA, Mitsubishi Electric ITCE, Onera, Orange Labs, SagemCom, Safran, Thales Air Systems, Thales Alenia Space, Thales Communications & Security, Thales Systemes Aeroportés Thales Optronique, Thales Research & Technology, Trophy SAS / Carestream Dental, MBDA.

L'implication des partenaires dans le financement du GdR ISIS démontre la volonté toujours soutenue d'établir et renforcer les liens entre recherche publique et recherche privée.

Durant cette dernière période, les échanges sont demeurés très fructueux, le GdR étant un lieu privilégié de rencontres informelles entre les chercheurs de la communauté française et les membres industriels du club des partenaires. Les partenaires se sont impliqués dans l'organisation de quelques journées spécifiques fortement en lien avec leurs préoccupations et de façon générale, la participation des équipes des partenaires aux journées a été significative et sur un large spectre.

Le club des partenaires s'est aussi impliqué dans la promotion des métiers de la recherche publique ou privée, notamment en participant aux journées organisées par le GdR ISIS sur le thème "Carrières en Signal, Image & Vision" qui ont connu une forte participation.

Toutefois il est à noter que sur cette dernière période, le nombre de partenaires a significativement diminué, passant de 19 à 13. Plusieurs ont fait part de leur difficulté à continuer de soutenir le GdR ISIS dans un contexte économique particulièrement défavorable et/ou face à une demande de support financier de différents organes publics croissant. Le renouvellement des conventions existantes et la recherche de nouveaux partenaires seront donc un enjeu critique sur la prochaine période.

3. voir <http://www.gdr-isis.fr/reunions/reunions-passees.html> pour toutes les journées

4. voir <http://www.gdr-isis.fr/inter-gdr.html> pour les journées inter-GdR

## 2.6 Formation, Action doctorants

### Formation/ Ecole d'été Peyresq

Le GdR ISIS participe à l'organisation de l'école d'été Peyresq en traitement du Signal et des Images, en étroite collaboration avec l'association GRETSI. Cette école a pour vocation de réunir pendant une semaine plus d'une quarantaine de participants, parmi lesquels une majorité de doctorants et de jeunes chercheurs des laboratoires français. Cette école est également ouverte, dans une moindre mesure à des industriels. Depuis 2012, les thèmes abordés lors de cette école récurrente ont été :

- 2013 : Les nouvelles techniques d'optimisation : applications en signal, images et télécommunications.
- 2014 : Traitement du signal et des images en grandes dimensions.
- 2015 : Signaux, énergie et environnement : enjeux, outils, défis.
- 2016 : Modèles probabilistes et inférence en signal et image.
- 2017 : Méthodes avancées pour les nouveaux défis en traitement d'antenne et radar.

### Prix de thèse

Le GdR ISIS s'associe à la section Signal Image du club EEA et à l'association GRETSI pour décerner annuellement un prix de thèse. Les derniers lauréats ont été depuis 2012 :

- 2013 : Olivier Bichler, « Contribution à la conception d'architecture de calcul auto-adaptative intégrant des nanocomposants neuromorphiques et applications potentielles. » thèse préparée à l'Université Paris Sud-Paris XI.
- 2014 : Antoine Deleforge, « Projection d'espaces acoustiques : une approche par apprentissage automatisé de la séparation et de la localisation. » thèse préparée à l'INRIA Grenoble Rhône Alpes.
- 2015 : Nicolas Tremblay, « Networks and graph signal processing : tools for complex network analysis. » thèse préparée au laboratoire de physique de l'ENS Lyon.
- 2016 : Claire Boyer, « Block-constrained compressed sensing. » thèse préparée à l'Institut Mathématiques de Toulouse (UMR 5219) de l'Université Paul Sabatier de Toulouse.
- 2017 : Natalia Neverova, « Deep Learning for Human Motion Analysis. » thèse préparée à au Laboratoire LIRIS de l'université de Lyon/INSA Lyon.

Une présentation de leur travaux de thèse est effectuée lors du colloque GRETSI, éditions 2013, 2015 et 2017.

### Journée "Carrières en Signal, Image & Vision"

En octobre 2013 et novembre 2015, deux journées ont été organisées à destination des doctorants, dont l'objectif était de présenter les métiers de chercheur, enseignant-chercheur et ingénieur de recherche en Signal, Image et Vision, dans le public et le privé. Les matinées ont été marquées par les interventions des représentants des structures académiques : Philippe Bolon (en 2013) et Christian Cachard (en 2015), président et vice-président de la Section 61 du CNU, Michèle Basseville, présidente de la Section 7 du

CNRS, Isabelle Herlin, membre de la commission d'évaluation de l'INRIA. Leurs présentations visaient à rendre compte des opportunités de carrières et modalités de concours d'entrée à l'Université, au CNRS et à INRIA. Ces informations réglementaires et administratives ont été complétées par les témoignages de maîtres de conférences, de chargés de recherches CNRS et de chargés de recherches INRIA.

L'après-midi a été consacré aux carrières dans les EPIC, avec une présentation d'un représentant de l'ONERA et des témoignages d'ingénieur de recherche au CEA (2013) et au CNES (2015), et dans l'industrie privée, avec une présentation de Daniel Duclos, représentant du club des partenaires, et le témoignage d'ingénieur d'études à Airbus Defense & Space (2013) et Deezer (2015).

Les journées se sont conclues par un moment d'échanges entre les doctorants, les intervenants et les partenaires industriels du GdR.

Ces deux journées ont rencontré un franc succès, qui s'est manifesté par le nombre important de doctorants présents (plus d'une centaine pour chaque journée) et par leurs retours très positifs auprès des organisateurs de ces journées. Fort de cet enthousiasme, il a été décidé de poursuivre l'organisation de ce type de journée une fois tous les deux ans, afin d'offrir à tout doctorant la possibilité de participer à une réunion de ce type au cours des trois années nominales de préparation de sa thèse.

#### **Action doctorants/Aide à la mobilité**

A travers le « Réseau des doctorants », le GdR ISIS soutient la mobilité de doctorants membres du GdR vers des laboratoires d'accueil pour des séjours de durées variables (quelques semaines à plusieurs mois), afin d'encourager les jeunes chercheurs à développer leur réseau de collaborations. Ce soutien est concrétisé par une participation au frais de séjour dans le cas de missions de durée significative (au minimum deux semaines et préférentiellement au moins un mois), dans un laboratoire distant en France ou à l'étranger, sur la base du dépôt d'une demande argumentée.

Depuis janvier 2013, le réseau a ainsi soutenu 27 missions de doctorants, dont 23 à destination internationale, la plupart durant de 1 à 4 mois. Les demandes sont à chaque fois examinées tant sur le bien-fondé scientifique de la collaboration et sur la recevabilité du dossier (le critère de durée de la mission est en particulier important) que sur la forme. Jusqu'à présent, peu de demandes ont été refusées. Celles qui l'ont été ne correspondaient pas aux critères fixés pour cette action (séjours trop courts ou pas directement dans les domaines du GdR ISIS, ou dossier peu soigné). L'ensemble des 27 demandes acceptées constitue un budget global de 35900 euros sur les presque 5 ans écoulés au moment de la rédaction de ce rapport. Des financements de 400 à 1500 euros ont été accordés par demande, selon la durée et le coût total du séjour. De manière générale, cette action est aussi pour le doctorant une occasion d'apprendre à rédiger un dossier de demande de financement.

A l'issue de la mission, un compte-rendu scientifique est demandé. Lors de l'Assemblée Générale de novembre 2017, des jeunes chercheurs ayant bénéficié d'une aide en tant que doctorants pour une mission longue sont venus présenter leurs travaux ainsi effectués. Cela permet de plus de discuter directement avec eux quant à l'intérêt qu'ils ont trouvé à ce dispositif.

Le réseau des doctorants fonctionne en traitant les demandes au fil de l'eau. Un message envoyé deux fois par an par le GdR ISIS pour rappeler à tous l'existence de cette action. L'existence du Réseau des doctorants semble appréciée et bien utilisée par la com-



munauté.

## 2.7 Les appels à projets

### 2.7.1 Appels à projets jeunes chercheurs 2013

En 2013, le GdR ISIS a lancé en collaboration avec l'association GRETSI un appel à projets à destination des jeunes chercheuses et chercheurs. Ces projets devaient compter au moins deux jeunes chercheurs (35 ans au plus) appartenant à deux laboratoires différents du GdR ISIS ou du club des partenaires. L'accent a été mis sur les projets impliquant des doctorants. Le financement des projets retenus était de l'ordre de 6 k€ pour une durée de 18 mois.

Sur 23 projets déposés, 7 projets dont la description figure dans l'annexe B ont été retenus.

### 2.7.2 Appels à projets jeunes chercheurs, interdisciplinaires et industriels 2014

En 2014, le GdR ISIS a lancé un appel à projets afin de soutenir des travaux de recherche à fort caractère prospectif, en rupture avec les travaux connus dans le champ scientifique du projet dans les domaines de l'information, du signal, des images et de la vision. Un projet devait associer deux laboratoires au moins, dont l'un au moins est une UMR du CNRS, membre du GdR ISIS.

Les propositions devaient s'inscrire dans l'une des rubriques suivantes :

**Problème industriel :** Le projet s'attaque à un problème scientifique amené par un industriel. Le partenariat comprend des laboratoires universitaires et éventuellement l'industriel qui amène ce problème. Dans tous les cas, cet industriel rédige une lettre dans laquelle la problématique du projet est développée et argumentée de son point de vue.

**Jeunes chercheurs :** Tous les participants au projet sont des jeunes chercheuses ou chercheurs (nés après le 1er janvier 1979). Le but est de les inciter à concevoir leurs propres sujets et à explorer des thématiques de recherche amont.

**Projet interdisciplinaire :** Le projet associe un champ thématique du GdR ISIS avec un domaine qui se situe en dehors des disciplines du signal, des images et de la vision. Ainsi, un au moins des laboratoires de la proposition a ses thématiques en dehors de celles du GdR ISIS.

Le financement retenu était de l'ordre de 7 k€ pour une durée de 24 mois.

Sur 15 propositions de projets, 7 ont été retenues. Ces propositions sont décrites dans l'annexe C.

### 2.7.3 Appels à projets jeunes chercheurs, interdisciplinaires et industriels 2016

En 2016, le GdR ISIS a lancé un appel à projets répondant au même format que l'appel 2014 (cf. ci-dessus). Le financement était également de 7 k€ pour une durée de 2 ans.

Sur 28 propositions de projets, 8 ont été retenues. Ces projets sont décrits dans l'annexe D.

### 3 Thème A : méthodes et modèles en signal et image

**C. Richard (PU 61, Laboratoire Lagrange, Nice)**

**P. Borgnat (DR CNRS 07, Laboratoire de Physique, ENS Lyon)**

**J.-F. Giovannelli (PU 61, Laboratoire IMS, Bordeaux)**

#### 3.1 Présentation générale du thème A

Les domaines de recherche couverts par le thème A portent sur les questions théoriques et méthodologiques en traitement du signal et de l'image, et concernent de grandes catégories d'enjeux :

- modélisation, représentation, identification,
- détection, classification, décision, estimation,
- reconstruction, restauration, débruitage,
- traitements adaptatifs, en ligne, distribués.

Lors de la dernière assemblée générale préalable au renouvellement du GdR ISIS, constatant la convergence du traitement des signaux et des images sur ces enjeux, la communauté s'était exprimée en faveur du gommage des distinctions entre les questions méthodologiques en traitement du signal et en traitement des images dit de *bas niveau*, précédemment dans les objectifs du thème B.

Bien qu'il ne s'agisse évidemment pas d'ignorer les spécificités des images fixes ou animées et des capteurs associés, fer de lance des activités du thème B, ce nouveau point de vue a favorisé une fertilisation croisée des compétences dans chacun des domaines. Les questions couvertes par le thème A se déclinent ensuite de sorte à irriguer un large spectre d'applications, où l'information revêt souvent un caractère multimodal, hybride, ou structuré, tels que les cubes de données, les signaux et images sur graphes, qui ne sont pas nécessairement indexés par le temps ou l'espace comme les signaux ou images usuels.

Pour cela, le thème A s'emploie aussi à cultiver une nature pluridisciplinaire marquée, en développant des interfaces importantes avec la physique, les mathématiques appliquées et l'algorithmique. Il a pour vocation à interagir avec d'autres GdR tels que Ondes, MIA, MOA, Vision, IM, Phénix, en plus des autres thèmes du GdR ISIS.

Conformément à la stratégie générale du GdR ISIS, l'activité du thème A consiste en premier lieu en l'organisation et l'animation de journées scientifiques. Pour la sélection des questions abordées lors de ces réunions, le thème A s'attache d'une part à être présent sur les grands sujets du moment, en accordant notamment une attention particulière aux intérêts exprimés par le club des partenaires, d'autre part à fournir une ouverture vers des thématiques émergentes en réunissant des spécialistes des domaines concernés. Il est tout d'abord important de souligner que l'animation de journées thématiques est ouverte à tous. Aussi le thème A, comme les autres, sollicite-t-il les contributions venant de l'ensemble des membres et couvrant l'ensemble des champs disciplinaires. Chacun est invité à proposer des réunions, faire remonter des thématiques porteuses, et organiser des événements conjoints avec d'autres partenaires, par exemple à l'occasion de visites en France de collègues spécialistes étrangers.

**Axes de recherche du thème A** Le thème A n'est pas structuré en axe de recherche comme le sont les autres thèmes. Le fonctionnement vise plutôt à couvrir les enjeux

principaux de natures méthodologique et théorique en traitement du signal et de l'image. Il est nécessaire de repartir de ces enjeux pour décrire plus avant les activités couvertes.

**Modélisation, représentation, identification.** La modélisation en traitement des signaux et des images consiste à représenter les objets ou les systèmes rencontrés dans les applications, par des modèles mathématiques s'inspirant de connaissances physiques ou phénoménologiques. Elle a également pour objet de faire avancer les outils de traitement et la connaissance en tant que telle. Cette question, qui a motivé les premières recherches en traitement du signal à la fin des années 1950, a fait l'objet d'un nombre considérable de travaux depuis la création du GdR ISIS. Elle demeure centrale, d'autant que de nouvelles thématiques importantes ont émergé ces dernières années, comme les décompositions adaptatives et parcimonieuses, les modèles hiérarchiques, les statistiques non usuelles des processus (non-gaussiens, non-stationnaires, non-linéaires, non-circulaires, à valeurs complexes, etc.), les modèles tensoriels ou fondés sur des considérations géométriques.

**Détection, classification, décision, estimation.** Estimer les paramètres d'un modèle, détecter un motif dans un signal ou une image, sélectionner une hypothèse ou un modèle, interpréter automatiquement les résultats, sont les objectifs récurrents du traitement du signal et de l'image. Les théories classiques issues de l'inférence statistique ont été appliquées avec succès pour résoudre un grand nombre de ces problèmes. Cependant, face à l'augmentation de la complexité des problèmes, de nouvelles méthodes demandent à être étudiées avec attention. Les thématiques développées pour cet enjeu reposent en particulier sur les méthodes de simulation stochastiques (e.g. les méthodes de Monte Carlo par chaîne de Markov), les méthodes d'optimisation (comme les techniques variationnelles), les approches hybrides, mais aussi les modèles hiérarchiques, les méthodes d'apprentissage, ou encore les traitements distribués dans un réseau de capteurs par exemple.

**Reconstruction, restauration, débruitage.** Un sujet de recherche fortement lié aux deux précédents et qui recouvre un grand nombre d'applications d'importance est celui des problèmes inverses pour la reconstruction ou la restauration de signaux et d'images. Il s'agit de rétablir les caractéristiques originales d'un signal ou d'une image dégradé par des distorsions linéaires ou non-linéaires, la présence de bruit ou de signaux parasites, le mélange de composantes. Plusieurs problèmes se rapportent à ce sujet : déconvolution, synthèse de Fourier, inversion de Radon, séparation de source, débruitage. On reconsidère également les questions classiques d'échantillonnage ou d'acquisition. Tous ces problèmes également récurrents dans la littérature présentent en commun un caractère mal-posé et qui nécessitent le recours à des méthodes de régularisation. Il s'agit d'inclure des informations a priori sur les objets recherchés (régularité, présence de contours ou de régions, caractère parcimonieux (direct ou dans un espace transformé), positivité, etc. Ces dernières reposent en général sur des approches pénalisées ou contraintes, ou encore par reparamétrisation, ainsi que sur des approches bayésiennes notamment hiérarchiques. Les applications sont variées, notamment en imagerie médicale, astronomique, etc.

**Traitements adaptatifs, en ligne, distribués.** Le traitement distribué en ligne des signaux et des images par un réseau d'agents est un domaine en pleine expansion, qui trouve sa source parmi les nouveaux défis pour la fouille de données massives. Avec plus de deux millions d'antennes interconnectées qui devraient générer un trafic de données de l'ordre de celui d'internet, le radio-imageur astronomique SKA constitue un cas d'école. L'internet des objets connectés, aux usages variés tels qu'en e-santé et domotique, constitue un autre

exemple de terrain d'applications. Dans les réseaux adaptatifs, les noeuds interconnectés apprennent et s'adaptent continuellement, et s'acquittent de tâches telles que l'estimation de paramètres à partir de données acquises par des agents épars. La diffusion continue de l'information au sein du réseau permet aux agents d'adapter leurs performances et la topologie du réseau en fonction de la qualité des observations. Les problèmes considérés peuvent être de nature mono-tâche ou multi-tâche selon que les agents partagent un même objectif ou non, les traitements synchrones ou asynchrones selon qu'ils disposent d'une horloge commune ou non. Ces propriétés constituent autant de degrés de liberté qu'il convient d'exploiter au mieux dans l'élaboration de nouvelles méthodes de fouille, d'analyse, de détection/estimation, et d'optimisation.

En préparation de la précédente AG du GdR ISIS, les responsables du thème avaient fait appel à la communauté pour faire émerger les orientations les plus pertinentes possible pour le thème. La liste des sujets qui a ainsi été dégagée et qui a servi de base pour l'organisation des journées et des actions (décrites plus en détail ensuite) est rappelée ici.

- Traitement de données en très grande dimension : optimisation et simulation pour les problèmes de grande taille, grandes matrices aléatoires, factorisation en matrices non-négatives, traitement incrémental
  - Action « **Estimation et détection en grande dimension** »
  - Action « **Optimisation** »
- De l'analyse à la décision : coupler le traitement des mesures et la prise de décision, méthodes d'analyse pilotées par les données (apprentissage de dictionnaires, décompositions empiriques, etc.)
  - Action « **Apprentissage** »
  - Action « **Méthodes de simulation stochastiques** »
- Des modèles plus élaborés : invariance d'échelle et multifractalité, séparation de sources non linéaire, représentations parcimonieuses, analyse de données tensorielles et décompositions
- Systèmes complexes et traitement de données sur des graphes : identification et analyse d'un système à l'aide d'un graphe de connections, outils adaptés à des réseaux pouvant être évolutifs, exploitation de ces graphes dans des cadres applicatifs
  - Action « **Signaux et images sur graphes** »
- Systèmes radars et traitements
- Fusion en traitement des signaux et des images

Tous ces sujets ont guidé le choix de journées organisées. Ainsi, en plus des journées et des actions décrites ci-dessous, le thème A a soutenu 3 journées sur les thèmes des « Décompositions tensorielles et applications », de l'« Apport des théories de l'incertain en fusion d'informations » et sur les « Problèmes inverses ; approches myopes et aveugles, semi- et non-supervisées » en plus de 4 journées en interaction avec les autres thèmes de ISIS et 6 journées en inter-GdR (avec les GdR Stic-Santé, Phénix, SoC-SiP et MIA).

### 3.1.1 Actions spécifiques du thème A

Les actions spécifiques constituent un moyen efficace de mettre en lumière un domaine stratégique pour la discipline, et nécessitant une veille scientifique et technologique. Les actions retenues pour le thème A à l'occasion des deux dernières assemblées générales (renouvellement et/ou mi-parcours) sont celles qui suivent. Nous donnons leurs descriptions et les titres des journées organisées.

#### 1. Action Apprentissage

Dates(s): fév. 2014, juin 2016.

Animée par Olivier Cappé (DR CNRS, LTCI, Paris), Pierre Chainais (Professeur, CRISTAL, Lille), Zaïd Harchaoui (CR INRIA, INRIA, Grenoble).

L'apprentissage automatique (ou machine learning) est un domaine de recherche à la croisée de la statistique, de l'informatique et de l'optimisation. Les objectifs essentiels sont de modéliser des systèmes complexes (par exemple, une expertise humaine) ou de classer des données, en vue par exemple de leur indexation (fouille de données), principalement à partir d'échantillon de données ou d'exemples des tâches à effectuer. L'apprentissage automatique est devenu un outil prééminent dans plusieurs domaines du traitement des signaux et des images (problèmes inverses, vision par ordinateur, indexation de données multimédia, etc.). Cet intérêt s'est notamment manifesté par la création du comité technique MLSP (Machine Learning for Signal Processing) au sein de la société Signal de l'IEEE.

L'objectif de cette Action est double. D'une part, il s'agit, sur un sujet largement pluridisciplinaire, d'entretenir et de développer les liens entre les communautés de l'apprentissage automatique et la communauté représentée par le GdR ISIS. En particulier, il permet d'organiser des réunions communes avec des groupes d'intérêt ou sociétés relevant plus de l'informatique (GdR I3, SIF, AFIA) ainsi qu'avec leurs homologues du côté statistique et optimisation (notamment le groupe MAS de la SMAI, la SFdS, les GdR MIA et MOA). Le second objectif est de développer les échanges autour du corpus de méthodes et de l'ensemble des applications qui relèvent plus spécifiquement de la thématique MLSP : en particulier, la séparation de source et les factorisations matricielles (problème dit également d'apprentissage de dictionnaire), la question des données structurées (flux temporels, graphes, etc.), des modèles parcimonieux (y compris dans leur utilisation pour l'acquisition de données), des algorithmes adaptatifs, des méthodes séquentielles (détection de ruptures notamment), ainsi que des méthodes d'apprentissage distribués.

Cette action a organisé deux journées.

Journée 1. Apprentissage de représentations et traitement du signal (4 février 2014) organisée par Pierre Chainais et Zaïd Harchaoui.

La détermination d'une représentation optimale des données en vue d'une tâche de traitement (classification, restauration, clustering, compression) est un problème commun à de nombreux domaines du traitement du signal/image/video. La notion de parcimonie apparaît de façon récurrente. De nombreuses approches et concepts ont été proposés ces dernières années et permettent de proposer des techniques d'apprentissage de dictionnaire à partir d'images aussi bien que de décomposer un graphe en sous-graphes élémentaires ou encore de proposer l'identification d'une sémantique sous-jacente à des données relationnelles. Le but de cette journée a

été de faire le point sur les travaux récents en apprentissage de représentations des données.

Exposé invité : R. Gribonval, INRIA Rennes, Apprentissage de dictionnaires parcimonieux en présence de bruit et d'observations aberrantes.

Journée 2. Apprentissage de représentation : méthodologies et applications (6 juin 2016) organisée par Alain Rakotomamonjy et Rémi Flamary.

Suite au succès de la première journée sur l'apprentissage de représentation et ses applications en traitement du signal et des images, nous en avons organisé une seconde édition sur le thème : deep learning, dictionary learning et autres variantes d'apprentissage de représentation.

L'apprentissage de représentation est devenu ces dernières années une étape nécessaire à beaucoup de problèmes d'apprentissage statistique allant des problèmes de vision par ordinateurs jusqu'au traitement du langage naturel. Les développements récents ont montré l'impact qu'une telle étape peut avoir en terme de performance de prédiction et d'interprétabilité. Il est donc devenu nécessaire d'apprendre cette représentation à partir des données au lieu de la fixer a priori. La question de la découverte automatique de la représentation optimale pour une tâche donnée (débruitage, classification supervisée, régression, clustering) est donc maintenant plus pertinente que jamais pour la communauté de l'apprentissage statistique et du traitement du signal/image.

Cette journée a visé à présenter un panorama large des méthodes récentes d'apprentissage de représentation allant du pré-entraînement pour un réseau de neurone profond, en passant par l'apprentissage de métriques, l'apprentissage de dictionnaires ou de sous-espace, en allant jusqu'aux méthodes parcimonieuses pour l'extraction de caractéristique.

Exposés : Matthieu Cord : « Deep learning and weak supervision for visual recognition », Maël Valais : « Optimisation de dictionnaires structurés en arbres de convolutions pour la représentation parcimonieuse d'images », P. Chainais : « Buffet indien pour l'apprentissage de dictionnaire : algorithmes et applications », Francois Malgouyres : « On the identifiability and stable recovery of deep/multi-layer structured matrix factorization », Jean-François Giovannelli : « Bayesian Inference for Biomarker Discovery in Proteomics », F. Precioso : « Active Learning strategies for CNN », Zaruhi Alaverdyan : « Automatic extraction of representations for outlier detection in medical imaging », Solène Chan-Lang : « Représentations parcimonieuses bidirectionnelles pour la ré-identification de personnes à partir de multiples images », Vincent Guigue : « Représentations latentes dans les systèmes de recommandation : de la personnalisation au raisonnement », Hervé Bredin : « TristouNet : Triplet Loss for Speaker Turn Embedding ».

## 2. Action Optimisation

Dates(s): oct. 2013, mai 2014, oct. 2014, nov. 2014 (avec GdR MIA), juin 2016, nov. 2016.

Animée par Nelly Pustelnik (CR CNRS, Laboratoire de Physique, ENS de Lyon), Saïd Moussaoui (MCF, IRCCyN, Nantes).

De nombreux problèmes de traitement des signaux et des images tels que la séparation de sources, la restauration et les décompositions parcimonieuses ont récemment gagné

en performances grâce aux outils d'optimisation convexe qui permettent de gérer des fonctions non-lisses telles que les normes  $\ell_1$  ou nucléaire. Une grande activité de recherche émane de ces sujets et de nombreuses questions sont soulevées. Un premier axe est la prise en compte d'un choix plus large de contraintes convexes par le biais de méthodes telles que les points intérieurs, la pénalité extérieure ou les projections épigraphiques. Un autre axe est l'extension des méthodes existantes au cadre non-convexe, afin de traiter des problèmes inverses non-linéaires ou de se rapprocher de pénalités non-convexes telles que la pénalisation  $\ell_0$  ou des contraintes sur le rang de matrices. Enfin, la question de la résolution de problèmes de grande dimension, qui s'inscrit dans la continuité de thématiques portées par le Thème A et B requiert l'exploitation d'outils de calcul parallèle mais également de méthodes nécessitant un faible nombre d'évaluations du critère/gradient.

Cette action a organisé 6 journées.

Journée 1. Optimisation convexe sous contraintes (oct. 2013) organisée par Saïd Moussaoui et Nelly Pustelnik.

De nombreux problèmes de traitement du signal et de l'image ont récemment gagné en performances grâce aux outils d'optimisation convexe. Ces outils permettent de gérer des fonctions non-lisses, des fonctions non finies, ou encore des contraintes de type positivité, support fini ou parcimonie structurée. Une grande activité de recherche émane de ces sujets et de nombreuses questions sont soulevées, notamment face à l'augmentation de la dimension des problèmes, la diversité des contraintes à respecter et l'adéquation avec les ressources de calcul disponibles.

Cette journée a été consacrée aux dernières avancées relatives à la gestion de contraintes en optimisation convexe. En effet, la mise en œuvre d'un algorithme d'optimisation efficace dépend du type de contraintes qui doivent être prises en compte, de leur nombre mais également des propriétés des autres fonctions impliquées dans le critère. Parmi les méthodes permettant de gérer des contraintes on peut citer les méthodes de points intérieurs, la pénalité extérieure, les méthodes de projections alternées ou les méthodes proximales. Les avancées récentes d'un point de vue méthodologique ainsi que les enjeux applicatifs sont présentés durant cette journée.

Exposés tutoriels invités : Paul Armand (XLIM, Univ. de Limoges), méthodes de points intérieurs ; Jean-Christophe Pesquet (LIGM, Univ. Paris-Est), méthodes proximales ; Eric Thiébaud (Centre de Recherche Astrophysique de Lyon), reconstruction sous contraintes en imagerie.

Journée 2. Optimisation non-convexe - 1 (mai 2014) organisée par Saïd Moussaoui et Nelly Pustelnik.

La résolution de problèmes non-convexes couvre un large spectre des travaux de la communauté signal/image avec des développements récents pour la reconstruction parcimonieuse, la résolution de problèmes inverses non-linéaires ou encore la segmentation. D'un point de vue théorique, le choix des méthodes dites de résolution de problèmes non-convexes est vaste. On peut par exemple citer les techniques d'optimisation globale, d'optimisation discrète, de relaxation convexe, ou encore les approches basées sur des hypothèses de type inégalité de Kurdyka-Lojasiewicz.

Le but de cette première journée consacrée à l'optimisation non-convexe a été de se focaliser sur une partie des techniques existantes, à savoir la résolution de problèmes inverses non-linéaires ainsi que les méthodes d'optimisation globales et discrètes.

Exposés invités : Nikos Komodakis (École des ponts ParisTech), Tutoriel optimisation discrète ; Jordan Ninin (ENSTA Bretagne), Tutoriel algorithmes branch and bound ; Yves Goussard (Polytechnique Montréal), Tutoriel problèmes inverses non-linéaires.

- Journée 3. Optimisation non-convexe - 2 (oct. 2014) organisée par Saïd Moussaoui et Nelly Pustelnik.

Cette seconde journée s'est intéressée plus particulièrement à des thèmes qui n'ont pas pu être abordés lors de la première journée, à savoir les approches basées sur des hypothèses de type inégalité de Kurdyka-Lojasiewicz, les métaheuristiques et la programmation DC.

Exposés invités : Jérôme Bolte, Tutoriel : Optimisation non-convexe et inégalité de Kurdyka-Lojasiewicz ; Gilles Gasso, Tutoriel : Pénalités non-convexes et programmation DC ; Julien Lepagnot, Tutoriel : Métaheuristiques.

- Journée 4. Optimisation géométrique sur les variétés (nov. 2014) organisée par Nelly Pustelnik (ENS de Lyon), Saïd Moussaoui (IRCCyN, Nantes), Jalal Fadili (GREYC, Caen) avec le GdR MIA.

L'optimisation sous contraintes est un domaine de recherche bien établi. Toutefois, pour nombre de problèmes d'optimisation, les contraintes prennent une forme géométrique qui exprime que la solution recherchée vit dans une variété (e.g. Riemannienne). Les applications sont abondantes en traitement du signal et des images, en robotique, en analyse des données, en algèbre linéaire, en statistique ou encore en apprentissage. Les méthodes classiques d'optimisation contrainte vont généralement travailler dans un espace de dimension plus grande que celle de la variété, alors que les méthodes géométriques opèrent directement sur la variété, offrant à la fois élégance et de bonnes propriétés de convergence et numériques. On peut alors les voir comme des méthodes d'optimisation non contrainte mais avec un espace de recherche qui est, lui, contraint. L'objectif de cette journée a été de donner aux communautés des GdR concernés un aperçu précis des méthodes de pointe dans le domaine couvrant un large spectre allant des aspects algorithmiques, théoriques jusqu'aux applications.

Exposés invités : P.-A. Absil (UC Louvain), Optimization and curve fitting on manifolds ; S. Bonnabel (Mines ParisTech), Méthodes de gradient stochastique sur les variétés riemanniennes ; A. Trounev (ENS Cachan), Geodesic shooting in shape spaces ; Y. Ollivier (Univ. Paris Sud Orsay), Information-geometric optimization : The interest of invariance principles for discrete and continuous optimization.

- Journée 5. Algorithmes gloutons pour l'optimisation sous contrainte de parcimonie (juin 2016) Valentin Emiya (LIF, Marseille), Saïd Moussaoui (IRCCyN, Nantes), Nelly Pustelnik (Laboratoire de Physique, ENS de Lyon), Charles Soussen (CRAN, Nancy).

La notion de parcimonie a connu une grande popularité ces dernières années suite à l'essor de la théorie de l'échantillonnage comprimé. La prise en compte de la parcimonie en traitement du signal et de l'image a ainsi sus-



cité de nombreux développements méthodologiques dans le domaine de l'optimisation.

En effet, la contrainte de parcimonie est associée à la minimisation d'un critère impliquant la norme  $\ell_0$  qui conduit à un problème de minimisation NP difficile. Pour résoudre ce problème, de nombreux algorithmes ont vu le jour tels que les algorithmes gloutons, les approches proximales, par majoration-minimisation, par relaxation. Leurs performances sont analysées en termes de garanties de convergence et de garanties théoriques assurant la reconstruction du support du vecteur original.

Cette journée s'est intéressée plus particulièrement aux algorithmes gloutons, leurs formulations dans le cadre générique de la théorie des matroïdes et dans celui de l'approximation parcimonieuse.

Exposés : Cédric Herzet : « Quelques garanties théoriques de reconstruction pour les algorithmes gloutons », Leïla Belmerhnia : « Méthodes gloutonnes pour l'approximation parcimonieuse simultanée : application à la sélection de variables des spectres proche-infrarouge de déchets de bois », Thomas Blumensath : « Iterative Projection algorithms for non-convexly constrained optimisation », Victor Chepoi : « Matroïdes et algorithme glouton », Loïc Landrieu : « Cut pursuit : algorithmes rapides pour l'apprentissage de fonctions constantes par morceaux », Nicolas Keriven : « Algorithme glouton pour l'estimation compressée de modèles de mélange sur grandes bases de données ».

Journée 6. Optimisation en milieu aléatoire (nov. 2016) organisée par Pascal Bianchi (Télécom ParisTech), Saïd Moussaoui (IRCCyN), Nelly Pustelnik (CNRS/Ens de Lyon), Cédric Richard (Université de Nice Sophia-Antipolis), et François Septier (Télécom Lille).

En traitement du signal et en apprentissage statistique, les algorithmes d'optimisation de nature stochastique sont omniprésents. En premier lieu, la grande dimension de l'espace des paramètres, les volumes de données ou la complexité des fonctionnelles à optimiser, nécessitent l'emploi de techniques d'approximation stochastique, méthodes de Monte-Carlo ou méthodes de descente par coordonnées, en renfort des algorithmes d'optimisation usuels. En deuxième lieu, le traitement en ligne de flux de données nécessite l'emploi d'algorithmes adaptatifs capables de poursuivre un environnement fluctuant. Enfin, dans divers contextes industriels, la recherche de variables de contrôle pertinentes met en jeu des problèmes d'optimisation dont la nature stochastique intervient dans l'expression de la fonctionnelle et dans les contraintes, elles-mêmes probabilistes. Cette journée a visé à faire le point sur certaines avancées récentes couplant les algorithmes d'optimisation numérique aux méthodes stochastiques, dans le périmètre suivant : algorithmes d'approximation stochastique pour l'optimisation, méthodes de Monte-Carlo et optimisation, méthodes adaptatives pour le traitement du signal et données de streaming, optimisation stochastique.

Exposés : René Henrion : « Initiation aux problèmes d'optimisation sous contraintes en probabilité », Rémi Bardenet : « Monte Carlo with deterministic point processes », Walid Hachem : « Opérateurs maximaux monotones et approximation stochastique », Alain Durmus : « Échantillonnage de loi en grandes dimensions avec l'algorithme de Langevin non-ajusté », Richard Combes : « Non-Smooth Unimodal Stochastic Optimization », Ju-

lien Mairal : « A Generic Quasi-Newton Algorithm for Faster Gradient-Based Optimization », Apostolos Destounis : « Applications of stochastic control to software defined networking ».

### 3. Action Méthodes de simulation stochastiques

Dates(s): mai 2013, nov. 2015.

Animée par Gersende Fort (DR CNRS, LTCI, Paris) et François Septier (MCF, Télécom Lille1 / CRISAL, Lille).

Les méthodes de simulation de Monte Carlo sont utilisées pour l'exploration de lois de probabilités, par exemple dans une approche bayésienne des problèmes inverses ou pour la restauration de données manquantes. Comme l'atteste la littérature, ces approches ont été appliquées avec succès à de très nombreuses applications (navigation et localisation, classification en imagerie, traitement du signal audio, etc.).

Le défi majeur pour les prochaines années est lié à l'analyse de données de très grandes dimensions et de données massives. Dans ce contexte, il est nécessaire de faire évoluer ces méthodes afin de les rendre robustes à la grande dimension des supports à explorer et à la multimodalité des lois, tout en intégrant les aspects séquentiels du traitement de l'information, soit du fait du phénomène d'acquisition des données, soit du fait du caractère massif des données.

L'objectif de cette Action est tout d'abord de développer des échanges avec la communauté Statistique sur les aspects méthodologiques des algorithmes de Monte Carlo, ainsi qu'avec la communauté Optimisation qui partage des problèmes communs (optimisation stochastique ; contexte multimodal ; techniques « mutation/sélection »). Enfin, cette Action a également pour objectif de favoriser les interactions entre les chercheurs intéressés par le développement méthodologique dans ce domaine, et ceux soucieux de résoudre des problèmes complexes par le biais de ces techniques.

Cette action a organisé deux journées.

Journée 1. Filtrage bayésien en grande dimension par méthodes de Monte Carlo (mai 2013) organisée par Gersende Fort et François Septier.

L'un des défis majeurs pour les méthodes de Monte Carlo concerne l'analyse de données de très grandes dimensions et leur mise en œuvre sur des données massives. Dans ce contexte, il est nécessaire de les faire évoluer afin de les rendre robustes à la grande dimension des supports à explorer et à la multimodalité des lois tout en intégrant les aspects séquentiels du traitement de l'information. Le but de cette première journée a été de faire le point sur les travaux récents relatifs aux méthodes de Monte Carlo séquentielles pour les problèmes d'inférence en grande dimension.

Exposé invité : Arnaud Doucet (Dpt. of Statistics, Oxford University), Efficient implementation of the Particle Marginal Metropolis-Hastings Algorithm.

Journée 2. Sur les interactions entre les méthodes de Monte Carlo et les algorithmes d'optimisation (nov. 2015) organisée par Gersende Fort, Saïd Moussaoui, Nelly Pustelnik et François Septier.

Le traitement de l'information se heurte à des questions de plus en plus difficiles, notamment à cause de la complexité des modèles d'observation, de

la taille importante des problèmes ou encore à la confrontation à de données massives ou manquantes. Pour surmonter ces difficultés, de nouvelles techniques de calcul exploitant le potentiel des algorithmes de Monte Carlo et de l'optimisation ont suscité un très fort engouement ces dernières années. L'objectif y est d'aboutir à des schémas algorithmiques possédant des garanties de convergence et présentant un coût de calcul maîtrisé.

Le but de cette journée, commune aux actions "Optimisation" et "Méthodes de simulation stochastiques" au sein du thème A, a été de faire le point sur les avancées récentes dans la proposition d'approches couplant optimisation et méthodes de Monte Carlo.

Exposé : Eric Moulines : « Non-asymptotic convergence bound for the Unadjusted Langevin Algorithm », Rémi Bardenet : « Accélérer Metropolis Hastings pour les grands jeux de données : comment l'optimisation peut-elle aider ? », Caroline Chaux : « Approche Hamiltonienne et méthode de Monte Carlo pour l'échantillonnage de loi non différentiable », Emilie Chouzenoux : « An overview of stochastic methods for solving optimization problems », Olivier Féron : « Gradient Scan Gibbs Sampler : an efficient algorithm for high-dimensional Gaussian distributions », Gabriel Stoltz : « Using Metropolis schemes to estimate correlation functions », Mathieu Brédif et Julien Perret : « Optimisation stochastique, (RJ)MCMC et applications géospatiales », Marcelo Pereyra : « One thousand and one nights of proximal MCMC algorithms ».

#### 4. Action *Estimation et détection en grande dimension*

Dates(s): mai 2013, janv. 2015.

Animée par Jamal Najim (CR CNRS, IGM, Marnes-la-Vallée), Romain Couillet (MCF, Supélec), Emmanuel Duflos (PU, École Centrale de Lille).

Les statisticiens sont de plus en plus fréquemment confrontés à de grands jeux de données. Grands par le volume, mais aussi par le fait que la dimension des données à traiter est du même ordre que la taille de l'échantillon disponible. Cette dernière caractéristique affaiblit substantiellement la portée des procédures statistiques habituelles. Des problèmes aussi classiques que l'estimation de matrices de covariance, de filtres prédictifs, d'analyse d'estimateurs de type sous-espace, ou de détection de signal dans du bruit, doivent être revisités. Cette problématique, fréquente dans les domaines du traitement du signal et de l'image ainsi que des communications numériques, a fait l'objet ces dernières années de nombreux travaux, ayant abouti à des résultats mal diffusés dans la communauté.

Cette Action a plusieurs objectifs : accompagner le développement actuellement rapide de l'estimation et de la détection en grande dimension sur certains aspects clairement identifiés, en informer la communauté ISIS, faciliter l'accès aux outils utilisés (théorie des matrices aléatoires, estimation de grandes matrices de covariance par seuillage/pondérations, etc.) et organiser des séances tutorielles, identifier les besoins spécifiques de la communauté et l'expertise présente, enfin susciter des interactions entre statisticiens, probabilistes, et spécialistes du traitement du signal et des communications numériques.

Cette action a organisé deux journées.

Journée 1. Estimation et traitement statistique en grande dimension (mai 2013) organisée par Jamal Najim (CR CNRS, IGM, Marnes-la-Vallée), Romain Couillet (MCF, Supélec), Emmanuel Duflos (PU, École Centrale de Lille).

Les méthodes modernes d'acquisition de données engendrent souvent des jeux de données de grande dimension, qui nécessitent un traitement statistique approprié. L'objectif de la journée a été d'exposer des résultats récents sur cette thématique.

Exposés invités : Philippe Loubaton (université Paris Est) « Grandes matrices aléatoires et traitement statistique du signal », Arnak Dalalyan (ENSAE) « Learning heteroscedastic models by convex programming under group sparsity », Alexandre d'Aspremont (École Polytechnique) « Phase recovery, maxcut and complex semidefinite programming », Michael Jordan (University of California, Berkeley) « Inférence statistique pour *Big Data* ».

Journée 2. Robustesse et grande dimension en traitement d'antenne (janv. 2015) organisée par Guillaume Ginolhac (LISTIC - Université Savoie Mont-Blanc), Mohammed Nabil El Korso (LEME, Université Paris 10) et Alexandre Renaux (L2S-CNRS, Université Paris 11).

L'objectif de cette journée a été de présenter des méthodes et des algorithmes avancés en traitement d'antenne pour la détection et l'estimation de paramètres d'intérêt dans des conditions non-standard en traitement d'antenne. Ce thème recouvre par exemple des problèmes théoriques tels que la robustesse aux erreurs de modèle et/ou à la présence d'observations aberrantes et/ou aux données manquantes, le traitement de donnée en grande dimension.

Ces problèmes font actuellement l'objet de nombreux travaux et requièrent de nouveaux outils mathématiques tels que la théorie des matrices aléatoires, les techniques tensorielles, l'approximation matricielle de rang faible, l'optimisation non-convexe, etc. L'objectif de la journée a été d'exposer des résultats récents. Les aspects applicatifs des outils théoriques susmentionnés ont aussi été abordés et présentés.

Exposés : Frederic Pascal, « Robust estimation, random matrix theory and applications to signal processing », Walid Hachem, « Les opérateurs aléatoires ergodiques et la capacité des canaux MIMO », Pierre Comon et Rodrigo Cabral-Farias, « Décomposition conjointe de tenseurs et de matrices avec couplage flexible », Pascal Vallet, « Rectification à Toeplitz de covariance et méthode MUSIC », Marc-Abel Bisch, « Estimation parcimonieuse des directions d'arrivées pour les antennes multi-échelle », Julia Vinogradova, « On the separability of signal and interference-plus-noise subspaces in blind pilot decontamination », Viet-Dung Nguyen, « Array processing using generalized minimum noise subspace », Rémy Boyer, « On the compressive sampling of non-bandlimited signals », Wenmeng Xiong, « Localisation de sources dispersées basée sur une méthode parcimonieuse », Arnaud Breloy, « Block-MM algorithms for low-rank clutter subspace estimation », Sonja Hiltunen, « Etude du test du rapport de vraisemblance généralisé pour la détection multi-capteurs d'un signal perturbé par un bruit additif blanc temporellement mais pas spatialement : le cas d'un grand nombre de capteurs ».

## 5. Action Signaux et images sur graphes

Dates(s): nov. 2013 (avec GdR Phénix), juin 2017.

Animée par Pierre Borgnat (CR CNRS, Laboratoire de Physique, ENS de Lyon), Cédric Richard (PU 61, Laboratoire Lagrange, Nice).

Cette Action s'intéresse aux zones de rencontre entre le traitement des signaux et des images et les études des graphes et réseaux. Dans de nombreux contextes applicatifs, les données sont naturellement réparties sur un réseau (par exemple réseaux de capteurs, de neurones, de gènes, d'ordinateurs, de transport ou même de contacts sociaux, etc.), et leur analyse requiert de développer ces deux approches. D'autres approches proposent de décrire des signaux ou des images via une structure de graphes, par exemple par des modèles graphiques ou en reconstruisant sous forme de graphe la topologie d'une variété non euclidienne contenant des données.

Toutes ses approches se révèlent intéressantes et complémentaires : la description des mesures ayant des structures topologiques qui s'éloignent des situations simples (données sur des variétés non convexes ou irrégulières, données en nuage de points ou de vecteurs, modèles graphiques de processus aléatoires, etc.) peut en effet être appréhendée à l'aide de représentation par graphes. La caractérisation de ces réseaux complexes nécessite le développement de méthodes adaptées telles que mesures d'entropie, de forme, opérations de classification, mesures de circulation de l'information, etc. Plus généralement, les méthodes de traitement des signaux ou des images sur graphe autant que des traitements des graphes eux-mêmes suscitent de nouveaux intérêts. L'utilisation de ces outils sur des réseaux de grandes tailles, pour résoudre des problèmes inverses, ou pour capturer des propriétés non triviales telles que des connectivités à longue portée ou des invariances d'échelles constitue un enjeu actuel qui peut être exploré en lien avec les autres Actions de ce thème.

Cette action a organisé deux journées.

Journée 1. Analyse et inférence pour les réseaux (nov. 2013) organisée par Pierre Borgnat (CNRS, LPENSL, ENS de Lyon) et Lenka Zdeborova (CNRS, Institut de Physique Theorique, CEA/Saclay) en collaboration avec le GdR Phénix.

Un objectif a été de susciter des rencontres entre les communautés de la physique statistique, du traitement du signal et de l'informatique qui travaillent sur une telle problématique. La journée a mis un accent plus marqué vers les approches distribuées dans les réseaux, mais sans se limiter à cela. Des présentations de travaux par poster ont été mis en place en plus de 6 conférences invitées.

Exposés invités : Pascal Bianchi (LTCl, Telecom ParisTech), « Optimisation distribuée dans les réseaux d'agents » ; Florent Krzakala (LPCT, ESPCI), « Inference, belief propagation, and the spectral redemption » ; Marc Lelarge (INRIA, projet DYOGENE, ENS), « Reconstruction in the generalized stochastic block model » ; Rémi Monasson (LPT, CNRS, ENS), « Modèles graphiques de l'activité concertée d'une population de neurone et mémorisation chez le rat » ; Pierre Chainais (CRISTAL, projet SequeL, EC Lille), « Learning a common dictionary over a sensor network » ; Fabrice Rossi (SAMM, Université Paris 1), « Temporal interaction networks ».

Journée 2. Apprentissage et/ou traitement du signal et des images sur graphes (17 juin 2016) organisée par Pierre Borgnat (CNRS, LPENSL, ENS de Lyon) et Cédric Richard (PU 61, Laboratoire Lagrange, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Université de Nice Sophia-Antipolis, Nice).

Les graphes sont des structures discrètes qui permettent de représenter efficacement des relations entre entités, telles que par exemple la proximité de noeuds dans des réseaux de capteurs ou de communication, l'adjacence de pixels dans des images, la corrélation de signaux, des relations dans des réseaux biologiques, sociaux ou technologiques, ou plus généralement des similarités au sens d'une métrique appropriée pour les données considérées (collections d'images, de signaux, données sociales numériques, etc.).

Le codage de telles relations par des graphes constitue une ouverture vers de nouveaux problèmes en apprentissage statistique, pour la classification non-supervisée ou semi-supervisée, l'apprentissage de variétés, les systèmes recommandation, etc. De même, des concepts et outils classiques du traitement du signal et des images sont à présent déployés sur des structures de graphes. Ces idées ont connu un rapide essor ces dernières années au travers du développement d'outils d'échantillonnage de signaux sur graphe, de représentation spectrale, de débruitage, la définition de bancs de filtres, de bases ou de dictionnaires redondants sur graphe, etc. Beaucoup de questions et méthodes classiques en traitement du signal et des images restent à être ré-envisagées au jour de données indexées sur des graphes. Ceci implique aussi de se pencher sur certaines propriétés des structures de graphe (régularité, évolution au cours du temps, etc.) et outils d'analyse (matrices aléatoires, etc.), sur l'implémentation efficace d'algorithmes de traitement pour un passage à l'échelle, la distribution d'algorithmes sur les noeuds d'un graphe, etc. L'objectif de cette journée du GdR ISIS a été de confronter les points de vue sur l'analyse et le traitement de données sur ou codées par des graphes. Un appel à communication a été ouvert dans tous les domaines décrits dans la présentation de cette journée, plus particulièrement en apprentissage statistique sur graphes et/ou en traitement du signal (ou des images) sur des graphes.

Exposés : Romain Couillet : « Random matrices in Machine Learning », Emilie Kauffman : « A novel spectral algorithm for the identification of overlapping communities in networks », Aurélie Pirayre : « Gene regulatory network inference refinement using clustering », Hamid Krim : « Convexity, sparsity, nullity and all that in Data Analysis », Michel Barlaud : « Classification and regression using constrained convex splitting method ; Lasso or Graph regularization ? », Pierre Weiss : « Changement de contraste local optimal », Nicolas Tremblay : « Compressive spectral clustering and sampling of graph signals », Abderrahim El Moataz : « Nonlocal Tug-Of-War games with applications in graph signal processing », Luc Le Magoarou : « Transformée de Fourier rapide approchée sur graphe via approximation creuse multi-couche », Pierre Borgnat : « Subgraph-based filterbanks for graph signals ».

## 3.2 Activités de janvier 2013 à décembre 2017

### 3.2.1 Journées thématiques du thème A (hors Actions)

#### 1. Journée Décompositions tensorielles et applications

Date: janv. 2013.

Organisée par Laurent Albera (LTSI, Université de Rennes 1) et David Brie (CRAN, Université de Lorraine)..

Il existe au moins deux manières d'étendre la SVD au cas de tenseurs (i.e., tableaux à plus de deux entrées) : la décomposition de Tucker3 et la décomposition Canonique Polyadique (CP). Tandis que cette dernière permet de définir la notion de rang tensoriel et possède de bonnes propriétés en termes d'unicité, la décomposition de Tucker offre l'intérêt de permettre une meilleure adaptation aux données. Les décompositions tensorielles ont aujourd'hui des applications dans des domaines aussi variés que la psychométrie, la chimiométrie, la fouille de données, le génie biomédical, le traitement de signaux audio et les télécommunications. Ces décompositions permettent de prendre en compte explicitement l'aspect multidimensionnel des données offrant ainsi une alternative efficace aux approches matricielles d'analyse de données multidimensionnelles. L'objectif de cette réunion a été de faire le point sur les avancées méthodologiques récentes, les apports sur le plan applicatif et les problèmes ouverts.

Exposé tutoriel : Pierre Comon (CNRS, GIPSA-lab, Grenoble), Décompositions tensorielles et applications ; Sabine van Huffel (KU Leuven), The power of tensor algebra in medical diagnostic.

## 2. Journée Apport des théories de l'incertain en fusion d'informations

Date: oct. 2013.

Organisée par Didier Coquin (Univ. Savoie), Thierry Denoeux (UTC).

Les systèmes de fusion de données sont maintenant largement utilisés dans divers domaines comme par exemple les systèmes intelligents, les réseaux de capteurs et la robotique. La fusion de données multi-capteurs est une technologie qui permet de combiner des renseignements provenant de plusieurs sources afin de former une information de meilleure qualité. Mais certains problèmes rendent la fusion de données encore délicate. La majorité de ces problèmes découle de la nature des données à fusionner, de leurs imperfections et de la diversité des technologies des capteurs.

La gestion des imperfections des données est une partie intégrante de la fonction même de perception du système. Ces imperfections proviennent des capteurs, des datations pas toujours précises ni synchrones, de la dynamique de la scène observée (occultations, flou, déplacements). Il convient de maîtriser les imperfections et incertitudes associées, depuis l'acquisition des informations jusqu'au niveau de la prise de décision. Les méthodes de fusion de données permettent d'augmenter la connaissance sur l'état du système en tirant profit de la complémentarité des capteurs, d'améliorer la précision des estimations en exploitant la redondance des données et de gérer l'incertitude lors de la combinaison d'informations qui seront utilisées dans le processus de décision. La redondance peut provenir de l'utilisation de plusieurs sources d'information ou de la connaissance de l'évolution du système dans le temps.

Pour résoudre ces problèmes différentes techniques et méthodologies de fusion existent. Ces dernières s'appuient sur des théories capables de manipuler, de représenter et de propager des incertitudes et/ou des imprécisions inhérentes aux informations fournies par les capteurs. On peut citer parmi ces formalismes les approches ensemblistes ainsi que les théories des possibilités, des probabilités imprécises et des fonctions de croyances.

L'objectif de cette journée a été de faire un bilan des différentes méthodes qui existent et celles qui sont mises en œuvre dans les applications.

Exposés invités : Véronique Cherfaoui (Heudiasyc - UTC), la gestion des incertitudes et la fusion de données de capteurs : application aux véhicules intelligents ; Jean-François Grandin (Thales), Systèmes multi-capteurs et multi-plateformes.

### 3. Journée Problèmes inverses : approches myopes/aveugles, semi/non supervisées

Date: nov. 2014.

Organisée par Nicolas Dobigeon (IRIT, Toulouse), Jean-François Giovannelli (IMS, Bordeaux), Eric Thiébaud (CRAL, Lyon).

Cette journée a été consacrée aux récentes avancées dans la résolution de problèmes inverses. Un objectif a été d'aborder les cadres d'étude myopes et aveugles, c'est-à-dire lorsque l'opérateur d'acquisition (e.g., réponse instrumentale) est partiellement ou totalement inconnu. Par ailleurs, un intérêt particulier a été porté aux approches semi- et non-supervisées, qui permettent de s'affranchir ou d'estimer les hyperparamètres du modèle sous-jacent.

Exposés invités : Christine de Mol, Université Libre de Bruxelles, « Inversion aveugle et positivité » ; Lionel Moisan, Université Paris Descartes, « Utilisation de la cohérence de phase pour la déconvolution aveugle d'images » ; Laurent Mugnier, ONERA, « Restauration myope et identification de réponse instrument en imagerie optique à haute résolution : 2 problématiques, 2 approches, 4 possibilités ».

### 4. Journée Estimation de données manquantes

Date: oct. 2015.

Organisée par Caroline Chaux, Cédric Févotte, Valentin Emiya.

L'objectif de cette réunion a été de présenter des modèles, des méthodes et des algorithmes pour l'estimation de données manquantes. Ce thème recouvre par exemple des problèmes tels que l'inpainting (la reconstruction de pixels dans des images), la complétion de matrices (par exemple, pour le filtrage collaboratif) ou l'interpolation de signaux (échantillons manquants ayant par exemple pour origine un capteur défaillant). Les deux premiers problèmes font notamment actuellement l'objet de nombreux travaux. Les modélisations mathématiques des problématiques associées sont très variées et ont entraîné le développement de nouvelles techniques, relevant de l'apprentissage de dictionnaire, l'approximation matricielle de rang faible, l'optimisation convexe, l'apprentissage transductif, etc. En plus de ces aspects théoriques, cette réunion a permis également de présenter des aspects applicatifs pour lesquels de telles techniques ont été utilisées.

Exposés : Patrick Perez : « From image to video Inpainting, with Patches », Stéphane Canu : « Apprentissage et factorisation matricielle pour la recommandation », Sandrine Pirès : « Les données manquantes en Astrophysique », Konstantin Usevich : « Structured low-rank matrix completion : a convex relaxation », Jean-François Aujol : « Colorisation d'images basées exemples », Jean-François Giovannelli : « Segmentation non-supervisée d'images constantes par morceaux à partir de données incomplètes. Une approche Bayésienne et un algorithme d'échantillonnage. », Yann Traonmilin : « Un cadre pour la reconstruction de signaux de faible complexité et son application à la partition structurée », Valentin Emiya : « (How) Can we inpaint sounds like images? », Matthieu Kowalski : « Audio declipping with social sparsity ».

### 5. Journée Méthodes de traitement du signal avancées pour la navigation et la localisation

Date: sept. 2016.

Organisée par Jacques Blanc-Talon (DGA, Paris), Audrey Giremus (laboratoire IMS, Bordeaux), Mohamed Sahnouli (ISAE, Toulouse).

La navigation est au coeur de nombreuses applications. Que ce soit dans des domaines stratégiques, comme l'aviation civile et militaire, ou grand public, comme le développe-



ment de services personnalisés en téléphonie mobile ou les systèmes de transport intelligents (voiture autonome, drones), fiabilité et précision sont requises. Apparus dans les années 90, les systèmes de navigation par satellites constituent la pierre angulaire de nombreuses techniques de positionnement. Cependant, ils présentent des limitations inhérentes à leurs principes de fonctionnement et de déploiement. Différentes stratégies peuvent être envisagées pour améliorer les performances incluant des techniques de traitements avancées des signaux GNSS et des mesures de pseudo-distances, et la fusion avec d'autres types de capteurs. L'objectif de cette journée a été de dresser un panorama des développements les plus récents en traitement du signal pour la localisation et la navigation, allant de la réception et l'émission des signaux GNSS jusqu'aux problématiques de fusion et contrôle d'intégrité.

Exposés : Loïc Davain : « Observabilité et robustesse des méthodes de localisation : challenges et solutions », Fadoua Taia Alaoui : « A multi-hypothesis particle filtering approach for pedestrian dead reckoning », Sylvère Bonnabel : « Filtrage de Kalman invariant pour la navigation multi-capteurs », Martial Sanfourche : « Méthodes d'hybridation multi-capteurs », Nicolas Antigny : « Hybrid visual and inertial position and orientation estimation based on known urban 3D models », Guy Ruckbuche : « Panorama des techniques de fusion inertie-vision pour la navigation et la localisation », Anis Ziadi : « Application des techniques particulières pour le traitement des signaux GNSS au niveau récepteur : Acquisition et Poursuite », Georges Stienne : « Traitement de la phase des signaux GNSS en boucle ouverte », I. Nikiforov : « Availability of the MCMF RAIM FDE function – SAFE : Study of Autonomous Integrity For Enhanced Horizontal Operations – SESAR WP 9.27 », Marc Revol : « Hunt on hide signal detection for ERTMS Virtual balise », Mounir Adjrad : « Système de navigation globale par satellite aidé par la cartographie 3D comme solution au problème de positionnement urbain », Paul Honnin : « Approches non-GNSS de la localisation en environnement Indoor », Darius Djafari : « Performances de navigation basée vision pour mini-UAV : projet DECSA », Grégory Cazanave : « Lockkeeper : Localisation basée vision pour les drones ».

## 6. Journée Traitement d'antenne : signaux non gaussiens, non circulaires, non stationnaires

Date: déc. 2016.

Organisée par Jean-Pierre Delmas (Telecom SudParis), Pascal Chevalier (CEDRIC et Thales-Communications-Security) et Mohammed Nabil El Korso (LEME) .

Jusqu'au début des années 90, les outils développés pour la détection, la décision ou l'estimation paramétrique en traitement d'antenne faisaient souvent l'hypothèse de gaussianité, circularité et stationnarité des signaux reçus. Cependant, ces hypothèses peuvent être inappropriées pour certaines applications où les observations sont hétérogènes et/ou non circulaires et/ou non stationnaires et/ou non Gaussiennes, dégradant ainsi les performances des estimateurs classiques et/ou les rendant sous-optimaux. La prise en compte de la non gaussianité, la non stationnarité des observations ainsi que l'exploitation de la non circularité dans les traitements a ouvert de nouvelles perspectives tant sur le plan théorique ou conceptuel que sur le plan applicatif, et font actuellement l'objet de nombreux travaux.

L'objectif de cette journée a été de présenter des algorithmes avancés en traitement d'antenne pour la détection, la décision et l'estimation de paramètres d'intérêt dans le contexte de signaux non gaussiens, non circulaires et/ou non stationnaires. Durant cette journée, les aspects applicatifs des outils théoriques susmentionnés ont aussi abordés et présentés dans des contextes tels que le radar, les radio-communications, etc.

Exposés : Jean Philippe Ovarlez : « Schémas de détection adaptative robuste en environnement non Gaussien, hétérogène et en présence d'outliers - Application au traitement radar adaptatif spatio-temporel (STAP) », Frédéric Barbaresco : « Estimation de densités de probabilité paramétriques/non-paramétriques de matrices de covariance Toeplitz et (Toeplitz-)Bloc-Toeplitz Hermitiennes définies positives de signaux Radar non-gaussiens en amplitude et non stationnaires en Doppler en distance », Virginie Ollier : « Calibration robuste basée sur une modélisation SIRP en radio-interférométrie », Jean Pierre Delmas : « Non linear Volterra Beamforming », Ding Yuehua : « Widely linear detection in MIMO communications from non circularity to circularity », Pascal Chevalier : « SAIC/MAIC of rectilinear or quasi-rectilinear signals by WL FRESH filtering », Lucien Bacharach : « Performances d'estimation pour des signaux comportant des points de rupture », Quentin Hoarau : « Estimateur de Tyler régularisé dans le cas sous-déterminé », Application à la détection de canalisations enfouies par GPR », Christophe Culan : « Maximum likelihood methods, outlier rejection and adaptive detection for elliptically distributed noises », Ahmed Bitar : « Exploitation de la parcimonie dans l'estimation de la matrice de covariance et son application pour la détection des images hyperspectrales ».

## 7. Journée Inversion et problèmes multi-\*

Date: mars 2017.

Organisée par Nicolas Dobigeon (IRIT, Toulouse), Jean-François Giovannelli (IMS, Bordeaux), Eric Thiébaud (CRAL, Lyon).

La résolution de problèmes inverses suscite toujours autant l'intérêt de la communauté du traitement du signal et de l'image. Les nouveaux défis auxquels elle est confrontée l'invitent à continuellement proposer de nouveaux modèles et algorithmes, capables notamment d'appréhender la diversité et le volume des données à traiter et des objets à reconstruire. Ainsi, des développements récents ont-ils permis de proposer des approches non-supervisées, rapides, passant à l'échelle et fournissant des solutions dont la qualité peut être garantie. En particulier, dans ce contexte, de nouveaux paradigmes d'acquisition conduisent à se saisir des problématiques des données acquises et objets à reconstruire qui sont multi-variés, multi-valués, multi-capteurs ou multi-dates. L'hétérogénéité de ces données/objets « multi-<sup>\*</sup> » représente un verrou scientifique majeur qui nécessite à la fois de définir des fonctions objectives adaptées (e.g., choix du terme d'attache aux données, définition de régularisations appropriées) ainsi que des stratégies algorithmiques efficaces (hors ligne et en ligne). Cette journée a visé précisément à faire le point sur les récentes avancées pour la résolution de problèmes inverses permettant de traiter ces aspects multi-<sup>\*</sup>.

Exposés : Emilie Chouzenoux : « A Block parallel majorize-minimize memory gradient algorithm », Jérôme Bobin : « Robust sparse BSS and applications to astrophysics », Jean-François Cardoso : « Accurate extraction of the Cosmic Microwave Background from multi-frequency observations : some statistical considerations », Michael Unser : « Representer theorems for ill-posed inverse problems with sparsity constraints », Jean-Baptiste « Courbot : Détection de sources ténues dans des images hyperspectrales astronomiques », Pierre-Antoine Rodesch : « Un algorithme "one-step" de reconstruction tomographique en imagerie X-pectrale », Hadj-Youcef Mohamed elAmine : « Restauration à partir des données multispectrales floues et une réponse instrument non stationnaire », Hassan Mortada : « Séparation de sources retardées, paramétriques et corrélées », Clément Dorffer : « Méthodes informées de factorisation matricielle pour l'étalement aveugle d'un réseau de capteurs mobiles », Mathurin Massias : « Résolution

rapide de problèmes multi-tâches parcimonieux ».

## 8. Journée Entropies, divergences et mesures informationnelles classiques et généralisées

Date: mai 2017.

Organisée par Jean-François Bercher (ESIEE, LIGM, UMR-CNRS 8049) et Steeve Zozor (GIPSA-Lab, UMR-CNRS 5216).

Depuis les travaux pionniers de Shannon en théorie de l'information (suivant ceux de Hartley, Fadeev, Laplume, etc.), de nombreuses mesures d'incertitude ou d'information ont vu le jour, et ce dès le début des années 60, sous de nombreuses formes, que ce soit dans le domaine des mathématiques ou de la physique : entropie de Rényi, entropie d'Arimoto, entropie d'Harvdat-Charvát (redécouverte par Daróczy, Vajda, Lindhardt & Nielsen, Cressie & Reads ou encore Tsallis entre autres).

Si l'entropie de Shannon et ses fonctionnelles associées (information mutuelle, divergence de Kulback-Leibler) ont trouvé leur place naturelle dans le domaine des communications, plusieurs de ces entropies apparaissent également naturellement dans divers domaines du traitement du signal ou de la physique : divergence de Kolmogorov en détection, information de Fisher en estimation, divergence de Jensen-Shannon, divergence d'Hellinger en mécanique quantique, entropie de Tsallis pour les systèmes hors d'équilibre, entropie de Rényi-Havrda-Charvát pour des tests d'adéquation, . . . Les inégalités et identités du « trypique » usuel variance-entropie de Shannon-information de Fisher, centrés autour de la loi Gaussienne, trouvent de plus en plus leur(s) contrepartie(s) mettant en jeu des mesures d'informations généralisées.

L'objectif de cette journée a été de faire le point sur les développements récents en théorie de l'information (outils usuels ou généralisés), qu'ils soient fondamentaux (identités, inégalités, conséquences ou implications) ou appliqués dans divers domaines allant des mathématiques à la physique au sens large.

Exposés : Michèle Basseville : « Topo autour des entropies et divergences généralisées (définition, relations, intérêt de les étudier) », Bruno Torresani : « Mesures de concentration entropiques pour la représentation de signaux dans des frames et principes d'incertitude associés », Pauline Puteaux : « Correction d'images chiffrées par mesure entropique », Joelle Al Hage : « Approche informationnelle pour la fusion de données tolérante aux défauts », Jean-Marc Girault : « "Gradients" d'entropie de symétrie », Frédéric Barbaresco : « Structures géométriques élémentaires de la métrique de Fisher et l'entropie de Shannon basées sur les modèles de Jean-Marie Souriau et Jean-Louis Koszul », Olivier Rioul : « Un transport optimal vers l'inégalité de la puissance entropique », Saloua Chlaily : « Relations entre les mesures d'information et d'estimation dans un canal gaussien inadéquat », Nicolas Gillard : « Entropie de von Neumann et information de Holevo pour le signal quantique en présence de bruit », Philippe Regnault : « Taux d'entropie et de divergence de Rényi d'une chaîne de Markov ergodique : existence, forme explicite et interprétation dynamique en lien avec les escortes marginales de la chaîne », Rémy Boyer : « Large Deviation Analysis of the CPD Detection Problem Based on Random Tensor Theory », Giovanni Chierchia : « Opérateurs proximaux des phi-divergences ».

### 3.2.2 Journées Transversales inter-thèmes

#### 1. Journée Transmission Optique Sans-fil : problématiques et nouvelles avancées

Date: juin 2013 (avec thème D).

Organisée par M.A. Khalighi (Institut Fresnel), B. Fracasso (Télécom Bretagne), S. Sahuguède (XLIM).

Cette journée organisée par les thèmes A et D a été consacrée aux dernières avancées dans le domaine des communications optiques sans-fil (OWC, Optical Wireless Communications).

Ces dernières offrent des avantages techniques et opérationnels indéniables tels que : très forte bande-passante, robustesse aux interférences électromagnétiques, très grand confinement spatial permettant une réutilisation illimitée du spectre, sécurité inhérente, efficacité énergétique, absence de réglementation sur l'utilisation du spectre ou encore disponibilité et coût de composants largement utilisés dans les technologies de communications optique. En outre, les systèmes OWC peuvent être appliqués à une large gamme d'applications parmi lesquelles : liaisons LAN « outdoor », liaisons domestiques « indoor », télésurveillance indoor, réseaux de capteurs, éclairage intelligent (VLC), liaisons satellites, plates-formes d'altitude, communications sous-marines, liaisons sans-fil entre puces, cartes et calculateurs.

L'objectif de cette journée a été d'aborder les thématiques de recherche les plus récentes sur les systèmes OWC, notamment celles liées aux traitements de la couche physique de transmission.

Exposés tutoriaux : Z. Ghassemlooy (Northumbria University), Optical wireless communications - an overview ; M.A. Khalighi (Institut Fresnel), Outdoor FSO links : principles, limitations, and adverse channel effects ; S. Sahuguède (XLIM), B. Fracasso (Télécom Bretagne), Optical indoor communications : from healthcare monitoring to high-speed networks.

## 2. Journée Traitement du signal de données à valeurs complexes

Date: juin 2013 (avec thème B).

Organisée par Sandrine Anthoine (CNRS, LATP, Marseille), Caroline Chaux (CNRS, LATP, Marseille), Valentin Emiya (LIF, CNRS, Marseille), Clothilde Mélot (CMI, Marseille) Frédéric Richard (CMI, Marseille).

L'objectif de cette réunion a été de présenter des approches, modèles et algorithmes permettant de traiter, de manière spécifique, les données à valeurs complexes.

Un certain nombre de données peut naturellement présenter des valeurs complexes : imagerie IRM, térahertz, données sismiques, sonar ou radar à synthèse d'ouverture (RSO), par exemple. Une représentation complexe peut également enrichir des données initialement réelles (transformée de Hilbert et signal analytique, transformée de Fourier à court terme, transformées en ondelettes complexes ou en arbre dual) et produire des coefficients à valeur complexe.

Les modélisations mathématiques associées à ces types de données ont entraîné le développement de nouvelles techniques de traitement. C'est le cas de celles associées à la factorisation de matrices non négatives (NMF), à l'estimation de phase, ou encore aux techniques d'optimisation convexe étendues au cadre complexe.

En complément d'aspects plus théoriques, cette réunion a permis de présenter des aspects applicatifs dans lesquels ces techniques sont utilisées.

Exposés : Anaik Olivero, « Inférence bayésienne variationnelle pour la reconstruction des phases » ; Cédric Févotte, « Itakura-Saito NMF : un modèle probabiliste à facteurs latents pour la transformée de Fourier court-terme » ; Antoine Liutkus, « Transmission de champs optiques complexes à travers des milieux opaques : calibration et inversion » ;

Antoine Roueff, « Analyse d'images SAR polarimétriques interférométriques compactes pour l'estimation de la hauteur de végétation avec le modèle RVoG » ; Emilie Chouzenoux, « Algorithme de majoration-minimisation pour les fonctions à valeurs complexes. Application à l'Imagerie par Résonance Magnétique parallèle » ; Marianne Clausel, « Le synchrosqueezing bidimensionnel : un outil pour l'analyse de textures localement parallèles ».

### 3. Journée Reproductibilité en traitement du signal et des images

Date: janv. 2014 (avec thèmes B, C, D).

Organisée par Laurent Oudre (L2TI, Université Paris 13), Jean-Michel Morel (CMLA, ENS Cachan) et Gaël Richard (LTCI, Telecom ParisTech).

Depuis quelques années, des chercheurs issus de nombreux domaines en sciences fondamentales et appliquées ont soulevé la nécessité de pouvoir reproduire les résultats et les travaux de recherche. Cette reproductibilité n'étant pour le moment pas ou peu assurée par les articles de revue classiques, de nombreuses initiatives ont vu le jour (logiciels, revues, toolboxes, etc.) afin de permettre la réutilisation des algorithmes et une meilleure évaluation des résultats de recherche.

Le but de cette journée a été de discuter du concept de reproductibilité et de ses implications dans le travail de recherche en milieu académique (publications, code source, impact factor, etc.) et industriel. Cette journée a visé aussi à présenter certains outils et initiatives existants qui ont été développés pour accroître la reproductibilité des méthodes, algorithmes et travaux. Exposés : Victoria Stodden, « What is reproducibility? », Mark Plumbley, « Sustainable Software for Reproducible Research in Audio and Music », Nicolas Limare, « IPOL : A research journal for reproducibility in image processing », Emmanuel Vincent, « Evaluation campaigns and reproducibility », Julien Jomier, « Open Source and reproducibility », Patrick Vandewalle, « Reproducible research in image processing : experiences and impact ».

### 4. Journée Co-conception de systèmes hybrides : quand l'instrumentation et les traitements numériques se rencontrent

Date: oct. 2014 (avec thème B, C).

Organisée par Pauline Trouvé (Onera), Matthieu Boffety (IOGS), Mauricio Delbracio (ENS-Cachan), Andrés Almansa (Télécom Paris).

L'objectif de cette réunion était de renouveler la journée du GdR ISIS ayant eu lieu en 2013 sur le thème des nouvelles approches de conception de nouveaux systèmes d'acquisition pour lesquels le dispositif d'imagerie, de détection ou de mesure est fortement associé aux traitements numériques. En effet, dans de nombreux domaines, tels que la photographie numérique, la microscopie, l'astronomie ou l'imagerie radar, de nouveaux dispositifs d'acquisition sont développés pour dépasser les performances des systèmes traditionnels, en termes de qualité de signal, d'encombrement, ou pour leur ajouter de nouvelles fonctionnalités. Le principe est d'utiliser un dispositif d'acquisition, autrement dit un instrument, qui favorise l'efficacité des traitements, quitte à dégrader la qualité du signal brut en sortie du détecteur. Ceci donne lieu au développement de nouveaux systèmes « non conventionnels » ou « hybrides », pour lesquels l'instrument et les traitements sont indissociables. L'enjeu principal de la conception de ces nouveaux systèmes est alors d'optimiser simultanément les paramètres de l'instrument et des traitements. On parle alors de conception conjointe ou co-conception. Cette nouvelle approche repose alors sur : (1) la définition de nouveaux critères de conception caractérisant la performance globale du système en lien avec sa fonctionnalité, (2) l'uti-

lisation de ces critères pour optimiser conjointement les paramètres de l'instrument et des traitements.

Plusieurs thématiques entrent dans le cadre de cette journée : les nouvelles technologies (optique, détecteur, etc.) qui favorisent les traitements, les traitements associés à ces nouvelles solutions, la modélisation globale de la performance des systèmes, en lien avec leurs fonctionnalités, l'optimisation conjointe des paramètres d'un système pour une fonctionnalité donnée. Par rapport à la première édition, cette journée a été étendue également au GdR MIA et elle compte à présent quatre organisateurs. La réunion s'est déroulée sur une journée dans les locaux de l'école Telecom ParisTech autour de deux sessions thématiques : (a) la conception de nouveaux instruments et de nouveaux traitements non conventionnels et (b) les modèles de performance et l'optimisation de systèmes.

Ces sessions ont regroupé 7 interventions orales ainsi qu'une session poster avec 6 contributions. La date de la journée a été choisie afin que la journée suive la conférence ICIP (Internation Conf. on Image Processing), organisée à Paris. Ceci a permis de contacter et de faire venir des orateurs internationaux. Ainsi, deux chercheurs ont accepté de présenter leurs travaux en session invitées : Y. Tendo de l'UCLA (The coded exposure method : model, theory and algorithm) et P. Milanfar (Computational Imaging : From Photons to Photos) de Google ainsi qu'en session plénière : M. Ziegler (Depth, stereo and focus with sparse camera arrays) du IIS Fraunhofer.

### 5. Journée Représentations parcimonieuses, échantillonnage compressé et imagerie médicale

Date: nov. 2014 (avec thème C).

Organisée par Adrian Basarab (IRIT), Olivier Bernard (CREATIS), Denis Friboulet (CREATIS), Rémi Gribonval (Inria Rennes), Denis Kouamé (IRIT), Hervé Liebgott (CREATIS), Gilles Puy (Inria Rennes).

Journée organisée conjointement par les GdR STIC SANTE, GdR ISIS et Labex PRIMES. Les représentations parcimonieuses et l'échantillonnage compressé sont des sujets sur lesquels il existe aujourd'hui des recherches très actives. En particulier, dans le domaine de l'imagerie médicale, ils ont rencontré un important succès dans certaines modalités comme l'IRM, ce qui a motivé divers travaux dans les autres modalités d'imagerie biomédicale. L'objectif de cette journée commune aux GdR STIC-Santé / ISIS et Labex PRIMES a été de refaire le point à la fois sur les avancées méthodologiques récentes, les apports sur le plan applicatif en imagerie biomédicale, et les problèmes ouverts.

Exposés invités : Mike Davies - Compressed quantitative MRI ; Laurent Jacques - Observing the transparency : compressive optical deflectometry and refractive index imaging ; Matthieu Kowalski - A sparse synthesis approach in inverse problems with application to M/EEG.

### 3.2.3 Journées Inter GdR

#### 1. Journée Outils et méthodes en traitement des signaux électromyographiques

Date: mai 2013 (avec GdR STIC-Santé).

Organisée par Philippe Ravier & Olivier Buttelli (laboratoire PRISME, université d'Orléans), Elodie Lalo (équipe de Marie Vidailhet, Centre de Recherche de l'Institut du Cerveau et de la Moelle épinière, UPMC/INSERM/CNRS).

Actuellement, plusieurs laboratoires travaillent en France sur l'analyse de l'activité électromyographique pour différentes applications. Ces travaux tendent à améliorer l'ex-

traction d'informations concernant la commande neuromusculaire et l'environnement de travail de ce système. Ces thématiques trouvent leur intérêt, tant dans la communauté scientifique signal (nouveaux défis en estimation de délais variables, séparation de sources, classification) que dans la communauté de la santé au sens large (maladies neuro-dégénératives, ergonomie, activités physiques, commande de prothèses).

L'objectif de cette journée a été de susciter la rencontre des différents acteurs afin d'échanger sur les expertises développées, voire engager de nouvelles collaborations.

Exposés invités : Roberto Merletti (Director of the Lab. for Engineering of the Neuro-muscular System (LISiN), Politecnico di Torino, Italy), Surface electromyography : half a century of research ; Pascal Madeleine (Sensory Motor Interaction Institute, Université d'Aalborg, Danemark), Outils d'analyses non linéaires des signaux électromyographiques de surface.

## 2. Journée Thématique Interface-Cerveau Machine

Date: juin 2013 (avec GdR STIC-Santé).

Organisée par Alain Rakotomamonjy (Univ. Rouen), Nadine Vigouroux (IRIT, Toulouse), Guy Carrault (Univ. Rennes 1).

Cette journée thématique a été organisée conjointement par le GdR ISIS, Thème A et le GdR Stic-Santé.

Si le concept de BCI est né il y a plus de quarante ans, les premiers résultats expérimentaux sont apparus plus récemment et les applications concrètes commencent à se dessiner. Cette journée (qui s'inscrit donc dans la continuité de la précédente organisée par le GdR-STIC santé, INRIA-Jalons, l'équipe TAO du LRI, INRIA Italie (place d'), le CNRS et l'AFIA le 20 Mai 2010) a été l'occasion de procéder à un bilan de ces deux dernières années sur les BCI, de tenter de montrer des systèmes fonctionnels et d'effectuer un bilan d'évaluation des systèmes expérimentés. Ces évaluations font naître de nouveaux problèmes qu'il conviendra de préciser (impact sur la modélisation, disponibilité des données, apprentissage, application temps réel, filtrage).

Exposés invités : F. Cabestaing (Lille), pour un panorama des recherches sur le BCI sur ces dix dernières années ; M. Clerc (INRIA-Sophia), Apprentissage par renforcement pour le BCI.

## 3. Journée Acquisition/Echantillonnage comprimé : quelles réalisations/applications pratiques ?

Date: sept. 2014 (avec GdR Soc-SiP).

Organisée par Patricia Desgreys (LTCI/IMT/Télécom ParisTech) et Laurent Daudet (Institut Langevin / Université Paris Diderot).

Cette journée thématique organisée conjointement par les GdR ISIS et SoC-SiP a été consacrée aux applications concrètes des travaux dans le domaine de l'acquisition comprimée (ou Compressed Sensing, CS) depuis que le concept a été défini par E. Candes et D. Donoho en 2004. Cette théorie montre que la plupart des signaux (à représentation parcimonieuse dans une base élémentaire) peuvent être échantillonnés linéairement avec un taux d'échantillonnage très faible (proportionnel à leur parcimonie). Ainsi le CS permet d'acquérir une information avec un nombre réduit d'observations, potentiellement bien moindre que selon les critères de Shannon-Nyquist.

Depuis ces publications fondatrices, l'acquisition comprimée a été très étudiée, particulièrement pour le choix des bases de projection et l'optimisation des algorithmes de reconstruction. Concrètement le CS peut être utilisé pour réduire la complexité et la

consommation dans un grand nombre de domaines d'applications : radio-intelligente, acquisition d'ondes acoustiques ou optiques, acquisition de signaux médicaux. Plus récemment, des réalisations physiques illustrant les principes de l'acquisition comprimée ont été publiées pour la conversion analogique à information (A2I), l'acquisition de signaux radio, ou l'imagerie. Nous avons proposé, lors de cette journée, de faire un bilan des applications concrètes visées par le CS, des premières réalisations et de leurs performances.

Exposés invités : C. Studer (Cornell University) and Qiuting Huang (ETH Zurich), Analog-to-Information Converters : From Applications to Circuits ; Laurent Jacques (UC Louvain), Optique et acquisition comprimée : déflectométrie schlieren compressive et reconstruction de cartes d'indice de réfraction.

#### 4. Journée Outils en géométrie de l'information et probabilités dans les espaces abstraits pour le traitement du signal et des images

Date: déc. 2015 (avec GdR MIA).

Organisée par Frédéric Barbaresco et Yannick Berthoumieu.

Le GdR ISIS, sous le patronnage du GdR MIA, a organisé une journée le 4/12/2015 sur la géométrie de l'information et les probabilités dans les espaces abstraits pour le traitement du signal et de l'image au sens large.

Le domaine de la géométrie de l'information et des probabilités dans les espaces abstraits (variétés différentielles, espaces métriques, graphes), qui s'appuient sur des résultats de mathématiciens, physiciens et de statisticiens de renom tels que, sans être exhaustif, Fréchet, Koszul, Souriau, Balian, Fisher, Rao, Chentsov, Amari, offre aujourd'hui un cadre mature propice à générer de nouvelles avancées pour la communauté des traiteurs du signal et de l'image au sens large. En effet, abordant les problèmes de détection, d'estimation ou de classification sous l'angle de la géométrie différentielle et de la géométrie dans les espaces métriques, la géométrie de l'information et les probabilités dans les espaces abstraits permettent d'envisager des solutions à la fois élégantes et numériquement efficaces à de nombreux problèmes génériques en traitement du signal et de l'image, classiquement traités par l'algèbre linéaire. Enfin, ces approches géométriques ont notamment l'intérêt d'exploiter des métriques invariantes et ainsi d'écartier tout arbitraire dans le choix des formes considérées ou du système de coordonnées.

Ainsi, en géométrie de l'information, une source (signal, image, vidéo, etc.) sera vue comme un point dans un espace métrique. Un tel espace est généralement une variété dotée d'une métrique riemannienne, ou pseudo-riemannienne grâce à laquelle il est possible de définir toute une série de grandeurs intrinsèques d'intérêt pour résoudre des problèmes visant à classer, analyser ou interpréter des signaux, images ou vidéo. En probabilité dans les espaces abstraits, il s'agit de façon similaire de redéfinir la notion de mesure et de densité sur ces variétés, ainsi que les outils statistiques associés.

L'enjeu pour nous traiteurs du signal et de l'image est donc de savoir si l'utilisation de mesures, de critères, de lois a priori intrinsèques à ces espaces permet d'obtenir de nouveaux algorithmes, ou à défaut une meilleure connaissance de ceux qui existent déjà et une plus profonde connaissance des structures de l'information traitée.

L'objet de la journée organisée par le GdR ISIS a visé à permettre à notre communauté de faire un point sur les derniers développements en géométrie de l'information et en probabilités dans les espaces abstraits, et de favoriser les échanges interdisciplinaires avec la communauté des mathématiques et de la physique statistique.



Exposés : Silvère Bonnabel : « Borne de Cramer-Rao intrinsèque sur les groupes de Lie », Salem Said : « Lois Gaussiennes dans les espaces de matrices de covariance : nouveaux outils pour l'apprentissage statistique », Mohamed Daoudi : « Quelques résultats récents en géométrie différentielle et ses applications en analyse de formes 3D et la reconnaissance d'activités humaines », Louis Korczowski, Marco Congedo, and Christian Jutten : « Classification multi-utilisateurs simultanée de signaux électro-encéphalographiques par géométrie Riemannienne », Alexis Decurninge : « Interpolation riemannienne pour l'estimation de la covariance d'un canal de communication », Alice Le Brigant : « Distance entre chemins dans une variété différentielle », Emmanuel Chevallier : « Estimation non paramétrique de densité de probabilité sur les espaces de lois Gaussiennes munies de métriques Riemanniennes », Luigi Malago : « Optimisation au deuxième ordre sur la variété des distributions gaussiennes », Christophe Saint-Jean : « Estimation adaptative pour les modèles de mélange dans les familles exponentielles », Marion Pilté : « Détection de changements sur filtres de Kalman : utilisation de la distance entre modèles multivariés gaussiens au sens de la géométrie de l'information, estimée par tirs géodésiques ou calcul de bornes », Anass Bellachehab : « Consensus dans les espaces métriques CAT(k) avec topologie variable », S. Puechmorel et F. Nicol : « Espaces de courbes : métriques et densités ».

### 5. Journée Co-conception de systèmes hybrides : quand l'instrumentation et les traitements numériques se rencontrent

Date: juin 2016 (avec thème B et GdR MIA).

Organisée par Pauline Trouvé (Onera), Matthieu Boffety (IOGS), Yohann Tendero (CNRS LTCl, Télécom ParisTech, Univ Paris-Saclay), Andrés Almansa (CNRS LTCl, Télécom ParisTech, Univ Paris-Saclay)..

L'objectif de cette journée a été de discuter des nouvelles approches de conception de systèmes d'acquisition pour lesquels le dispositif d'imagerie, de détection ou de mesure est fortement associé aux traitements numériques.

Dans de nombreux domaines, tels que la photographie numérique, la microscopie, l'astronomie ou l'imagerie radar, de nouveaux dispositifs d'acquisition sont développés pour dépasser les performances des systèmes traditionnels, en termes de qualité de signal, d'encombrement, ou pour leur ajouter de nouvelles fonctionnalités. Le principe est d'utiliser un dispositif d'acquisition, autrement dit un instrument, qui favorise l'efficacité des traitements, quitte à dégrader la qualité du signal brut en sortie du détecteur. Ceci donne lieu au développement de nouveaux systèmes « non conventionnels » ou « hybrides », pour lesquels l'instrument et les traitements sont indissociables.

L'enjeu principal de la conception de ces nouveaux systèmes est alors d'optimiser simultanément les paramètres de l'instrument et des traitements. On parle alors de conception conjointe ou co-conception. Cette nouvelle approche repose alors sur : (1) la définition de nouveaux critères de conception caractérisant la performance globale du système en lien avec sa fonctionnalité et (2) l'utilisation de ces critères pour optimiser conjointement les paramètres de l'instrument et des traitements. Lors de cette journée seront abordées plusieurs thématiques : les nouvelles technologies (optique, détecteur, etc.) qui favorisent les traitements, les traitements associés à ces nouvelles solutions, la modélisation globale de la performance des systèmes en lien avec leurs fonctionnalités et l'optimisation conjointe des paramètres d'un système pour une fonctionnalité donnée.

Exposés : G. Sapiro : « The death of the camera shake problem », N. Sabater : « Field processing : from plenoptic cameras to camera arrays (Invité) », J. Louchet : « Estima-

tion de profondeur par caméra monoculaire », T. Briand : « Peut-on définir et construire des images parfaites (et comment ?) », W. Hauser : « Camera Miniaturization in the Digital Age », S. Perrault : « Imagerie 3D exploitée par le CSIG, application à la vision industrielle », L. Mignard-Debise : « Single-Lens Light Field Imaging : What Exactly is the Equivalent Camera Array ? », A. Houillot : « Reconstructions 3D d'hologrammes 2D pour la Microscopie », M.-A. Burcklen : « Nouvelle méthode de conception des systèmes d'imagerie basée sur l'optimisation conjointe de l'optique et du traitement d'image », R. Falcon : « Binary Phase Masks for Depth of Field Extension : The Role of the Rings », S. Landeau : « Evaluation d'imageurs à super-résolution au moyen de mires fractales binaires »,

## 6. Journée Traitement du signal et des images pour la biologie

Date: juin 2016 (avec thème B et GdR MIV).

Organisée par David Brie (CRAN, Université de Lorraine, CNRS), Nicolas Lomenie (LI-PADE, University Paris Descartes) et Pierre Borgnat (Laboratoire de Physique, Ens de Lyon, CNRS).

En biologie, et plus généralement dans les sciences du vivant, beaucoup de données sont prises sous forme d'images ou de signaux d'une très grande richesse, pour l'analyse desquels il est de plus en plus nécessaire d'employer des techniques avancées de traitement du signal et des images.

Par exemple, les décompositions tensorielles sont employées pour de la spectroscopie de fluorescence ou pour améliorer les études en chromatographie, le suivi de particules ou de cellules dans des images biologiques fait largement appel à des méthodes de signal telles qu'on les verrait en radar ou sonar, la spectroscopie et l'imagerie par IRM ont été des motivations mises en avant de développements de certaines méthodes de régularisation de signaux ou d'images (par exemple sous hypothèse de parcimonie), des analyses de la chromatine ou du génome font aussi appel à des techniques évoluées de traitement de signal ou des images.

Plus globalement, toutes les formes d'imagerie en biologie bénéficient des apports de techniques de traitement d'image pour améliorer leur résolution, leur contraste, leur qualité générale.

L'objectif de la journée a été de faire un état des avancées récentes des méthodes et techniques de traitement du signal et des images qui sont employées et développées pour l'étude de données en biologie.

Exposés : Rasmus Bro : « Tensors in biology », Maud Kerebel : « Imagerie en résonance paramagnétique électronique », Jeremy E. Cohen : « The many faces of compression in multilinear algebra », Sebastian Miron : « Two applications of multilinear algebra in biology », Somia Rahmoun : « Piecewise curve computation for polymer chain reptation analysis », Jean-Christophe Olivo Marin : « Quantitative biological imaging : from cellular dynamics to animal behaviour », S. Labouesse : « Promoting blindness in structured illumination microscopy », Yi Yin : « Quantification of tumor cellularity from non-invasive diffusion-weighted MRI », Chloé Murtin : « Three-dimensional image analysis of high resolution confocal microscopy data of the drosophila melanogaster brain », Thierry Pécot : « Counting-based particle flux estimation for traffic analysis in live cell imaging », Claire Barbieux : « Force volume imaging for the characterization of the mechanical properties of cancerous cells »,

## 7. Journée NeuroSTIC 2016

Date: 23 et 24 juin 2016 (avec thèmes B, C, les GdR BioComp, SoC/SiP, Robotique et

INRIA.

Organisée par Martial Mermillod (Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition), Benoît Miramond (Laboratoire d'Electronique, Antennes et Telecommunications), Vincent Gripon (Lab-STICC).

Ces journées NeuroSTIC se sont déroulées dans les locaux de l'INRIA à Grenoble. À cette occasion une session In<sup>2</sup>Tech dédiée aux systèmes neuro-inspirés a été proposée.

Convaincus que les questions scientifiques dans ce domaine se trouvent à la croisée de nombreuses disciplines, nous avons proposé un programme mêlant neurosciences, informatique, sciences cognitives, traitement du signal et électronique.

Les Rencontres Inria Industrie Régionales, appelées Séminaires In<sup>2</sup>Tech en Rhône-Alpes, ont pour vocation d'être un lieu de rencontre entre start-ups, industriels et chercheurs. L'objectif de ces séminaires est, autour d'un thème précis, d'identifier les tendances technologiques, de favoriser les échanges d'informations entre les différents acteurs de l'écosystème et de stimuler l'émergence de nouvelles collaborations.

Intervenant : Mathieu Thevenin (CEA), Cordelia Schmid (Inria), Bruno Poucet (LNC), Rodolphe Héliot (Schneider), Camille Couprie (Facebook), Olivier Brousse (Global Sensing Technologies), Ramesh Caussy (Partnering Robotics), Kamel Mekhnacha (Probayes), Naila Murray (Xerox Research), Vincent Nguyen (NVIDIA), Georges Malliaras (Mines), Stéphane Rousset (LPNC), Stéphane Mallat (ENS), Bertrand Thirion (NeuroSpin), Nicolas Farrugia (Lab-STICC).

## 4 Thème B : Image et vision

**DSA : François Goudail (PR 63, Institut d'optique , Palaiseau), Frédéric Devernay (CR INRIA LIG UMR 5217) (2013-2014), Cédric Demonceaux (PR Le2i FRE CNRS 2005) (2014-), Ludovic Macaire (PR 61CRISAL UMR CNRS 9189), Jenny Benois Pineau (PR 27 LABRI UMR 5800) (2013-2014), Su Raun (PR LITIS EA 4108) (2015-)**

Le thème B fédère l'ensemble des acteurs sur les thématiques "Image et Vision". Nous avons choisi de l'organiser autour de quatre axes, dont chacun adresse un aspect de la chaîne de l'image, en allant du capteur jusqu'à l'extraction d'information de haut niveau.

### 4.1 Axe 1 : physique, capteurs, traitements

Aujourd'hui, un imageur n'est plus simplement un instrument mais un système complet. Les méthodes de traitement d'images sont parties intégrantes de ces systèmes et doivent donc être développées en interaction avec les "thématiciens", utilisateurs des informations (physiciens, biologistes et médecins, spécialistes de l'environnement, ...) et les concepteurs de systèmes d'imagerie.

L'objectif de cet axe est de favoriser cette interaction, dans le but d'améliorer l'efficacité globale des systèmes d'imagerie. Il peut s'agir de prendre en compte la physique des scènes observées et les propriétés des capteurs pour améliorer l'extraction d'information à partir des images, ou, d'une manière plus innovante, de concevoir les algorithmes de traitement des images conjointement avec le système d'imagerie.

Cet axe est de nature pluridisciplinaire, à l'interface entre la physique, les mathématiques appliquées et le traitement d'image. Il est commun avec le GdR Ondes (qui comprend un groupe thématique du même nom), ce qui marque une volonté forte des deux GdR de fédérer leurs communautés autour de cet enjeu stratégique. Les activités de l'axe 1 s'articulent autour des deux actions suivantes.

- **Extraction d'information et physique des images.**

L'objectif de cette action est de promouvoir les approches où le système d'imagerie et le traitement d'images sont développés de manière conjointe afin d'optimiser le système global. Dans ce but, il convient de susciter un dialogue et des collaborations toujours plus étroits entre les physiciens concepteurs de systèmes d'imagerie et les spécialistes du traitement d'images.

- **Images et télédétection.**

L'objectif de cette action est de créer des liens entre les équipes de traitement d'images de télédétection et d'organiser des journées sur des thèmes liés aux spécificités des données de télédétection, aux méthodologies propres à l'observation de la Terre, ou à l'émergence de besoins applicatifs. Cette action est développée en partenariat avec le Centre de Compétences Techniques Traitement du Signal et des Images du CNES (CCT TSI) qui traite du même sujet, l'idée étant de regrouper les laboratoires de recherche et les industriels du domaine.

## 4.2 Axe 2 : vision, géométrie 3D, mouvement

Cet axe s'intéresse à l'analyse de scènes statiques ou en mouvement à partir d'imagerie optique. Les images sont issues le plus souvent de la photographie numérique, de caméras vidéo, ou de séquences de films de cinéma, mais peuvent également être issues de caméras dont la géométrie est non-standard (caméras catadioptriques, caméras plénoptiques ou light-field, caméras à ouverture codée ou programmable, ...).

Les scènes étudiées comportent toutes les difficultés liées aux images naturelles, notamment en termes de photométrie (illumination complexe, matériaux de réflectance inconnue), de géométrie (objets articulés ou déformables, systèmes optiques complexes), et de visibilité (occultations partielles, transparences). Il s'agit ici de faire l'analyse de la scène au cours du temps à partir de capteurs de vision (éventuellement en mouvement) pour reconstruire le 3D des parties fixes ; localiser les caméras relativement à la scène ou encore pour étudier toute ou une partie de la scène pour y recueillir des informations.

Les objectifs des méthodes déployées s'expriment le plus souvent en termes de temps d'exécution (par exemple à cadence vidéo pour la localisation à partir d'images, le suivi ou la reconnaissance d'actions), de précision (par exemple par comparaison d'une reconstruction 3D avec une vérité terrain), ou sur d'autres critères comme la qualité subjective du rendu pour les méthodes de rendu photo-réaliste à partir d'images (voir action Qualité, images, vidéos et données 3D de l'axe 3). Ces méthodes ont subi ces dernières années des mutations importantes qui ont nécessité d'intégrer des techniques aussi variées que le calcul intensif et distribué, le traitement de masses de données, la synthèse d'images photo-réalistes, la manipulation d'objets de géométrie complexe, ou l'apprentissage, qui sont traitées au sein du GdR ISIS ou dans d'autres GdR (IG, Vision). D'autre part, l'évolution des architectures (notamment GPU) et de la puissance de calcul a permis de développer ces dernières années des méthodes dans lesquelles l'interactivité prend une place de plus en plus importante.

Les activités de l'axe 2 s'articulent autour de deux actions :

- **Vision 3D.** Cette action a pour objectif d'étudier les méthodes de vision par ordinateur pour l'analyse de scène 2D/3D. Elle s'intéresse notamment au lien entre mouvement de caméras et géométrie de la scène pour la reconstruction 3D (approche dite *Structure From Motion*) mais aussi à la modélisation 3D et à l'étude de la dynamique des scènes complexes. Pour ce faire, on retrouve dans cette action les problèmes liés à la localisation et la cartographie à partir de la vision (SLAM), le suivi et la localisation 3D d'objets, la reconstruction 3D à partir de caméras non standard (catadioptriques, sphériques, plénoptiques, caméras 3D...).
- **Visage, geste, action et comportement.** Cette action a pour but d'analyser les mouvements humains à partir de séquence vidéo. Pour cela, cette action étudie comme extraire des caractéristiques pertinentes sur le sujet pour en faire une analyse comportementale à plus haut niveau pour des applications interactives ou de surveillance.

Entre janvier 2013 et décembre 2017, huit journées thématiques ont été organisées dans le cadre de ces actions et trois autres ont également eu lieu hors de ce cadre.

### 4.3 Axe 3 : systèmes de vision, perception et connaissance

Les acteurs de l'axe 3 se focalisent sur l'imagerie couleur au sens large du terme et sur l'estimation de la qualité des images et des vidéos. Les avancées méthodologiques dans ce domaine passent notamment par l'utilisation de méthodes d'apprentissage statistique afin d'analyser des masses d'images acquises par de nouveaux imageurs, tels que les capteurs RGB-D ou les caméras multi-spectrales. Les domaines d'utilisation tels que la robotique imposent des acquisitions dans des conditions non contrôlées, ce qui pose de nombreux problèmes pour l'évaluation de la qualité des images sans référence. Les thèmes abordés se situent aussi bien dans les traitements bas-niveau (calibration, filtrage,..) que pour les traitements haut-niveau (reconnaissance d'objets, analyse de textures, interprétation des scènes 3D). Les outils privilégiés par ce thème sont la représentation par graphes, les algèbres vectoriels adaptés aux images multi-variées ainsi que les outils morphologiques qui s'appuient sur de nouvelles relations d'ordre. L'une des caractéristiques de cet axe est l'intégration de l'observateur dans la chaîne de traitements et d'évaluation de la qualité des images. Par conséquent, la notion de saillance visuelle est fortement développée afin d'évaluer la qualité de transmission et/ou compression des images. Les activités de l'axe 3 s'articulent autour des deux thématiques suivantes, qui correspondent à deux Actions :

- **Combinaison de la couleur avec d'autres modalités**

Les dispositifs multi-modaux concernés sont notamment l'imagerie multi-spectrale en champ proche et ceux couplant l'information couleur avec l'information de profondeur. Le caractère complémentaire de la profondeur et de l'information visuelle (RGB) fournies par ces dispositifs soulève de nouvelles questions d'analyse mais offre des solutions potentielles aux problèmes classiques de la vision par ordinateur. Les problématiques mises en jeu portent principalement sur le traitement des données vectorielles et l'interaction entre modèles mathématiques et perceptuels.

- **Evaluation de la qualité des images, des vidéos et des données 3D**

Les domaines d'application visés par cette action sont l'imagerie à grande gamme dynamique (High Dynamic Range Imaging ou HDRI), les dispositifs d'affichage d'images 3D basés notamment sur des procédés stéréo, la métrologie et le contrôle qualité

non destructif. Les problématiques et enjeux concernent les métriques, les protocoles d'évaluation et la qualité d'expérience. L'exploitation de la saillance visuelle permet d'intégrer l'observateur aux systèmes d'évaluation de la qualité des images et vidéos.

#### 4.4 Axe 4 : recherche d'informations et masses de données image et vidéo

Les objectifs scientifiques de cet axe sont la compréhension et de l'interprétation du contenu des masses d'images et de vidéos, en développant des outils méthodologiques qui prennent en compte les nouvelles dimensions des grandes masses de données et leur hétérogénéité. L'objectif est également de faire coopérer les outils d'analyse et de classification des contenus visuels complexes afin de réduire le fossé sémantique entre l'interprétation de ces informations proches du signal et l'identification des concepts dits de « haut niveau ». Par ailleurs, la diversification des domaines d'application, notamment la forte croissance de la demande sociétale en analyse, compréhension et recherche d'information médicale ont demandé une collaboration pluridisciplinaire avec notamment le GdR STIC-Santé. Ici il s'agit d'adapter des méthodes de description du contenu/analyse et indexation aux spécificités des différentes modalités des images médicales.

#### 4.5 Activités de janvier 2013 à décembre 2017

##### 4.5.1 Thème B, axe 1

###### 1. Action *Extraction d'information et physique des images*

Dates(s): mars 2013 (avec GdR Ondes), nov. 2013, mars 2014 (GdR Ondes), oct. 2014, mars 2015, nov. 2015, mars 2016 (GdR Ondes), juin 2016, sept. 2016, mars 2017 (GdR Ondes), oct. 2017 (avec les GdR MIA et MaDICS).

Animée par Matthieu Boffety, Julien Fade, Corinne Fournier.

Une activité régulière de cette action est l'organisation, chaque année, des journées d'imagerie optique non-conventionnelles. Le domaine de l'imagerie optique "non conventionnelle" se situe 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.

De 2013 à 2017 ont également été organisées trois journées plus spécialisées sur la co-conception de systèmes d'imagerie (une quatrième est en préparation), coorganisées avec le GdR MIA, une journée sur le traitement des signaux polarimétriques optique et radar ainsi qu'une journée sur les systèmes de vision grand angle, multi-canaux et plénoptiques en collaboration avec l'axe 2 du thème B. Comme l'objectif de cette action est de contribuer à l'émergence de communautés à l'interface de plusieurs domaines, nous essayons, lorsque c'est pertinent, d'organiser plusieurs journées sur le même thème à un ou deux ans d'intervalles afin de contribuer à former et à fédérer une communauté sur un sujet qui nous semble important.

Journée 1. Journées d'imagerie optique non-conventionnelle, 8<sup>o</sup> édition (19-20 mars 2013) Organisée par François Goudail, Vincent Devlaminck (avec le GdR Ondes).

La réunion s'est déroulée sur deux jours et comportait plusieurs sessions thématiques : co-conception, imagerie et information, optique et acous-

tique, microscopie, imagerie de polarisation, ainsi qu'une session poster. Elle a réuni 85 participants venant de laboratoires et d'entreprises.

- Journée 2. Co-conception de systèmes hybrides (22 novembre 2013) Organisée par Pauline Trouvé, Matthieu Boffety, Mauricio Delbracio.

L'objectif de cette réunion était de discuter des nouvelles approches de conception de systèmes d'acquisition pour lesquels le dispositif d'imagerie, de détection ou de mesure est fortement associé aux traitements numériques. L'enjeu principal de la conception de ces nouveaux systèmes est d'optimiser simultanément les paramètres de l'instrument et des traitements. On parle alors de conception conjointe ou co-conception.

La réunion s'est articulée autour de trois sessions thématiques : conception de nouveaux instruments et de nouveaux traitements, modèles de performance, et optimisation de systèmes. Elle a réuni 44 participants.

- Journée 3. Journées d'imagerie optique non-conventionnelle , 9<sup>e</sup> édition (19-20 mars 2014) Organisée par Matthieu Boffety, Julien Fade, Corinne Fournier (avec le GdR Ondes).

La réunion s'est déroulée sur deux jours. Elle comprenait plusieurs sessions thématiques : imagerie hautes énergies, tomographie et holographie, problèmes inverses, nouveaux concepts en imagerie, imagerie multi- et hyperspectrale ainsi qu'une session poster. Elle a réuni 122 participants autour de 26 contributions orales et 20 posters. Les participants venaient de laboratoires français et étrangers et d'entreprises.

- Journée 4. Co-conception de systèmes hybrides : quand l'instrumentation et les traitements numériques se rencontrent (31 octobre 2014) Organisée par Pauline Trouvé, Matthieu Boffety, Mauricio Delbracio, Andrés Almansa.

Devant le succès de l'édition 2013, il a été décidé d'organiser une deuxième journée sur ce thème en 2014, en collaboration avec les thèmes A et C du GdR ISIS. Elle comprenait les sessions thématiques suivantes : modèles de performance et optimisation, instruments et traitements numériques non-conventionnels, ainsi qu'une session posters. Elle a réuni 51 participants et a accueilli deux orateurs invités étrangers : Peyman Milanfar (University of California - Google) et Yoan Tendero (UCLA).

- Journée 5. Journées d'imagerie optique non-conventionnelle , 10<sup>e</sup> édition (11-12 mars 2015) Organisée par Matthieu Boffety, Julien Fade, Corinne Fournier (avec GdR Ondes).

Les JIONC 2015 ont marqué les 10 ans de cette manifestation qui a su réunir depuis 2005 les communautés travaillant à l'interface entre le domaine de l'imagerie et du traitement de l'information, réunissant GdR ISIS et GdR Ondes. Pour marquer cette édition anniversaire, nous avons accueilli quatre présentations invitées qui ont reflété la diversité des thématiques abordées dans ces journées depuis une décennie. La réunion s'est déroulée sur deux jours. Elle comprenait plusieurs sessions thématiques : "compressed sensing", imagerie polarimétrique, super-résolution, applications biomédicales, segmentation et reconstruction, ainsi qu'une session poster. Elle a réuni 130 participants autour des 4 exposés invités, 21 contributions orales et 15 posters. Les participants venaient de laboratoires français et étrangers et d'entreprises.

- Journée 6. Systèmes de vision grand angle, multi-caméra et plénoptiques (18 novembre 2015) Organisée par Guillaume Caron, Cédric Demonceaux, François Goudail.  
L'objectif de cette journée co-organisée avec l'axe 2 du GdRS ISIS était de rassembler les acteurs de la vision à champ de vue non conventionnel en France. Elle a rassemblé des exposés allant de la modélisation des caméras grand angle et plénoptiques et le traitement de leurs images aux applications en robotique, en sécurité et pour le cinéma, en passant par la conception des capteurs de vision infrarouge et/ou multi-caméras. La journée s'est terminée par une discussion où des questions ont été soulevées, comme, par exemple, "où placer la barre entre les systèmes multi-caméra et plénoptiques?". Elle a été coorganisée avec l'axe 2 du thème B et a rassemblé 40 participants.
- Journée 7. Journées d'imagerie optique non-conventionnelle , 11<sup>o</sup> édition (16-17 mars 2016) Organisée par Matthieu Boffety, Julien Fade, Corinne Fournier (avec le GdR Ondes).  
Le domaine de l'imagerie optique connaît des progrès conceptuels et technologiques importants, en rupture avec les approches "conventionnelles" de conception des systèmes. Ces progrès sont rendus possibles par l'interaction toujours plus grande entre la conception optique, le traitement du signal et des images, et le développement de nouvelles technologies de capteurs. Ces journées visent à réunir les acteurs nationaux (académiques et industriels) de ces différents domaines, afin d'échanger sur les plus récents développements de systèmes ou de traitements pour l'imagerie "non-conventionnelle" et d'évaluer leurs applications potentielles. La réunion s'est déroulée sur deux jours. Elle comprenait plusieurs sessions thématiques : reconstruction, microscopie sans lentilles, imagerie polarimétrique, critères d'optimisation, imagerie dans les milieux diffusants. Elle a réuni une centaine de participants autour de deux exposés invités, deux exposés "focus" de 25 min sélectionnés parmi les contributions, 21 contributions orales et 13 posters.
- Journée 8. Co-conception de systèmes hybrides : quand l'instrumentation et les traitements numériques se rencontrent (17 juin 2016) Organisée par Pauline Trouvé, Matthieu Boffety, Andrés Almansa, Yohann Tendero.  
L'objectif de cette réunion était de renouveler la journée conjointe des GdR ISIS et MIA ayant eu lieu en 2013 et 2014 sur le thème de la conception de systèmes d'acquisition où le dispositif d'imagerie, de détection ou de mesure est fortement associé aux traitements numériques. La réunion a réuni 52 participants et s'est organisée autour de trois sessions thématiques : Capteurs et traitements non conventionnels, Enjeux industriels et applications, Modélisation, conception et évaluation. Ces sessions ont regroupé 11 interventions orales, dont trois exposés invités (deux industriels nationaux et un académique international) : Guillermo Sapiro (Duke University), Wolf Hauser (DxO Labs), Neus Sabater (Technicolor).
- Journée 9. Traitement de signaux polarimétriques optiques et radar (29 septembre 2016) Organisée par Frédéric Galland et Elise Koeniguer.  
De nombreuses techniques d'imagerie exploitent la nature polarimétrique des signaux, aussi bien dans le domaine des ondes optiques que du radar. Si les méthodes de traitement des signaux et des images polarimétriques présentent des similitudes entre ces deux domaines, elles ne sont pas iden-



tiques, tant du point de vue des techniques employées que des grandeurs mesurées et des difficultés rencontrées. L'objectif de cette journée était de favoriser les échanges et de développer les synergies entre les deux communautés confrontées à ces problématiques.

Cette journée était organisée autour de deux exposés invités et 8 contributions orales. Elle a réuni 43 participants.

- Journée 10. Journées d'imagerie optique non-conventionnelle , 12<sup>o</sup> édition (15-16 mars 2017) Organisée par Matthieu Boffety, Julien Fade, Corinne Fournier (avec le GdR Ondes).

La réunion s'est déroulée sur deux jours. Elle comprenait plusieurs sessions thématiques : speckle et imagerie, imagerie biomédicale en milieux diffusants, instrumentation non-conventionnelle, traitement du signal en imagerie radar, imagerie computationnelle, imagerie 3D pour le vivant. Elle a réuni une centaine de participants autour de deux exposés invités, 24 contributions orales et 11 posters.

- Journée 11. Co-conception : capteurs hybrides et algorithmes pour des systèmes innovants (20 octobre 2017) Organisée par Pauline Trouvé, Matthieu Boffety, Andrés Almansa, Yohann Tendero, en collaboration avec les GdR MIA et MaDICS.

La conception de systèmes d'acquisition d'images a connu un renouveau grâce aux approches "co-conçues" pour lesquelles le dispositif d'imagerie, de détection ou de mesure est étroitement associé aux algorithmes employés pour traiter les données. Ces journées étaient ouvertes à plusieurs thématiques : nouvelles modalités d'imagerie non-conventionnelle, nouveaux algorithmes associés à ces instruments, co-conception système-traitement. Destinée à favoriser les échanges entre tous les acteurs (industriels, académiques) sur ces questions, cette rencontre a réuni une cinquantaine de participants autour de 12 exposés oraux et 15 posters.

## 2. Action Images et télédétection

Dates(s): avril 2014, avril 2016, oct. 2017.

Animée par Emmanuel Trouvé, Florence Tupin, Stéphane May, commune avec le CCT TSI du CNES.

Le traitement d'images de télédétection regroupe un large champ d'activités, tant au niveau méthodes qu'au niveau applicatif. L'objectif de cette action est de réunir les acteurs de la communauté autour de thèmes particulièrement actifs.

- Journée 1. Fusion des données en télédétection (10 avril 2014) Organisée par Florence Tupin, Emmanuel Trouvé, Stéphane May.

Sur le thème général de la fusion de données de télédétection, la journée a été décomposée en trois parties : fusion de données provenant de différents capteurs, fusion de données de télédétection et de données exogènes, méthodes de fusion d'information à partir d'une seule image ou de plusieurs images issues d'un même capteur. Cette journée a permis de mettre en évidence la multiplicité des thématiques que peut recouvrir le terme de "fusion" lorsqu'il s'agit de données de télédétection, aussi bien au niveau des données manipulées que des méthodes exploitées.

Journée 2. Imagerie hyperspectrale : quelles données ? quels traitements ? Quelles applications ? (18 avril 2016) Organisée par Abdourrahmane Atto, Gwendoline Blanchet, Loïc Denis, Adrien Deschamps, Nicolas Dobigeon, Vincent Martin, Stéphane May.

L'acquisition d'un grand nombre de bandes spectrales offre de nouvelles informations très détaillées sur les scènes observées. Ceci ouvre la voie vers de nouvelles utilisations des images, en élargissant les possibilités de détection et d'identification dans des domaines d'application civils et militaires. L'objectif de cette journée organisée conjointement par le GdR ISIS et la CCT TSI du CNES était de mettre en avant des algorithmes innovants permettant de valoriser la donnée hyperspectrale, de montrer comment exploiter ces informations qui ne sont pas accessibles via d'autres capteurs, et de faire un point sur des cas d'applications originaux de l'imagerie hyperspectrale. Elle a réuni 97 participants.

Journée 3. Séries d'images multi-temporelles à haute revisite (6 octobre 2017) Organisée par Abdourrahmane Atto, Loïc Denis, Stéphane May.

Les systèmes satellites récents (Sentinel, Pléiades/SPOT, TerraSAR-X/Tandem-X, CosmoSkyMed, Radarsat, etc.) ouvrent de nouvelles perspectives du fait de leur déploiement en constellation et de la complémentarité des modalités d'acquisition qu'ils proposent. Différentes questions méthodologiques se posent avec les volumes importants de données, et de nouvelles perspectives apparaissent du point de vue applicatif : quelles caractérisations pertinentes peut-on espérer atteindre en termes d'évolutions spatiales et en prenant en compte la haute résolution temporelle ? Cette journée organisée conjointement par le GdR ISIS et la CCT TSI du CNES a permis de faire le point sur ce sujet, en abordant à la fois les modalités optique et radar. Elle a réuni une centaine de participants autour de 13 exposés dont 4 invités.

#### 4.5.2 Thème B, axe 2

L'axe 2 se focalise essentiellement sur deux actions : Vision 3D et Visage, geste, action et comportement, mais a également organisé trois journées hors action qui émanent des demandes de nos collègues lors de la dernière AG. La première était sur le suivi multi-objets dans les séquences vidéo, la deuxième sur l'étude des systèmes de vision non standards avec l'axe 1 et enfin une journée multidisciplinaire relevant de l'ensemble des axes sur le TSI pour l'art et le patrimoine. Toutes ces journées sont détaillées ci-dessous.

##### 1. Action *Vision 3D*

Dates(s) : février 2014, juin 2016, juin 2017.

Animée par Adrien Bartoli (Professeur, ISIT UMR 6284, Clermont-Ferrand), Frédéric Devernay (LIG, UMR 5217, Grenoble).

Cette action concerne les liens entre vision par ordinateur et géométrie pour reconstruire et analyser le modèle 3D d'une scène pouvant être fixe ou composée d'objets dynamiques et/ou déformables.

Journée 1. Analyse conjointe des images RGB-Depth (Février 2014) Organisée par Frédéric Devernay (axe 2) et Ludovic Macaire (axe 3). Journée conjointe avec l'axe 3 (description plus loin).

Journée 2. Vision et modélisation 3D d'environnements dynamiques (Juin 2016 (avec GdR Robotique)) Organisée par Adrien Bartoli, Cédric Demonceaux et Pascal Vasseur.

Cette journée avait pour objectif de faire le point sur les techniques récentes d'analyse de scènes 3D fortement dynamiques. A travers d'onze exposés, les orateurs ont dressé un état des connaissances sur la gestion des objets en mouvement et des occultations durant l'acquisition et la reconstruction ; la détection, la représentation et la reconstruction 3D des objets déformables, la mise à jour incrémentale du modèle d'une scène 3D dynamique. Durant cette journée, il a été possible de couvrir à la fois des travaux de recherche théorique (modélisation, suivi, extraction de caractéristiques) et applicatifs (cartographie pour la robotique mobile, modèle 3D déformable pour le médical, analyse de geste).

Journée 3. Réalité Augmentée (Juin 2017) Organisée par Marie-Odile Berger et Eric Marchand.

Cette journée dédiée à la Réalité Augmentée (RA) visait à rassembler les chercheurs de cette discipline en forte expansion en envisageant l'ensemble des technologies nécessaires à la mise en oeuvre d'applications de RA. Cette journée a permis de présenter les dernières avancées en réalité augmentée aussi bien dans des environnements classiques que dans des environnements déformables (applications médicales). Cette journée a réuni 74 participants autour de 11 présentations provenant du monde académique comme industriel.

## 2. Action *Visage, geste, action et comportement*

Dates(s): octobre 2013, décembre 2014, décembre 2015, novembre 2016, décembre 2017.

Animée par Catherine Achard (Maitre de Conférences, ISIR UMR 7222, Paris), Patrick Horain (Maitre de Conférences, TELECOM SudParis, Evry), Rémi Ronfard (DR INRIA, LJK UMR 5224, Grenoble).

Cette action concerne l'extraction du mouvement humain (visage, mains, corps, gestes) à partir de séquences vidéo, et son analyse à plus haut niveau (tâches, comportement), notamment pour des applications interactives ou de surveillance.

Journée 1. Atelier scientifique sur l'Emotion (Octobre 2013) Organisée par Emmanuel Dellandréa (École Centrale de Lyon), Rémi Ronfard (INRIA/LJK), Catherine Achard (UPMC), Raphaëlle Chainé (LIRIS), Christel Chamaret (Technicolor), Christophe Ducottet (Télécom Saint-Étienne), Patrick Horain (Télécom Sud Paris), Patrick Lambert (Univ. Savoie).

Cette journée a été organisée à Lyon dans le cadre du projet régional LIMA2, soutenue par le pôle de compétitivité Imaginove et le GdR ISIS (action "Visage, geste, action et comportement"). Son but était d'offrir l'opportunité d'échanges sous forme d'exposés et de discussions entre des chercheurs de différentes communautés (informaticiens, cognitivistes, psychologues, physiologues, ...) travaillant sur l'émotion à partir de différents media et/ou modalités (son, image, vidéo, visage, ...), cette thématique étant aujourd'hui difficile à aborder de part la méconnaissance des mécanismes humains mis en oeuvre. L'atelier était composé d'exposés invités (Gérard

Bailly (Gipsa-lab), Philippe Guillotel (Technicolor), Marc Mehu (NCCR Affective Sciences, Genève), Catherine Pelachaud (LTCl)) et de contributions autour des thèmes proposés.

Journée 2. Analyse par vision artificielle de l'être humain (Décembre 2014) Organisée par Patrick Horain, Catherine Achard, Rémi Ronfard.

Cette journée faisait suite à la conférence IEEE Intelligent Human Computer Interaction (IHCI 2014), et couvrait l'ensemble des thèmes de l'action.

Journée 3. Atelier scientifique sur les interactions Homme/Machine (Décembre 2015) Organisée par Patrick Horain, Catherine Achard, Rémi Ronfard .

Une journée, soutenue par le labex SMART, sous forme d'atelier scientifique sur le thème des interactions Homme/Machine a été organisée en décembre 2015 . Son objectif était de permettre à différentes communautés travaillant sur les interactions Homme/Machine à partir de différents media et/ou modalités (son, image, vidéo, visage, signaux physiologiques,...) d'échanger leurs expériences à travers différents exposés et discussions ouvertes. Cet atelier a ainsi permis à plus de 90 participants de faire le point sur la reconnaissance d'émotion, de gestes interactifs ou encore la modélisation et la détection de l'engagement dans les interactions autour de 6 contributions orales et 14 posters.

Journée 4. Visage, geste, action et comportement (Novembre 2016) Organisée par Patrick Horain, Catherine Achard, Rémi Ronfard .

Fort du succès rencontré par les journées précédentes, cette journée s'est focalisée sur la reconnaissance des émotions d'un sujet à travers l'analyse de ses gestes. Pour ce faire, la journée s'est attachée à modéliser les gestes d'une personne pour le domaine artistique, le contrôle d'un robot, la reconnaissance d'activités, la prédiction d'émotion, ou encore la décomposition d'un geste sportif. Cette journée a fait l'objet de 8 présentations orales et de 10 posters présentés devant plus de 70 participants.

Journée 5. Visage, geste, action et comportement (Décembre 2017) Organisée par Catherine Achard, Christian Wolf .

La dernière journée de l'action visage, geste et comportement a lieu le 7 décembre 2017. Elle fera le point sur les avancées en reconnaissance d'émotions, de geste et d'actions en mettant l'accent sur les méthodes d'apprentissage profond qui ont permis d'améliorer de manière substantielle les résultats ces dernières années.

### 3. Journée Suivi multi-objets dans les séquences vidéos complexes

Date: octobre 2015.

Organisée par Isabelle Bloch, Donatello Conte et Séverine Dubuisson.

Le domaine de l'analyse de vidéos suscite de plus en plus l'intérêt des chercheurs au fur et à mesure qu'évoluent les technologies. Un des domaines de recherche les plus développés ces quinze dernières années a été la détection et le suivi d'objets, dont l'objectif est de détecter et de suivre des entités dans une séquence vidéo. De nos jours, le suivi mono ou multi-objets est une des thématiques majeures de la vision par ordinateur. Bien que des résultats remarquables aient été obtenus ces dernières années, le sujet reste très ouvert à cause de la diversité des problèmes à résoudre ainsi que

des défis posés par le suivi d'objets dans les séquences vidéo. L'objectif de la journée fut d'explorer les problématiques liées au suivi d'objets dans des vidéos. Ces problématiques font appel à un domaine de recherche très vaste, allant des traitements de bas niveau jusqu'à des méthodes d'apprentissage et de raisonnement évoluées, par exemple pour reconnaître des actions ou des éléments précis dans les scènes. Les thèmes abordés étaient les suivants : des problématiques et des challenges ouverts dans le suivi multi-objets (e.g. occultations, modélisation de scènes, méthodes structurelles, etc.) ; des outils pour l'évaluation des systèmes de suivi ; des applications telles que l'interaction homme-machine, le contrôle de trafic et la surveillance. Ces thématiques ont été développées à travers 10 exposés devant plus de 100 participants.

#### **4. Journée Systèmes de Vision Grand Angle, Multi-Caméra et Plénoptique**

Date: novembre 2015.

Organisée par Guillaume Caron, Cédric Demonceaux (axe 2) et François Goudail (axe 1).

L'objectif de cette journée, conjointe entre l'axe 1 et 2, était de rassembler les acteurs de la vision à champ de vue non conventionnel en France. De plus en plus de caméras catadioptriques font leur apparition sur le marché, montrant un début de démocratisation de ce type de caméra et ouvrent un nombre important d'applications qu'il reste à envisager. Alors que la modélisation des caméras omnidirectionnelles centrales a été largement étudiée, la géométrie à point de vue non central continue de stimuler la recherche. La combinaison de plusieurs caméras de ce type, ou de types complémentaires, pour augmenter le champ de vue ou l'échantillonner différemment est un autre axe de recherche d'actualité avec, en particulier, l'étude de la vision plénoptique. L'ensemble de ces thèmes (vision catadioptrique, réseau de caméras, caméra sphérique, caméra plénoptique...) ont été abordé à travers 9 exposés et devant plus de 50 participants.

#### **5. Journée Traitement du Signal et des Images pour l'art et le patrimoine**

Date: mai 2016.

Organisée par Aladine Chetouani, Christophe Ducottet, David Picard, Patrice Abry.

Cette journée inter-axes avait pour objectif de réunir les chercheurs et les industriels dont les travaux trouvent des applications dans le domaine de l'art, l'histoire de l'art ou du patrimoine culturel. Le développement des technologies numériques notamment autour de l'image, est un enjeu important pour la préservation, la restauration, l'étude, la création et la diffusion des objets, monuments, oeuvres, documents issus du domaine artistique et culturel. Réciproquement, les problèmes soulevés par ces problématiques posent de nouveaux challenges à la communauté scientifique de la vision par ordinateur et du traitement de l'image comme en témoignent l'augmentation des publications et la présence de sessions spéciales dans des conférences de référence de ces domaines. Cette journée s'intéressait donc à toutes les méthodes d'acquisition, de traitement et d'analyse de contenu dans le contexte spécifique de l'art et du patrimoine telles que : la préservation du patrimoine ; la reconstruction et la visualisation ; l'analyse et la gestion de contenu. Cette journée a fait l'objet de onze exposés devant plus de 50 participants, ce qui témoigne de l'intérêt de la communauté pour la thématique.

##### **4.5.3 Thème B, axe 3**

Les acteurs de l'axe 3 se focalisent sur deux actions touchant à l'imagerie couleur au sens large du terme et à l'estimation de la qualité des images et des vidéos. Par ailleurs,

deux réunions sur le contrôle qualité au moyen de la mesure dimensionnelle par vision ont été organisées en marge des deux actions.

### 1. Action *Couleur et dispositifs multimodaux*

Dates(s): mars 2013, février 2014 (avec axe 2), nov. 2015, mai 2016 (avec le GdR Robotique) et juin 2017.

Animée par Philippe Carré, Olivier Lezoray, Alamin Mansouri et Frédéric Morain-Nicolier.

Cette action qui se concentre sur la combinaison de la couleur avec d'autres modalités pour améliorer les performances des traitements, a organisé cinq journées.

Journée 1. Modélisation et similarités des images Multicomposantes, outils mathématiques et perceptuels (mars 2013) Organisée par Frédéric Morain-Nicolier et Philippe Carré.

L'objectif de cette journée concerne la modélisation des images pour les comparer. Les présentations ont pris en compte le caractère vectoriel des données, en suivant par exemple une approche formelle. Les modèles décrits ont été confrontés avec ceux décrivant le système visuel humain. En effet, les modèles de perception remettent en cause les mesures classiques (métriques) de comparaison d'images, qui méritent alors d'être adaptées. Un des exemples abordés est l'utilisation d'outils pointus dans des cadres applicatifs artistiques.

Journée 2. Analyse conjointe des images RGB-Depth (conjointe avec l'axe 2) (février 2014) Organisée par Frederic Devernay (axe 2) et Ludovic Macaire (axe 4).

Lors de cette journée, nous avons passé en revue les développements récents issus de l'analyse conjointe des images RGB-depth portant sur l'analyse bas et haut niveaux des images, comme par exemple la calibration, le filtrage, le suivi et la reconnaissance des objets ou personnes. Par ailleurs, l'analyse des activités humaines dans une scène 3D a été abordée, et plus particulièrement la reconnaissance d'activité, l'analyse de gestes, la détection et l'estimation de la pose des mains, la classification des gestes et la cartographie de scènes 3D.

Journée 3. Outils de représentation, traitement et analyse des images couleur et multispectrales) (novembre 2015) Organisée par Alamin Mansouri, Philippe Carre, Frédéric Morain-Nicolier et Yannick Berthoumieu.

Longtemps confinée à la télédétection et la mesure en champ lointain du fait du coût des imageurs et leurs contraintes d'entretien, les applications de l'imagerie multispectrale en champ proche connaissent aujourd'hui une forte expansion, grâce aux avancées technologiques récentes à la fois des capteurs d'images, des sources de lumière et des filtres. Nous entendons par proche toute exploitation ne nécessitant pas un capteur aéroporté ou satellisé. Parmi les domaines d'application les plus prometteurs, on peut citer sans être exhaustif : le contrôle qualité en agroalimentaire, l'étude d'oeuvres d'art, etc. Lors de cette journée, sont réactualisées les problématiques suivantes déjà abordées en imagerie couleur : caractérisation de texture, réduction de dimensionnalité des données, apprentissage et classification, visualisation, etc.. L'exploration de champs proches a également donné naissance à de nouvelles problématiques scientifiques telles que sélection de caractéristiques, dématricage C-SFA, estimation de la réflectance,

intégration de modèles physiques, visualisation, impression, séparation de sources, etc.) auxquelles se confronte une communauté de chercheurs tant académiques qu'industriels.

- Journée 4. Analyse des données RGB-Depth pour la robotique (conjointe avec le GdR Robotique) (mai 2016) Organisée par Olivier Lezoray, Patrick Rives (GdR Robotique) et Ludovic Macaire.

Les caméras RGB-D sont devenues récemment très populaires en robotique par exemple pour la navigation de robots, la cartographie, la reconnaissance gestuelle ou encore la réalité augmentée. Les problématiques liées l'analyse des données RGB-D dans le contexte de la robotique ont été abordées dans cette réunion. Trois domaines d'intervention ont été convertis, à savoir, l'analyse des images RGB-D (Calibration, Inpainting, compression), la détection et reconnaissance des objets (estimation de la pose, invariant couleur, segmentation) et l'analyse de scènes pour la robotique mobile (reconnaissance d'actions 3D, reconstruction de cartes denses).

- Journée 5. Imagerie multi-spectrale et couleur (juin 2017) Organisée par Alamin Mansouri, Yannick Berthoumieu et Ludovic Macaire.

Les principaux thèmes abordés lors de cette réunion relèvent de problèmes spécifiques à l'acquisition et à l'analyse d'images multi-spectrales représentant des scènes proches du capteur. Lors de cette journée, nous avons également mis l'accent sur plusieurs applications récemment développées et impliquant l'analyse de nombreuses bandes spectrales dans les domaines du visible et du proche infra-rouge. Les points abordés ont été : l'acquisition et le pré-traitement d'images multi-spectrales pour l'Analyse de textures. Trois applications ont été présentées dans les domaines de la biométrie, l'agriculture de précision et le tri des déchets.

## 2. Action *Qualité, images, vidéos et données 3D*

Dates(s): sept. 2013 (avec GdR Vision), juin 2014 (avec GdR Vision), nov. 2015, oct. 2016 (avec Thème D).

Animée par Christine Fernandez-Maloigne, Christophe Charrier et Hakim Saadane.

Quatre réunions organisées par cette action ont porté sur les liens très forts entre qualité et saillance visuelle. A la demande du club des partenaires, une réunion a abordé la qualité d'expérience pour les services mobiles.

- Journée 1. La saillance visuelle et son exploitation dans l'amélioration des algorithmes de traitement d'images et l'évaluation de la qualité d'images (septembre 2013) Organisée par Pascal Mamassian (GdR Vision), Christophe Charrier, Christine Fernandez et Hakim Saadane.

Les recherches actuelles en neurosciences cognitives permettent de décrire la sélection ascendante (bottom-up) de caractéristiques saillantes parmi les données visuelles. La saillance visuelle est la partie du système attentionnel qui dépend des données, par opposition avec les biais descendants (top-down) qui dépendent de l'observateur et de la tâche en cours. Ceci est particulièrement important dans des tâches d'évaluation de la qualité d'une image ou d'une vidéo car le jugement que l'on porte doit être lié aux propriétés intrinsèques des données.

Cette journée a eu pour objectif de recenser les modèles les plus récents permettant de construire des cartes de saillance, puis de montrer leur ap-

plication à des algorithmes de segmentation et d'analyse d'images et de vidéos.

- Journée 2. La saillance visuelle : de son exploitation à son évaluation (juin 2014) Organisée par Vincent Courboulay, Christine Fernandez et Nathalie Guyader (GdR Vision).

Après le vif succès rencontré lors de la première journée autour de la saillance (plus de 60 participants), les GdRs ISIS et Vision ont tenu une deuxième journée, pendant laquelle les organisateurs ont tenté de répondre aux questions soulevées, entre autres, sur la saillance visuelle et les modèles usuels de carte de saillance. Ils se sont aussi focalisés sur la validation des algorithmes de saillance qui intègrent des métriques classiques (NSS, ROC, etc...).

Par ailleurs, des présentations relevant de l'aspect vérité-terrain avec oculomètre ainsi que la notion de saillance liée à l'expert, à l'usage ont été particulièrement appréciées. Elles contribuent au développement de métriques de qualité d'images ou de vidéos basées sur des modèles du système visuel humain.

- Journée 3. Qualité d'expérience et services mobiles (novembre 2015) Organisée par Christophe Charrier, Christine Fernandez et Hakim Saadane.

Dans un avenir proche, les applications et les services mobiles devraient devenir la principale source de revenus des fournisseurs de contenus et des opérateurs. Cependant, l'ampleur de ce succès attendu dépend principalement de la capacité d'évaluer et d'optimiser e cacement la Qualité d'Expérience (QoE) de l'utilisateur final. Cette journée du GdR ISIS a fait le point sur les recherches, à toutes ces étapes, dans ce domaine très actuel de la Qualité d'expérience pour les services mobiles. Les exposés ont porté sur les thématiques suivantes : les facteurs d'Influence de la QoE, l'évaluation subjective de la QoE et les métriques de qualité objectives relatives à liée à la facilité d'utilisation Relations entre QoS and QoE.

- Journée 4. Saillance visuelle et applications au tatouage et à la compression d'images et de vidéos (avec thème D) (octobre 2016) Organisée par Frédéric Dufaux, Vincent Courboulay (thème B) et William Puech (thème D).

Ces dernières années, de nombreuses études ont porté sur l'attention visuelle débouchant sur un nombre important de nouvelles méthodes d'extraction de la saillance visuelle ainsi que son utilisation dans diverses applications aussi bien comme outil de guidage (extraction d'objets, suivi, ...) ou bien son utilisation comme étape intermédiaire permettant de focaliser uniquement sur certaines régions (qualité d'image, tatouage, ...). Parmi les thématiques émergentes exploitant la saillance, cette réunion se focalise sur les méthodes de tatouage numérique d'images ou de vidéos. Dans le cadre de cette journée, entre thème B et thème D, qui fait suite aux deux journées précédentes sur la saillance visuelle, une attention particulière a été apportéeaux applications industrielles ou académiques de type sécurité ou compression des images.

### 3. Journée Mesure dimensionnelle par vision

Date: fév. 2013 et avril 2014.

Organisée par Tadeusz Sliwa et Yvon Voisin.



Ces deux journées, organisées en partenariat avec le réseau Mesure, Modèles et Incertitudes du CNRS et sous le patronage du Club CMOI, ont pour but de rapprocher les communautés scientifiques portées sur l'acquisition et le traitement d'images ou de données 3D issues de capteurs optiques avec celles portées vers la mesure. Le besoin d'un tel rapprochement paraît d'autant plus indispensable que, contrairement à d'autres technologies, les utilisateurs se retrouvent confrontés à une absence de qualifications et de normes métrologiques.

Ces journées ont visé à explorer les mesures dimensionnelles dans leurs divers contextes applicatifs et à faire échanger les communautés scientifiques sur les aspects métrologiques associés.

#### 4.5.4 Thème B, axe 4

Les acteurs de l'axe 4 ont poursuivi l'animation de la recherche en concordance avec les perspectives définies dans le document du renouvellement du GdR-ISIS 2014-2018 selon trois Actions. Une d'elles "Indexation et recherche d'information multimédia : IRIM" a été en fort progrès pendant la période de référence et a intégré des réflexions sur de nouvelles méthodes d'apprentissage statistique en multimédia, deux nouvelles actions ont été définies, notamment une Action conjointe avec le GdR STIC-Santé (jusqu'en 2015) et une Action qui reflète les changements en indexation et recherche multimédia vers l'intégration des informations de sources multiples, distribuées et hétérogènes. Pendant la période de référence, le rayonnement de l'axe 4 du GdR-ISIS sur le plan international s'est concrétisé en

- organisation des Ateliers internationaux indépendants et dans le cadre des congrès internationaux majeurs en vision et participation au congrès national GRETSI

Dans la première catégorie nous citons l'atelier annuel CBMI (Indexation Multimédia par le contenu) soutenu systématiquement par IEEE avec le référencement en *ieeexplore*. Cet atelier a été systématiquement labellisé par le GdR-ISIS et les animateurs des actions font partie du comité de pilotage et du comité d'organisation et du programme. L'atelier est tenu en alternance en France et dans des pays européens, dont le spectre s'est élargi. CBMI'2014 a été tenu en Autriche (Klagenfurt) et CBMI'2015 est tenu en République Tchèque (Prague), CBMI'2016 a été tenu en Roumanie et en 2017 il est organisé par le centre prestigieux Media Integration de l'Université de Florence, dirigé par A. Del Bimbo à Florence.

Dans la seconde catégorie nous avons co-organisé un nouveau domaine dans le congrès majeur en Multimédia ACM MM 2014 : Multimédia pour la Société et le programme des Ateliers au congrès ACM ICMR'2017.

Enfin dans le congrès majeur national GRETSI nous participons en tant que membres du comité de programme et contribuons dans la thématique "Décision et Interprétation"

- édition des ouvrages collectifs avec également des contributions des participants et animateurs des actions.
  1. Fusion in Computer Vision : Understanding complex visual content, B. IONESCU, J. BENOIS-PINEAU, G. QUENOT (Eds), Springer, 2014, 272p.
  2. Health Monitoring and Personalized Feedback using Multimedia Data, A. Briasouli, J. Benois-Pineau, A. Hauptmann (Eds), Springer, 2015.

3. Special Issue on biomedical image segmentation using variational and statistical approaches, dans la revue IRBM, Elsevier, 2014, (suite à la journée GdR-ISIS "Segmentation d'images médicales : approches variationnelles et statistiques").

4. Visual content indexing and retrieval with psycho-visual models, J ; Benois-Pineau, P ; Le Callet, (Eds), Springer, 2017, 267p..

- élargissement de participation aux challenges internationaux

Les équipes de recherche traditionnellement impliquées sous l'égide de l'action IRIM au défi international TRECVID ont également participé au défi Mediaeval (EURECOM). Le consortium IRIM a obtenu de très bon résultats dans la tâche Instance Search (INS) du challenge TRECVID. Elle a été classée 2ème sur 7 participants et le meilleur run est classé 7ème sur 31 runs au total.

Dans la suite de ce bilan nous développons les activités par Action.

### 1. Action Recherche et indexation d'information médicale

Dates(s): juin 2013, fév. 2014, juin 2015, déc. 2015 (avec thème A), mai 2016, oct. 2016, mars 2017 (avec thème D).

Animée par Ch.Hamitouche-Djabou,(PR Télécom Bretagne, Brest), F. Rousseau (MCF LSIT, Strasbourg), S. Ruan (LITIS EA 4108), Khalifa Djemal (IBISC FRE 3190), Guy Carrault (LTSI UMR 1099).

Cette Action était conjointe avec le GdR STIC-Santé (jusqu'à la fin 2014 où le GdR STIC-Santé a été arrêté). Elle est focalisée sur les contenus spécifiques tels que ceux des images médicales, dans la continuité des journées d'animation que l'Action "Segmentation, structuration et interprétation des images et des objets vidéo". Les thématiques de recherche se sont concentrées autour de deux grands thèmes mutuellement complémentaires et liés :

- segmentation et recalage des images médicales
- recherche et indexation de l'information médicale, biologique et de la santé au sens large.

Journée 1. Segmentation d'images médicales : approches variationnelles et statistiques (7 juin 2013) Organisée par Su Ruan, Christine Toumoulin, Djemal Khalifa. De nombreuses approches dans le domaine de la segmentation d'images médicales ont été développées et continuent de se développer pour l'aide au diagnostic, le suivi des patients, l'évaluation des traitements thérapeutiques, et des études statistiques sur certaines populations ou certaines maladies. Malgré des progrès en résolution et en rapport de signal sur bruit des imageries médicales (IRM, PET-Scan, TDM, etc.), la segmentation des images 2D ou 3D reste toujours un problème ouvert.

L'objectif de cette journée consistait à faire le point sur les travaux actuels en France dans ce domaine, en privilégiant les développements récents des approches variationnelles et statistiques, avec l'intégration et la modélisation des connaissances a priori pour la segmentation d'images mais aussi de présenter les besoins, les attentes des utilisateurs.

Conformément à notre mode de fonctionnement, la moitié de la journée a été présentée par des orateurs invités, faisant un état de l'art sur ces techniques et leurs applications. Cette journée a réuni 30 personnes environ.

Journée 2. Extraction des caractéristiques pour l'analyse d'images médicales (3 février 2014) Organisée par Chafiaa Hamitouche-Djabou, François Rousseau, Su Ruan.

Lorsque le volume des données d'entrée d'un algorithme est très important et possiblement redondant, il peut être intéressant de transformer ces données en une représentation plus compacte. Cette transformation est appelée "extraction de caractéristiques". Cette étape de réduction de dimension vise ainsi à extraire l'information pertinente à partir des données afin d'effectuer la tâche désirée.

Les progrès en résolution des images médicales, l'utilisation de multiples modalités (IRM, échographie, scanner X, ECG, imagerie optique, etc.) ainsi que le suivi longitudinal de cohortes de patients génèrent une masse de données multimodales toujours croissante. Il apparaît ainsi que l'extraction de caractéristiques est un point central pour le traitement et l'analyse d'images médicales. Cette journée s'est intéressée notamment à la définition de signatures élémentaires et de descripteurs (éventuellement multi-échelles et/ou multi-modaux) pour des problématiques de recalage, de modélisation temporelle et de stratégies de fouille de données pour la classification et l'indexation en vue d'applications diagnostique et thérapeutique.

L'objectif de cette journée consistait à faire un bilan des différentes méthodes existantes et de celles qui sont mises en oeuvre dans les applications médicales. La journée a réuni 30 personnes environ.

Journée 3. Traitement, Analyse, Indexation en Imagerie du Vivant (24 juin 2015) Organisée par Nicolas Lomenie, Khalifa Djemal, Su Ruan.

Le dénominateur commun de ces journées est l'imagerie du vivant, et ses interactions avec les approches informatiques visant à extraire des informations à différents niveaux sémantiques, pour l'aide au diagnostic notamment. Ces journées ont pour but de renforcer le maillage national sur ces thématiques et s'adressent à la communauté du traitement d'images et des STIC en lien avec la Santé.

Chaque journée disposait de son propre comité de programme, désigné dans les annonces de chacune des deux thématiques. La journée a réuni environ 50 personnes sur deux jours.

Journée 4. Méthodes d'apprentissage statistiques et applications à la santé (avec Thème A) (4 décembre 2015) Organisée par Alain Rakotomamonjy, Caroline Petitjean, Su Ruan.

L'objectif de cette journée était de présenter des méthodes originales et des applications de l'apprentissage statistique dans le domaine de la santé. Les données biomédicales possèdent en effet certaines spécificités devant être considérées par des méthodologies ad hoc. Les développements en apprentissage automatique ont permis de nouvelles avancées dans l'extraction de connaissance, l'analyse, la visualisation et la reconstruction de données médicales.

Orateurs invités :

Hervé Lombaert, Research Fellow au INRIA / Microsoft Research, Joint Centre, Palaiseau, "Spectral Forests for Learning Surface Data - Example on Brain Surfaces"Résumé : Stéphane Canu, Professeur, INSA de Rouen, "Apprentissage parcimonieux : application en traitement d'images médi-

cales" Mathieu Hatt, CR INSERM au LaTIM, "Segmentation et caractérisation des tumeurs en imagerie TEP/TDM : 10 ans d'apports des méthodes statistiques" La journée a réuni environ 90 personnes.

Journée 5. Traitement d'image pour l'analyse et la modélisation du vivant (27 mai 2016) Organisée par François Rousseau, Chafiaa Hamitouche, Su Ruan.

La science du traitement de l'information joue désormais un rôle très important dans le domaine de la santé publique, et notamment dans l'imagerie du vivant qui est un domaine, par nature, pluridisciplinaire (regroupant entre autres la physique, la médecine et les sciences de traitement de l'information).

L'analyse du vivant se fait à plusieurs échelles (moléculaire, cellulaire, tissu) et au travers de multiples modalités d'imagerie (optique, RMN, ultrasons, rayons X, ...).

Cette journée s'intéressera plus particulièrement aux problèmes de traitement d'images liés à l'analyse et la modélisation du vivant à partir d'images anatomiques et fonctionnelles.

Orateurs invités : Nadine Peyrieras, USR3695 BioEmergences, Gif-sur-Yvette

Titre : Dynamiques multiniveaux dans la morphogenèse embryonnaire animale, intégration de données cellulaires, mécaniques et génétiques. Christophe Letellier, Coria, Rouen Titre : Modélisation de la dynamique entre populations cellulaires lors de croissance tumorale : du modèle chaotique aux images de routine Benjamin Gilles, LIRMM, Montpellier Titre : Modèles déformables 3D pour la modélisation et la simulation musculo-squelettique Olivier Colliot, Institut du cerveau et de la moelle épinière, Paris Titre : De l'analyse des images cérébrales à la neurologie computationnelle La journée a réuni environ 40 personnes.

Journée 6. Méthodes d'apprentissage statistiques et applications à la santé (21 octobre 2016) Organisée par Su Ruan, Caroline Petitjean, Stéphanie Jehan-Besson.

Suite au succès de la première journée d'apprentissage statistique avec applications en santé, en décembre 2015, nous avons organisé une 2ème édition sur les thèmes Apprentissage et Santé, le 21 octobre 2016. Le programme de la journée a compris des conférenciers invités, parmi lesquels un invité de prestige, Pr Dinggang Shen (UNC, USA, voir bio plus bas), qui a présenté ses travaux en apprentissage profond pour l'imagerie médicale. L'objectif était de présenter des méthodes originales et des applications de l'apprentissage statistique dans le domaine de la santé. Les données biomédicales possèdent en effet certaines spécificités devant être considérées par des méthodologies ad hoc. Les développements en apprentissage automatique ont permis de nouvelles avancées dans l'extraction de connaissance, l'analyse la visualisation et la reconstruction de données médicales.

Orateurs invités : Dinggang Shen, Image Analysis Core Lab, l'Université de Caroline du Nord à Chapel Hill, NC, USA. Titre : Deep Learning in Medical Image Analysis Gaël Varoquaux, Centre de recherche INRIA Saclay, Titre : Machine learning extracts neuro-phenotypes from the brain at rest Gang Li, Image Analysis Core Lab, l'Université de Caroline du Nord à Chapel Hill, NC, USA. Titre : Learning-based Methods for Infant Brain Mapping Benjamin Quost, Heudiasyc, UTC Titre : Apprendre à partir d'informations incertaines : une approche évidentielle La journée a réuni environ 100 per-

sonnes.

Journée 7. Traitement et communication des images médicales (avec Thème D ) (23 Mars 2017) Organisée par William PUECH, Khalifa DJEMAL, Jean-Marie MOUREAUX.

Cette journée portait sur deux aspects dans le domaine médical, le traitement et l'extraction de connaissances, mais aussi la communication sécurisée et spécifique des images médicales. L'objectif principal concernait l'établissement d'un état de lieux utile pour différentes communautés, spécialement celle travaillant sur les méthodes d'extraction et de traitement et celle sur des méthodes de communication sécurisée des données biomédicales. Les contributions attendues ont couvert les aspects théoriques et applicatifs de ce domaine.

Trois présentations invitées données par :

Prof. Andreas Uhl, Salzburg University, Salzburg, Austria, Weaknesses in Security Considerations related to Chaos-based (Medical) Image Encryption  
 Prof. Jean-Marie Moureaux, Université de Lorraine, France, Quelques défis et retours d'expérience en compression d'images et de vidéos médicales  
 Dr. Dalel Bouslimi, LaTIM Inserm, Brest, France Protection continue des données médicales partagées/mutualisées

## 2. Action *Indexation et recherche d'information multimédia*

Dates(s): janv. 2013 (avec Thème D axe 1), fév. 2014, mars 2015, avril 2016, juin 2017 (avec le GdR MaDICS).

Animée par G. Quenot (DR CNRS LIG, Grenoble), M. Cord (PR LIP6, Paris), J. Benois-Pineau (PR LABRI, Bordeaux).

Sur le plan méthodologique nous avons continué la réflexion sur

- les descripteurs locaux pour les problèmes d'indexation et de recherche d'information image et vidéo.
- la prise en compte du mouvement et de la saillance visuelle spécifique et de la qualité perçue dans des méthodes d'indexation.
- l'étude des systèmes d'apprentissage y compris l'apprentissage profond
- méthodes de fusion d'information

Dans la continuité de l'animation durant la période antérieure, IRIM a regroupé tous les ans des équipes françaises pour une participation commune au défi en indexation /recherche multimédia TRECVID. L'animateur de l'action Georges Quenot est devenu coordinateur de la tâche de reconnaissance de concepts/indexation sémantique du TRECVID. Grâce aux efforts collectifs et à la répartition des tâches de description du contenu, apprentissage et fusion, le groupement d'équipes fédérées par IRIM (14 équipes en moyennes des différents laboratoires de recherche y ont participé) a obtenu des résultats supérieurs aux participants nationaux individuels et a obtenu des rangs de 4-5 notamment dans la tâche SIN sur 25 équipes participantes à la tâche complète.

Journée 1. TRECVID + Qualité et protection (17 janv. 2013 (avec Thème D axe 1))  
 Organisée par J. Benois-Pineau, M. Cord, G. Quenot, W. Puech.

Cette journée était commune au thème D axe 1. Elle a été consacrée à l'exposition des méthodologies d'indexation et recherche d'information visuelle

utilisée par le consortium IRIM dans TRECVID. Le projet IRIM (Indexation et Recherche d'Information Multimédia) a pour objectif d'encourager et d'aider les équipes de recherche françaises à participer aux campagnes d'évaluation TRECVID, en particulier en favorisant les collaborations entre les équipes et les participations conjointes. Le groupe IRIM a participé cette année aux tâches "Semantic Indexing" (annotation de concepts dans des plans vidéo) et "Instance Search" (recherche d'éléments à partir d'exemples dans une collection de vidéos). 16 équipes françaises ont collaboré cette année pour cette participation. De nos jours de grande quantité de données numériques visuelles (images, vidéos et objets 3D) sont transmises, archivées et visualisées. De plus, il est très fréquent maintenant que ces données visuelles soient structurées sous forme de bases de données prenant le nom de bases de données visuelles (BDDV). Notons que les tailles de ces BDDV sont de plus en plus grandes, du fait du nombre d'images ou de vidéos contenues dans ces bases mais également du fait de l'augmentation de la résolution de ces données avec l'apparition de l'UHD. L'incorporation de la modélisation du système visuel humain (SVH), de la protection des données dans des méthodes de l'indexation et recherche de telle information représente une des pistes intéressantes pour les deux communautés : indexation et compression.

Les accès à des bases de données visuelles (BDDV) se font bien souvent à distance, par conséquent les données doivent être compressées et protégées à la source en appliquant des méthodes de tatouage ou de chiffrement sélectif. En effet, même si les accès sont sécurisés et que les bandes passantes des réseaux continuent à augmenter, nous sommes toujours obligés de passer par des étapes de compression et de protection.

Un nouveau challenge consiste alors à effectuer des requêtes sur ces BDDV avec des images ou des vidéos comprimées, chiffrées et ou tatouées. Ainsi la qualité des caractéristiques extraites n'est plus la même qu'avec une approche plus traditionnelle ou tout est au format original. Lors de cette journée nous avons effectué un point sur l'état actuel des recherches dans le domaine liant l'indexation à la compression, la protection et la qualité des images, et nous avons dressé un panorama de la recherche en France dans ces domaines. Lors de cette journée un point a été réalisé sur l'état actuel des recherches dans le domaine liant l'indexation à la compression, la protection et la qualité des images. Plus de 40 personnes, du thème B et du thème D ont participé à cette journée.

Journée 2. Bilan TRECVID 2013 et préparation TRECVID 2014 (14 février 2014) Organisée par G. Quenot, M. Cord, J. Benois-Pineau.

Cette journée a réuni 23 participants et a été consacrée à la participation de l'IRIM au défi TRECVID. Le consortium IRIM GdR-ISIS participe depuis 2008 au défi international TRECVID sur l'évaluation des systèmes d'indexation et de recherche par le contenu dans les documents vidéos à grande échelle (<http://www-nlpir.nist.gov/projects/tv2013/tv2013.html>) assurant ainsi la reconnaissance et la visibilité mondiale de la recherche française dans ce domaine.

En 2013, 12 équipes françaises ont collaboré dans le cadre d'IRIM pour une participation conjointe à la campagne internationale. Sur la tâche de détection de concepts, IRIM a obtenu la quatrième place sur 26 partici-

pants. Sur la tâche de recherche d'instance, la participation d'IRIM a été dans la moyenne. Les membres du groupe IRIM présenteront les éléments avec lesquels ils ont contribué : descripteurs, post-traitements, classification, fusion et ré-ordonnancement. Un bilan sur la participation d'IRIM à TRECVID 2013 et planification de la campagne 2014 ont été présentés avec des exposés des méthodes.

Journée 3. Bilan TRECVID 2014 et apprentissage profond (20 mars 2015) Organisée par G. Quenot, M. Cord, J. Benois-Pineau.

Cette journée a été un très grand succès et une des premières consacrées à l'apprentissage profond, l'outil qui pénètre dans tous les domaines de compétences du GdR-ISIS : Signal, Image, Vision. La moitié de la journée a été consacrée au bilan de participation des consortium IRIM au TRECVID et les tâches principales ont été présentées par G. Quenot ( Indexation Sémantique), B ; Mansencal, J ; Benois-Pineau et A. Benoit ( Recherche des instances). La deuxième moitié de la journée a été consacrée à l'apprentissage profond. Avec l'introduction par M ; Cord et les deux exposés des chercheurs français de renom mondial S. Mallat et I. Laptev les sujets d'apprentissage profond ont été abordés devant l'audience très enthousiaste. Les échanges qui ont suivi ont permis d'appréhender des questions complexes liées aux modèles même mais aussi à son implementation via différents frameworks : caffe, tensor flow . La journée a compté près de 80 participants.

Journée 4. Apprentissage Profond (Deep Learning) – Bilan TRECVID 2015 (14 Avril 2016) Organisée par Georges Quénot, Matthieu Cord, Jenny Benois-Pineau, djemal khalifa.

Cette journée a porté sur deux sujets étroitement liés. D'une part nous avons effectué le bilan de la participation du consortium IRIM GdR-ISIS à la campagne TRECVID. Ce lieu de compétition de la recherche mondiale en indexation multimédia permet de confronter des outils méthodologiques à des problèmes réels de grande dimension. D'une part la quantité de données à traiter représente des centaines d'heures de vidéo. Par ailleurs, l'indexation et la recherche des concepts et des objets : les deux tâches traditionnellement couvertes par la participation du consortium IRIM demandent des outils de description complexes, des schémas efficaces de fusion d'information et des méthodes d'apprentissage avancées. Ces dernières sont abordées dans des exposés méthodologiques qui portaient sur des méthodes de sélection de caractéristiques, apprentissage transductif, sélection et design des noyaux, apprentissage avec des noyaux multiples, apprentissage profond (aspects particuliers multimédia). Cette journée a bénéficié d'un exposé plénier par Y. Le Cun, le scientifique de référence dans le domaine d'apprentissage profond invité par M. Cord. La journée a été un très grand succès avec 180 personnes inscrites (maximum autorisé pour l'amphi réservé à Paris 6, campus de Jussieu). La journée s'est terminée par la présentation des posters (une douzaine). Présentés par de jeunes chercheurs, essentiellement doctorants, les échanges autour des posters sur des premiers travaux en apprentissage profond ont été très formateurs.

Journée 5. Journée Indexation (IRIM / TRECVID) en lien avec le GdR MaDICS (23 Juin 2017) Organisée par Jenny Benois-Pineau, Matthieu Cord et Georges Quénot pour le GdR ISIS et par Vincent Claveau pour le GdR MaDICS.

Cette journée est conjointe entre les GdR ISIS et MaDICS. Elle a eu lieu sous la forme d'un atelier lors des "Journées Science des Données MaDICS 2017". Du côté d'ISIS, cette journée se situe en continuation avec une série de journées annuelles qui ont lieu dans le cadre de l'action IRIM de l'axe 4 du thème B. La journée se déroulera en deux parties. Une première partie sera consacrée à une présentation de la campagne TRECVID (indexation et recherche dans les documents multimédia) et à un bilan sur la participation d'IRIM à celle-ci. Ceci inclura des présentations spécifiques associées aux travaux menés en commun dans le cadre de l'action IRIM. Une deuxième partie sera consacrée à des présentations faites par les membres des deux GdR, et peut-être par un ou deux orateurs invités, sur leurs travaux en indexation de grandes masses de données, y compris au-delà du multimédia. La journée se conclura par une discussion sur les possibilités de coopération entre les membres des deux communautés.

### 3. Action *Liage, structuration et fouille de grandes données multimédia*

Dates(s): avril 2013.

Animée par F. Précioso (PR I3S, Nice), L. Amsaleg (DR CNRS IRISA, Rennes) et A. Joly (CR INRIA LIRMM, Montpellier).

Cette Action ambitionne de relier les communautés indexation et recherche multimédia, web sémantique et fouille de données. Il s'agit du traitement des données hétérogènes, distribuées de grande quantité et de grande dimension. Les données multimédia : image, vidéo, signal, y jouent un rôle croissant. L'objectif est de développer des méthodes qui passe à l'échelle et génériques permettant de relier et de fouiller ce type de données est donc un enjeu très important qui a représenté le fil directeur de cette Action. Durant la période de référence, une première journée scientifique de cette nouvelle action a été organisée.

Journée 1. Liage, structuration et fouilles des grandes données multimédia (11 avril 2013) Organisée par Alexis Joly, Georges Quenot.

Le fait de relier entre elles un grand nombre de données isolées et hétérogènes pour constituer une base de connaissance beaucoup plus vaste suscite actuellement un grand intérêt. Le liage et la structuration de contenus multimédias, notamment image, devraient prendre dans cette optique une place de plus en plus importante. Malheureusement, le volume, la vélocité, le complexité et l'hétérogénéité des données sont tels que les technologies actuelles de recherche par le contenu ne sont pas directement applicables pour ce type de problèmes. Les méthodes actuelles de génération de graphes de similarité visuelle restent par exemple encore trop coûteuses, pas assez dynamiques et difficilement distribuables. Les technologies de demain devraient également permettre de traiter des objets de plus en plus diverses (des événements, des plantes, des maladies, ...) et de plus en plus complexes (composés d'une ou plusieurs images, de vidéos, de textes, de géo-tags, d'information sur l'auteur, etc.). Cette journée par le biais d'exposés a approfondi les problèmes liés à ce nouveau type de données. Une demi-journée a été consacrée à la révision de méthodes et préparation de la campagne TRECVID'2013. La journée a réuni 25 personnes.



## 5 Thème C : Adéquation Algorithme Architecture pour le TDSI. DSA : Guy Gogniat (PR 61 Lab-STICC UMR 6285) (2013-2014), Christophe Jego (PR 63 IMS UMR 5218), Jean-François Nezan (PR 61 IETR UMR 6164) (2015-)

### 5.1 Présentation générale du thème C

Le coeur de métier du thème C est l'Adéquation-Algorithmes-Architecture (AAA) qui consiste à étudier simultanément les aspects algorithmiques et architecturaux en prenant en compte leurs relations dans le sens algorithme vers architecture, et vice versa. Le thème C joue un rôle transversal vis-à-vis des autres thèmes du GdR ISIS qui sont à l'origine des algorithmes à implémenter et également vis-à-vis d'autres GdR (notamment le GdR SoC2) qui sont à l'origine des supports d'exécution. Ce rôle est primordial puisqu'il consiste à rapprocher l'application de son support d'exécution. Il permet d'ouvrir de nouvelles pistes exploratoires, aussi bien en algorithmie qui bien souvent est restreinte par des capacités de calcul limitées, qu'en exploration architecturale où des propriétés applicatives peuvent être exploitées.

Le positionnement du thème C au sein du GdR ISIS permet à ses membres une forte interaction avec les autres thèmes, qui sont des thèmes applicatifs. Cette interaction, vise à identifier pour les architectes les nouvelles applications afin d'identifier les verrous au niveau de la mise en oeuvre matérielle. Elle vise également à permettre aux différents acteurs du GdR ISIS de suivre l'évolution des technologies et des nouveaux paradigmes architecturaux. Cette veille technologique est indispensable afin de dépasser les verrous algorithmiques liés essentiellement à des puissances de calcul insuffisantes.

Le thème C organise des journées permettant de traiter de ces problématiques scientifiques autour de trois actions thématiques :

1. Architectures, méthodes et outils pour le TDSI
2. Capteurs et systèmes de vision
3. Systèmes bio-inspirés pour le TDSI

### 5.2 Activités de janvier 2013 à décembre 2017

Depuis janvier 2013, le thème C a organisé ou co-organisé 17 réunions dans le cadre de ces Actions.

#### 1. Action Architectures, méthodes et outils pour le TDSI

Dates(s): Janvier 2013, Juillet 2013, Octobre 2013 (avec Thème D axe 1), Juillet 2014, Septembre 2014 (GdR SoC-SiP), Novembre 2014 (GdR SoC-SiP), Octobre 2015 (GdR SoC2), Avril 2016, Octobre 2016 (GdR SoC2), Juin 2017 (Minalogic).

Animée par Fan Yang, Daniel Ménard, Virginie Fresse.

Journée 1. Systèmes sur puce : modèles et outils pour le TDSI (Janvier 2013) Organisée par Jean-François Nezan.

Les applications de Traitement du Signal et des Images (TDSI) sont des applications complexes et leur mise en oeuvre nécessite généralement des compromis en termes de qualité des traitements, de vitesse de calcul et de consommation. L'utilisation de systèmes électroniques généralistes ne

permettant généralement pas de satisfaire ces contraintes contradictoires, les applications doivent être portées sur des systèmes complexes hétérogènes que sont les SoC/SiP et/ou des architectures manycores. De nouvelles méthodes de conception sont actuellement proposées afin de faciliter le portage des applications sur ces systèmes. Cette journée a permis de faire le point sur quelques outils de conception disponibles. En particulier, les concepteurs de ces outils ont présenté les techniques utilisées pour leur mise au point, les modèles utilisés pour représenter les applications par les utilisateurs et sur lesquels les outils opèrent des transformations, ainsi que des résultats obtenus sur des applications concrètes dans le domaine du traitement du signal et des images. Les présentations proposées ont permis de faire le point sur les avancées actuelles dans ce domaine.

Journée 2. Utilisation de codes détecteurs et/ou correcteurs d'erreurs pour fiabiliser les traitements numériques au sein de circuits non fiables (Juillet 2013) Organisée par Emmanuel Boutillon et Christophe Jego.

L'évolution de la technologie CMOS vers le nanométrique a un impact très important sur la fiabilité de conception des systèmes numériques. En effet, les circuits électroniques sont et seront de plus en plus sensibles aux aléas de fonctionnement dus aux radiations, aux interférences électromagnétiques et aux fluctuations de température. Par ailleurs, l'augmentation de la densité d'intégration s'accompagne d'exigences croissantes au niveau de la consommation d'énergie des futurs circuits électroniques. C'est pourquoi, l'utilisation de techniques de tolérance aux fautes devient primordiale pour faire face aux erreurs transitoires présentes dans les calculs au niveau nanométrique. Une des approches envisagées pour faire face à ce défi est l'utilisation de codes correcteurs d'erreurs. S'appuyant sur des techniques de détection et de correction existantes dans le domaine des communications numériques, l'idée est d'exploiter des codes pour corriger les erreurs transitoires de circuits peu fiables. Cette journée a permis d'aborder à la fois les aspects exploitation de codes correcteurs d'erreurs et conception d'architectures de codage et de décodage tolérantes aux fautes. Par ailleurs, des présentations de projets collaboratifs traitant de la conception d'architectures tolérantes aux fautes sur des circuits peu fiables ont également eu lieu. Les présentations proposées ont permis de faire le point sur les avancées actuelles dans ce domaine.

Journée 3. Standard de compression vidéo HEVC et ses implémentations matérielles / logicielles (Octobre 2013) Organisée par Fan Yan, Jean-François Nezan et Marc Antonini.

En janvier 2013, l'ITU (Union Internationale des Télécommunications) a annoncé l'adoption par ses membres du nouveau standard de compression vidéo HEVC (H.265). Avec un taux de compression de 50% à 70% plus efficace que le standard H.264, à qualité égale, une vidéo codée en HEVC verra son poids divisé par deux... et à poids égal, la qualité sera nettement supérieure. L'arrivée de ce nouveau standard a suscité beaucoup d'intérêts dans divers domaines, par exemple, il permet de soulager la charge des réseaux mondiaux où les vidéos comptent pour plus de la moitié de la consommation de la bande passante, d'ouvrir l'accès au plus grand nombre en bénéficiant d'une qualité vidéo améliorée en résolutions SD (Standard Definition), HD (High Definition) et jusqu'à l'ultra-HD. Ces progrès sont rendus

possibles grâce à des algorithmes de compression plus complexes qui nécessitent l'utilisation d'architectures de calcul plus puissantes et flexibles. C'est dans ce contexte que les thèmes C et D du GdR ISIS ont co-organisé cette journée qui a permis aux participants de différents horizons d'échanger leurs visions sur les enjeux de ce nouveau standard et sur les défis communs liés à ses aspects calculatoires. Les présentations proposées ont permis de faire le point sur les avancées actuelles dans ce domaine.

Journée 4. Arithmétique pour le traitement de signal et de l'image (Juillet 2014) Organisée par Daniel Menard et Thibault Hilaire.

Les applications de traitement du signal et de l'image sont de plus en plus présentes dans les systèmes embarqués. Ces applications se caractérisent par l'exécution de nombreux traitements mathématiques plus ou moins complexes. Afin de satisfaire les contraintes des systèmes embarqués, les aspects liés à l'arithmétique doivent être optimisés. Une bonne adéquation entre la qualité du résultat en sortie de l'application et le coût de l'implantation est recherchée. L'optimisation au niveau arithmétique nécessite de nouvelles méthodes et outils associés afin de réduire les temps de développement. L'automatisation de certains processus (par exemple le codage de données en virgule fixe, la conception d'opérateur arithmétique, etc.) est un élément clé. Cette journée a permis de présenter les avancées récentes dans le domaine de l'architecture et de l'arithmétique pour les applications de traitement de signal et de l'image.

Journée 5. Acquisition/Echantillonnage comprimé : quelles réalisations/applications pratiques? (Septembre 2014, avec GdR SoC-SiP) Organisée par Patricia Desgreys et Laurent Daudet.

Cette journée thématique organisée conjointement par les GdR ISIS et SoC-SiP a été consacrée aux applications concrètes des travaux dans le domaine de l'acquisition comprimée (ou Compressed Sensing, CS) depuis que le concept a été défini par E. Candes et D. Donoho en 2004. Cette théorie montre que la plupart des signaux (à représentation parcimonieuse dans une base élémentaire) peuvent être échantillonnés linéairement avec un taux d'échantillonnage très faible (proportionnel à leur parcimonie). Ainsi le CS permet d'acquérir une information avec un nombre réduit d'observations, potentiellement bien moindre que selon les critères de Shannon-Nyquist. Depuis ces publications fondatrices, l'acquisition comprimée a été très étudiée, particulièrement pour le choix des bases de projection et l'optimisation des algorithmes de reconstruction. Concrètement le CS peut être utilisé pour réduire la complexité et la consommation dans un grand nombre de domaines d'applications : radio-intelligente, acquisition d'ondes acoustiques ou optiques, acquisition de signaux médicaux. Plus récemment, des réalisations physiques illustrant les principes de l'acquisition comprimée ont été publiées pour la conversion analogique à information (A2I), l'acquisition de signaux radio, ou l'imagerie. Cette journée a permis de faire un bilan des applications concrètes visées par le CS, des premières réalisations et de leurs performances.

Journée 6. Architectures de Codes Correcteurs d'Erreurs (Novembre 2014, avec GdR SoC-SiP) Organisée par Emmanuel Boutillon, Catherine Douillard et Michel Jézéquel.

L'objectif de cette journée a été de réunir la communauté académique et

industrielle française autour du problème de conception de codes correcteurs d'erreurs et des architectures associées. On assiste en effet aujourd'hui à l'émergence de nouveaux codes (codes polaires, codes LDPC Non Binaires...), de nouvelles applications (très haut débit, stockage mémoire), de nouveaux algorithmes de décodage (bit-flipping, FAID) et de nouvelles contraintes (ultra faible consommation par exemple). Cette journée en partenariat avec l'Université de Kaiserslautern (Allemagne) a permis de faire le point sur ces différentes tendances dans ce domaine.

Journée 7. Consommation d'énergie dans les applications de traitement vidéo (octobre 2015, avec GdR Soc2) Organisée par Daniel Ménard et Cécile Belleudy.

De plus en plus d'objets connectés intègrent des traitements vidéo. L'autonomie en énergie de ces objets impose des contraintes fortes sur la consommation électrique de ceux-ci. Par ailleurs, la consommation d'électricité des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) représente une part non négligeable et en forte croissance de la consommation totale d'électricité. La vidéo possède une place prépondérante au sein des TIC. Les transmissions de contenus vidéo sont en forte croissance et représentent la part la plus importante dans le trafic des réseaux de télécommunications. Ainsi, l'optimisation de la consommation d'énergie des systèmes de traitement vidéo est un enjeu majeur. L'objectif de cette journée fut de présenter les avancées récentes au niveau de la réduction de la consommation d'énergie dans les systèmes de traitement vidéo dont l'initiative Green Metadata proposée par le groupe de normalisation MPEG.

Journée 8. Manycore temps réel embarqué et faible consommation (Avril 2016) Organisée par Somsai Thao, Daniel Menard et Fan Yang.

Après la notion du processeur multi-coeur, nous sommes entrés dans l'ère des processeurs manycore. Ces CMP (Chips Multi Processor) sont construits selon différentes architectures en termes d'ALU, d'architectures mémoire, de systèmes de mémoires cache, etc. Des architectures plus simples sont aussi plus faciles à concevoir et à tester. Il en résulte un TTM (Time-To-Market) beaucoup plus rapide et donc un coût de conception plus bas. Des architectures plus complexes permettront au contraire d'optimiser les performances du système que cela soit au niveau des temps d'exécution comme de la consommation électrique. Pour un utilisateur, il existe un certain nombre de défis à franchir pour tirer parti de ces processeurs manycore. Par exemple, comment utiliser les ressources matérielles d'une manière optimale pour augmenter les performances temporelles et la consommation ? Comment augmenter l'interaction matérielle et logicielle pour faciliter l'exploitation du parallélisme de différents niveaux ? Comment implémenter efficacement des applications des domaines pressentis comme la Télécom, le traitement du signal et le traitement d'images, etc. Cette journée n'Manycore temps réel et faible consommation z couvrait plusieurs aspects (liste non exclusive) : Architecture, Outils de programmation, Librairie et Applications. Le programme de la journée était composé de sept présentations.

Journée 9. Cloud FPGA (octobre 2016, avec GdR SoC2) Organisée par Virginie Fresse, Sébastien Pillement et El-Bay Bourennane.

Le cloud computing permet le partage de différentes ressources par différents utilisateurs via les réseaux internet. Ici, le mot "ressources" peut signifier différentes choses en fonction du type de service attendu. Il peut s'agir

de Software as a Service(SaaS, fournit des logiciels d'application et des bases de données), Platform as a Service(PaaS, fournit aux développeurs des APIs propriétaires) ou de Infrastructure as a Service(IaaS, met à votre disposition des infrastructures pour le développement). Les performances des serveurs basés sur des CPUs souffrent de la consommation en énergie qui devient trop élevée à grandes échelles. Les FPGAs semblent être une bonne alternative afin d'améliorer le ratio performances/consommation d'énergie dans le cas des calculs intensifs. Cependant, la mise en oeuvre de telles plateformes rencontre plusieurs challenges liés à la difficulté de la virtualisation des FPGAs. L'intégration des FPGAs dans les Cloud nécessite donc un environnement de virtualisation des ressources FPGAs, la gestion dynamique des communications intra et inter-FPGAs, le chargement dynamique des Bitstreams, la gestion dynamique des utilisateurs, etc. L'objectif de cette journée, organisée conjointement par le GdR ISIS thème C et le GdR SoC SiP, fut de mettre en avant les avancées récentes dans le déploiement de FPGAs dans le Cloud computing. Les exposés permettraient d'identifier les verrous associés.

Journée 10. Embarqué pour le médical (juin 2017) Organisée par Virginie Fresse, Fan Yang et Eric Mottin.

Le marché de l'e-santé ne cesse de se développer et s'ouvre aux innovations qui sont de réelles opportunités pour répondre aux enjeux mondiaux de ce secteur d'activité. L'émergence de nouveaux algorithmes, leurs intégrations de plus en plus fréquentes dans du logiciel et des systèmes embarqués dans les appareils à usage médical permettent d'en optimiser les services et l'utilisation. Les systèmes embarqués conçus pour des applications médicales présentent des challenges dans le développement des algorithmes et des architectures. De nouvelles solutions algorithmiques et de nouvelles applications sont proposées chaque jour. De nombreuses contraintes matérielles (taille, consommation, fiabilité, sécurité) doivent également être considérées lors de leur conception. A ces contraintes matérielles, s'ajoutent désormais aussi des contraintes logicielles et électroniques. L'objectif de cette journée, organisée par le GdR-ISIS thème C en partenariat avec Minalogic, fut de mettre en avant les avancées récentes dans le domaine des applications médicales et des systèmes embarqués (logiciel/matériel). Le champ couvert par cette journée était des nouvelles applications et algorithmes, de la conception des architectures électroniques, du logiciel embarqué, des tests de validation logicielle jusqu'à la connaissance des plateformes matérielles. Cette journée a permis d'avoir un aperçu des travaux académiques et industriels allant du lancement d'un projet/d'une thèse ou des présentations de problématiques en cours jusqu'aux propositions de nouveaux algorithmes, du prototypage ou de la mise en place d'un démonstrateur.

## 2. Action Systèmes bio-inspirés pour le TDSI

Dates(s): Juin 2013 (GdR SoC-SiP et Robotique), Juillet 2014 (GdR SoC-SiP et Robotique), Juillet 2015 (GdR SoC2), Juillet 2016 (GdR SoC2 et GdR BioComp).

Animée par Benoît Miramond, Vincent Gripon.

Journée 1. Journée NeuroSTIC 2013 (Juin 2013) Organisée par Benoît Miramond et Michel Paindavoine.

Les systèmes d'inspiration neuro-mimétiques sont de plus en plus présents dans les systèmes étudiés dans différents GdRs comme ISIS, SoC-SiP, Robotique. Leurs propriétés d'adaptation, d'apprentissage, de robustesse, de calcul distribué les amènent dans de nombreux domaines applicatifs du traitement de l'information, de la robotique, des télécommunications, des systèmes embarqués aux masses de données. Cette journée de présentation et de réflexion inter-GdR a permis de faire le point sur les modèles bio-inspirés et les défis communs liés à leurs aspects computationnels. Cette journée a ainsi permis aux participants de différents horizons d'échanger leurs visions sur les enjeux de ce domaine, et de faire naître de nouvelles collaborations potentielles. Des réponses, résolument en rupture, ont été identifiées lors cette journée. En particulier concernant le codage des informations issues des capteurs, l'intégration fine du traitement au plus près des capteurs, les approches bio et neuro-inspirées du traitement de l'information comme nouveau modèle computationnel et de l'intégration des technologies émergentes.

Journée 2. Journées NeuroSTIC 2014 (Juillet 2014) Organisée par Benoît Miramond et Michel Paindavoine.

Les journées NeuroSTIC offrent depuis plusieurs années un cadre interdisciplinaire unique pour mettre en relation les systèmes bio-mimétiques de traitement de l'information et leurs modèles biologiques sous-jacents. Comme chaque année, le programme 2014 a proposé un échange entre des intervenants et des auditeurs venant des domaines de l'informatique, de la micro-nano technologie, des architectures de calcul de capteurs et d'actionneurs, du codage de l'information, du traitement de signal et des images, de la robotique, des neurosciences computationnelles, de l'intelligence artificielle, de la neurobiologie, de la psychologie cognitive et d'autres... Ces deux jours ont été soutenus par les GdR ISIS, SoC-SiP et Robotique.

Journée 3. Journée NeuroSTIC 2015 (juillet 2015) Organisée par Benoît Miramond et Martial Mermillod.

Cette journée inter-disciplinaire traite des thématiques liées aux sciences cognitives et aux neurosciences computationnelles, à leur implantation efficace en logiciel et matériel et à l'utilisation de ces méthodes bio-inspirées dans les domaines du traitement de signal, de la reconnaissance, de la robotique, des systèmes embarqués et de l'intelligence artificielle... L'édition 2015 fût placée sous le thème de la fusion multi-modale. Les discussions avec les orateurs ont permis d'identifier les défis à relever autour de ce sujet.

Journée 4. Journée NeuroSTIC 2016 (juillet 2016) Organisée par Benoît Miramond, Vincent Gripon et Martial Mermillod.

En 2016, les journées NeuroSTIC se sont déroulées dans les locaux de l'INRIA à Grenoble. À cette occasion une session In'Tech dédiée aux systèmes neuro-inspirés a été proposée. Convaincus que les questions scientifiques dans ce domaine se trouvent à la croisée de nombreuses disciplines, le programme portait sur les neurosciences, l'informatique, les sciences cognitives, le traitement du signal et l'électronique. L'objectif est, autour d'un thème précis, d'identifier les tendances technologiques, de favoriser les échanges d'informations entre les différents acteurs de l'écosystème et de stimuler l'émergence de nouvelles collaborations.

### 3. Action Capteurs et systèmes de vision

Dates(s): Octobre 2014, Juin 2015, Juillet 2016.

Animée par Gilles Sicard, François Berry.

Journée 1. Co-conception de systèmes hybrides : quand l'instrumentation et les traitements numériques se rencontrent. (Octobre 2014) Organisée par Pauline Trouvé, Matthieu Boffety, Mauricio Delbracio et Andrés Almansa.

L'objectif de cette réunion a été de discuter des nouvelles approches de conception de nouveaux systèmes d'acquisition pour lesquels le dispositif d'imagerie, de détection ou de mesure est fortement associé aux traitements numériques. Dans de nombreux domaines, tels que la photographie numérique, la microscopie, l'astronomie ou l'imagerie radar, de nouveaux dispositifs d'acquisition sont développés pour dépasser les performances des systèmes traditionnels, en termes de qualité de signal, d'encombrement, ou pour leur ajouter de nouvelles fonctionnalités. Le principe est d'utiliser un dispositif d'acquisition, autrement dit un instrument, qui favorise l'efficacité des traitements, quitte à dégrader la qualité du signal brut en sortie du détecteur. Ceci donne lieu au développement de nouveaux systèmes "non conventionnels" ou "hybrides", pour lesquels l'instrument et les traitements sont indissociables. L'enjeu principal de la conception de ces nouveaux systèmes est alors d'optimiser simultanément les paramètres de l'instrument et des traitements. On parle alors de conception conjointe ou co-conception. Cette nouvelle approche repose alors sur la définition de nouveaux critères de conception caractérisant la performance globale du système en lien avec sa fonctionnalité et l'utilisation de ces critères pour optimiser conjointement les paramètres de l'instrument et des traitements. Lors de cette journée plusieurs thématiques ont été abordées telles que les nouvelles technologies (optique, détecteur, etc.) qui favorisent les traitements, les traitements associés à ces nouvelles solutions, la modélisation globale de la performance des systèmes, en lien avec leurs fonctionnalités, l'optimisation conjointe des paramètres d'un système pour une fonctionnalité donnée.

Journée 2. Caméras et capteurs d'images intelligents (Juin 2015) Dominique Ginhac et Gilles Sicard.

De nos jours, les technologies de la microélectronique associées à des méthodologies d'adéquation algorithme-architecture permettent l'implantation d'algorithmes complexes de traitement de l'image, tant au niveau capteur qu'au niveau des caméras. Dans le domaine des capteurs d'image CMOS, de nouveaux dispositifs ont vu le jour qui intègrent directement dans le plan focal (ou près du plan focal) des algorithmes complexes de traitement et d'analyse de l'image, comme par exemple l'extraction de caractéristiques pour la reconnaissance de formes. De plus, des technologies émergentes, telles que l'intégration 3D, les memristors, etc., permettent d'envisager de nouveaux opérateurs ou de nouvelles architectures. Du point de vue des systèmes d'imagerie (caméra), on assiste à une coopération de plus en plus étroite entre le capteur d'image et les unités de traitement embarquées au plus proche du capteur. De tels systèmes de vision, communément appelés "Smart Cameras" sont aujourd'hui capables d'acquérir et d'analyser le flot d'images en temps réel afin de produire de l'information de plus haut niveau sur le contenu de la scène visuelle. De plus, les possibilités d'intercon-

nexion de telles Smart Cameras au sein d'un réseau d'objets communicants ont permis l'émergence de nouvelles activités de recherche (coopération de capteurs, traitements distribués, communication intelligente). L'objectif de la journée fut de présenter les progrès des dernières recherches sur les caméras et les capteurs d'images "intelligents" et de réfléchir aux futurs axes de recherches.

Journée 3. Caméras et capteurs d'images intelligents (Juillet 2016) Organisée par Gilles Sicard et François Berry.

Dans le domaine des capteurs d'image CMOS, de nouveaux dispositifs ont vu le jour qui intègrent directement dans le plan focal (ou près du plan focal) des algorithmes complexes de traitement et d'analyse de l'image, comme par exemple l'extraction de caractéristiques pour la reconnaissance de formes. De plus, des technologies émergentes, telles que l'intégration 3D, les memristors etc., permettent d'envisager de nouveaux opérateurs ou de nouvelles architectures. Du point de vue des systèmes d'imagerie (caméra), on assiste à une coopération de plus en plus étroite entre le capteur d'image et les unités de traitement embarquées au plus proche du capteur. De tels systèmes de vision, communément appelés "Smart Cameras" sont aujourd'hui capables d'acquérir et d'analyser le flot d'images en temps réel afin de produire de l'information de plus haut niveau sur le contenu de la scène visuelle. De plus, les possibilités d'interconnexion de telles Smart Cameras au sein d'un réseau d'objets communicants ont permis l'émergence de nouvelles activités de recherche (coopération de capteurs, traitements distribués, communication intelligente). L'objectif de la journée fut de présenter les progrès des dernières recherches sur les caméras et les capteurs d'images "intelligents" et de réfléchir aux futurs axes de recherches. Exceptionnellement, cette journée a été suivie du 5ème "Workshop on the Architecture of Smart Cameras" (WASC 2016). <http://www.eunevis.org/wasc2016/>.

### Conférence DASIP

En 2006, Les membres du thème C ont constaté une forte motivation pour étendre au niveau européen les workshops francophones qu'étaient les journées AAA et les journées READ (sur les capteurs d'images et les rétines artificielles). Ces workshops existaient depuis 1992. Cette motivation avait pour essence la volonté de permettre aux chercheurs européens d'échanger autour de la problématique des systèmes et circuits pour le traitement du signal et des images.

Initiée par le thème C du GdR ISIS, la conférence européenne DASIP (Design and Architecture for Signal and Image Processing) a lieu tous les ans depuis 2007. Sur la période 2015-2017, trois éditions ont été organisées à Cracovie en Pologne (2015), Rennes en France (2016) et Dresden en Allemagne (2017). Les précédentes éditions de DASIP ont eu lieu à Grenoble (2007), Bruxelles (2008), Nice (2009), Edimbourg (2010), Tampere (2011), Karlsruhe (2012), Cagliari (2013), Madrid (2014), Cracow (2015), Rennes (2016) et Dresden (2017). L'édition 2018 est prévue à Porto au Portugal. Cette conférence est un succès et accueille entre soixante et cent participants par an sur les thématiques liées aux systèmes et circuits pour le traitement du signal et des images.

Les thématiques abordées sont :

- Méthodologies de conception et outils associés pour le TDSI.



- Développement de systèmes, architecture et technologies pour le TDSI.
- Cas d'utilisation et applications dans le domaine du TDSI.
- Systèmes d'acquisition intelligents.

Depuis sa création, un Program Co-Chairs et/ou un General Co-Chair de la conférence DASIP sont systématiquement issu du thème C du GdR ISIS.

## 6 Thème D : télécommunications : compression, protection, transmission

**DSA : Marc Antonini (DR CNRS, I3S, Sophia Antipolis), Veronica Belmega (MCF 61 ETIS, Cergy-Pontoise), Mari Kobayashi (PR CentraleSupélec), William Puech (PR 27 LIRMM), Montpellier)**

Le thème D fédère les chercheurs et les laboratoires travaillant sur les problématiques des couches basses des télécommunications (traitement de l'information, forme d'onde et système d'accès), des aspects de codage de canal associés (théorie de l'information, turbo-traitements), sur la problématique de la compression de source (image, vidéo, 3D, géométrie) et sur l'insertion de données cachées pour la protection (tatouage) ou pour l'enrichissement du contenu (data hiding). Cette communauté représente plus de 200 chercheurs se regroupant dans un cinquantaine d'équipes de recherche. Les thématiques de recherche privilégient la transversalité et créent une synergie avec les autres GdR, en particulier les GdR ALP (Cross layer design), GdR ONDES (Canal de propagation, co-design numérique-analogique), GdR ASR (lien avec les problématiques réseaux), GdR IG (compression géométrique, 3D), GdR STIC Santé (compression des images médicales, la télémédecine), GdR IM (Informatique Mathématique) et GdR Sécurité Informatique. Les domaines abordés en codage source et en communications numériques conduisent à des travaux de recherche amont, mais aussi à des recherches plus appliquées, tournées vers une collaboration étroite et fructueuse avec les partenaires industriels.

Le projet scientifique du thème D est organisé en deux axes, à savoir Axe 1 "Compression et protection" et Axe 2 "Information et communication : de la théorie à l'ingénierie".

### 6.1 Axe 1 : compression et protection

Cet axe regroupe les chercheurs qui s'intéressent au codage de source. En plus des problématiques de base que sont la réduction de redondance, la quantification et le codage, la communauté concernée est active dans les domaines de l'évaluation de la qualité des images, le tatouage et la protection dans des études normatives et dans la prise en compte du canal de transmission. Plusieurs thématiques de recherche sont abordées dans cet axe dont : la compression/codage d'images, de vidéos, d'objets 3D et 3D+t (volumiques et surfaciques), le multiéchelle, le codage multi-sources, le codage de sources distribué, la protection basée contenu, l'insertion de données cachées, la compression "intelligente" (basée contenu, ROI...), le bio-inspiré, l'ultra HD, les approches conjointes... Lors de la dernière Assemblée Générale, le thème D a proposé de fonctionner selon les trois Actions suivantes :

- Maillages et animations 3D

- Protection multimédia
- Compression et perception

L'objectif de ces Actions est de fédérer des chercheurs autour d'une thématique spécifique et de créer ainsi une synergie. Une évaluation à mi-parcours a conditionné la poursuite de chaque Action.

Il est clair que d'autres pistes ont été proposées par les acteurs du thème D. Nous souhaitons favoriser l'organisation de journées thématiques, hors fonctionnement des Actions, ce qui a été les cas. Nous avons pensé notamment à des journées sur les thématiques suivantes :

- Architectures pour le bio-inspiré en partenariat avec le thème C
- Méthodes et outils pour le signal, l'image et la 3D en partenariat avec le thème C ' Indexation - compression - protection en partenariat avec le thème B
- Chaînes de distribution en partenariat avec l'axe 2
- Application au domaine médical
- ...

## **6.2 Axe 2 : information et communication : de la théorie à l'ingénierie**

Cet axe regroupe les activités de recherche en communications numériques. Les chercheurs du GdR ISIS qui se consacrent à cet axe thématique sont des spécialistes du traitement du signal, des réseaux, du codage et/ou de la théorie de l'information. Les contextes applicatifs de ce domaine sont très variés : liaisons radio-mobiles ou liaisons sur fils, systèmes mono ou multi-utilisateur, équipements à antenne unique ou à antennes multiples, systèmes de communications via des relais, réseaux centralisés (cellulaires) ou décentralisés (réseaux "mesh", "ad hoc", Internet of Things, Device-to-Device), etc. Les problèmes sont également très divers : détermination des limites théoriques de fonctionnement, calculs de performance, conception de codes, conception de récepteurs / décodeurs, allocation de ressources, optimisation entre couches ("cross layer design"), modélisation des canaux, etc. Les principales orientations thématiques qui revêtent une grande importance scientifique auprès des chercheurs de la communauté des communications numériques au sein du GdR-ISIS :

*Les réseaux "green" : l'étude des réseaux "green" ou efficaces en terme de consommation d'énergie est une thématique émergente grâce à la volonté d'augmenter la durée de vie des appareils par des techniques d'optimisation de la gestion d'énergie "energy harvesting" et de transfert d'énergie sans fils "wireless energy transfer".*

*Les réseaux denses et hétérogènes : Dans le contexte de la demande croissante des hauts débits de transmission, les réseaux denses et hétérogènes permettent par des techniques de MIMO en réseau ou MIMO virtuelle, ou encore MIMO sur mmWave d'augmenter de manière drastique la capacité des réseaux filaire (MIMO sur Fibre) ou/et sans fils.*

*Allocation de ressources et gestion des interférences* : le problème de la gestion d'interférence est devenu crucial pour les réseaux cellulaires multi-utilisateur. En particulier, des stratégies nouvelles basées sur les Network MIMO (Multiple Input Multiple Output) et la coopération entre stations de base assurent des gains importants. De nouveaux problèmes restent ouverts en raison des liens imparfaits entre les nœuds du réseau et le manque de synchronisation.

*Transfert de l'information dans les réseaux décentralisés* : les réseaux décentralisés (Internet of Things, Device-to-Device) réclament de nouvelles approches théoriques et de nouveaux modèles basés sur la théorie des jeux, optimisation distribuée, optimisation en ligne et apprentissage statistique.

*Radio cognitive/radio intelligente* : la radio cognitive est un des nouveaux paradigmes des communications mobiles de ces dernières années. La radio cognitive permet d'exploiter de manière opportuniste les "trous" du spectre et de maximiser l'utilisation temps/fréquence/espace des réseaux. La mise en œuvre algorithmique et les protocoles adéquats sont encore à l'étude.

*"Network coding", ou codage en réseau* : le "Network Coding", à travers une combinaison intelligente et économique des différents flux d'information, permet de réduire la saturation des réseaux. Les avancées ont été particulièrement importantes dans les réseaux filaires mais l'utilisation, les potentialités et les limitations du "Network Coding" dans le monde sans fils constituent des problèmes ouverts.

*Sécurité pour la couche physique* : le principe de la sécurité pour la couche physique est d'exploiter des degrés de libertés présents dans le domaine fréquentiel/temporel/spatial des canaux sans fil pour garantir la sécurité inconditionnelle des communications. L'idée repose sur le fait qu'on peut rendre par des schémas sophistiqués exploitant les degrés de libertés les signaux interceptés par des écouteurs indésirables subissent généralement une dégradation différente de ceux reçus par les récepteurs légitimes.

*"Distributed caching" ou stockage distribuée en mémoire tampon* : l'idée de stocker partiellement des contenus d'une façon pro-active sur les terminaux utilisateurs ou près de ceux-ci est considérée comme une solution prometteuse pour décharger le trafic pendant les heures à pointe. Le progrès récent porte sur un design de codage robuste, l'optimisation conjointe de la phase de remplissage des mémoires et la phase d'envoi de contenus sous différentes critères. Cependant l'utilisation, les potentialités et les limitations du "Distributed Caching" dans les réseaux sans fils constituent des problèmes ouverts.

*Codage pour les canaux radio (MIMO, relais, ...)* : le problème de construction de codes spatio-temporels pour les systèmes MIMO est maintenant assez bien étudié. Cependant, les extensions (et les bornes fondamentales de performance) pour les canaux à relais, les canaux dits à accès multiple, à diffusion, à interférence ou multi-saut restent ouverts.

*Modèles de canaux radio* : les modèles de canaux sans fils ont été jusqu'à présent mis en œuvre dans des contextes de déploiement de réseau unique. Cependant, dans le cas de réseaux hétérogènes, l'interférence joue un rôle primordial et l'analyse temps-espace- fréquence est importante pour développer des modèles pour les réseaux du futur.

*“Compressed Sensing” et représentation parcimonieuse (en collaboration avec le thème A) :* le “compressed sensing” joue un rôle important en télécommunications pour réduire les fréquences d’échantillonnage de signaux large bande, étant donné la faiblesse d’utilisation du spectre à un instant donné. Des algorithmes de reconstruction de signal rapides sont encore à mettre en œuvre.

*Réseaux de capteurs : détection, estimation, optimisation distribuée (en collaboration avec le thème A) :* les réseaux du futur auront des capteurs à faible coût et faible consommation. Les contraintes énergétiques et de positionnement des capteurs imposent des traitements simples et distribués de l’information récoltée.

*Codage correcteur d’erreurs à très faible consommation (en commun avec le thème C) :* dans de nombreux domaines applicatifs actuels (électronique et intelligence embarquée, télécommunications “green”, codage pour les réseaux, etc), le problème de la consommation des composants est de plus en plus crucial. Parallèlement, les structures de codage et les décodeurs associés demandent de plus en plus de ressources de calcul et de stockage afin de corriger les erreurs dues à la transmission. La recherche de nouveaux algorithmes de décodage à très faible complexité est donc nécessaire.

### 6.3 Activités de janvier 2013 à décembre 2017

#### 6.3.1 Journées thématiques du thème D

##### 1. Action *Compression et Perception*

Dates(s): Oct.2013, Nov. 2015.

Animée par Chaker Larabi et Marc Antonini.

Journée 1. Avancées en compression de données multimédia et nouveaux challenges (Octobre 2013) Organisée par Chaker Larabi et Marc Antonini.

La journée a réuni une trentaine de chercheurs composée d’industriels et d’académiques. Les thématiques décrites durant cette journée sont diverses mais toujours en lien avec la compression vidéo. La journée a commencé par un tutoriel donné par l’un des experts Français de la norme DASH et qui a été très apprécié par les participants qui, pour beaucoup, découvraient pour la première fois le standard. Les présentations ont permis à l’audience de parcourir une palette importante de ce qui se fait dans les laboratoires de recherche académiques et industriels. Enfin la dernière présentation a été l’occasion de revenir brièvement sur les grandes dates et les grandes réalisations pour ce qui concerne le codage vidéo. Elle a permis également de poser la question sur le futur de ce domaine et sur les pistes envisageables. Enfin, cette présentation a permis d’alimenter une discussion de presque une heure sur les tendances futures en compression vidéo.

Journée 2. Imagerie Multi-vues : de l’acquisition à la projection (Novembre 2015) Organisée par Chaker Larabi et Marc Antonini.

Les technologies permettant aux utilisateurs d’avoir une sensation d’immersion sont en plein essor. Ainsi, les vidéos 3D offrent une impression de profondeur alors que les vidéos à point de vue libre offrent une sélection interactive à la fois des points de vue et des directions dans un intervalle prédéfini. Les deux solutions se combinent parfaitement pour donner plus de possibilités à l’utilisateur. Pour arriver à un tel résultat, il faut prendre en compte toute la chaîne de traitement, depuis l’acquisition à l’affichage

ou la projection, en passant pas les étapes de correction colorimétrique, de codage, de transmission, de rendu, etc.

Cette journée a été organisée dans l'objectif de présenter les avancées scientifiques, qu'elles soient académiques ou industrielles, en matière d'imagerie multi-vues. Des présentations séniors, couvrant la chaîne entière de traitements, ont été programmées afin de permettre une meilleure compréhension de la problématique. Le programme de la journée a été composé de présentations effectuées par des séniors et des exposés de doctorants sur des thématiques autour de la 3D, le multi-vues et la réalité augmentée. 40 personnes étaient présentes à cette journées dont plusieurs industriels.

## 2. Action Protection des données multimédia

Dates(s): Nov. 2013, oct. 2015, oct. 2016, nov. 2016, mars 2017, déc. 2017 (avec pré-GdR Sécurité Informatique).

Animée par Patrick Bas et William Puech.

Journée 1. Extraction de preuves multimédia : détection de manipulations - identification et authentification de contenus ou de personnes (Novembre 2013)  
Organisée par Patrick Bas et William Puech.

Les méthodes de traitement du signal et des images sont utilisées aujourd'hui pour détecter la manipulations des images, pour identifier le capteur qui les a générés, ou encore pour attester de leur authenticité. L'objectif de cette journée a été d'effectuer un panorama des compétences Françaises sur le domaine de l'extraction de preuves multimédia (Multimedia Forensics) et de la biométrie.

Divers types de méthodes ont été présentées autour de la détection de ré-échantillonnage d'images, la détection de copier/coller via des modèles géométriques, d'illumination, ou couleur, la détection de double compression, l'identification de capteurs (CCD, CMOS), d'imprimantes, l'identification de contenus dans une bases de données, les contre-attaques dans le but d'empêcher la détection ou l'identification, l'authentification de contenus numériques et physiques, le contrôle d'intégrité par hash robuste ou tatouage, l'identification de personnes par méthodes biométriques ainsi que l'utilisation des preuves par les juristes.

Matthias Kirchner, Researcher on Multimedia Forensics, IT Security Research Group, Munster University, Germany a effectué un exposé invité, plus de 50 personnes étaient présentes à cette journées dont de nombreux industriels.

Journée 2. Biométrie, Indexation multimédia et Vie privée (Octobre 2015) Julien Bringer (Morpho), Teddy Furon (Inria Rennes), Frédéric Jurie (GREYC Univ. de Caen) et Benjamin Nguyen (INSA Centre-Val de Loire) sous l'égide du projet ANR SecuLar et des GdR ISIS et MADICS.

La biométrie change d'échelle. La taille des bases de données biométriques ne cesse de croître. Non seulement le nombre d'éléments stockés dans les bases grandit, mais la dimensionnalité des "signatures" a également beaucoup augmenté. La masse de données est tellement grande qu'il devient impératif de faire appel à des mécanismes de recherche efficace. C'est justement le fort de l'indexation multimédia reconnue pour ses algorithmes

de recherche de plus proches voisins dans des collections de données gigantesques, et dans des espaces de grande dimensionnalité.

Mais transplanter ces techniques au monde de la biométrie n'est pas chose facile. Les bases de données biométriques sont protégées afin de garantir la confidentialité des données et le respect de la vie privée des utilisateurs : la sécurité est une priorité. Indexer des données biométriques est par conséquent difficile car ce besoin de sécurité va à l'encontre des méthodes de recherche efficace. A ce jour, aucun système biométrique ne peut gérer de manière inhérente (sans sécurisation supplémentaire au niveau système) à la fois les contraintes de sécurité, le respect de la vie privée et les ordres de grandeur entrevus dans les nouvelles applications. C'est en particulier le cas de la recherche de visages dans des bases géantes (e.g. vidéo).

D'un autre côté, l'indexation multimédia doit être plus sûre. Les techniques d'indexation multimédia sont désormais des outils privilégiés en matière "sécurité multimédia", (monétisation des contenus, détections des contenus illicites, etc.). Bien qu'elles soient robustes et puissent traiter des collections de plusieurs centaines de millions d'images, elles n'ont pas été conçues de manière à garantir la confidentialité, le respect de la vie privée et la sécurité des données manipulées.

La vie privée est particulièrement concernée quand il s'agit d'images contenant des visages, images pourtant omniprésentes sur les réseaux sociaux. Comment mettre en oeuvre les concepts fondamentaux de la privacy (anonymat, contrôle de l'utilisateur sur ses données, responsabilité et traçabilité de leur utilisation) quand les données personnelles sont des images ? Les images de visages introduisent une difficulté supplémentaire, car elles sont intrinsèquement liées à une personne. Les possibilités de croisement (e.g. pour permettre la désanonymisation de données) sont donc facilitées. D'un autre côté, la biométrie a une longue expérience concernant les techniques de protection et des méthodes d'anonymisation alors que celles-ci sont purement absentes du vocabulaire de la communauté multimédia.

Cette journée a proposé de confronter les points de vue des communautés Sécurité & Vie privée, Indexation large échelle, Biométrie et Reconnaissance de visages.

Juan Ramón Troncoso-Pastoriza (University of Vigo) ainsi que Zekeriya Erkin (Cyber Security Group - TU Delft) ont tous les deux effectué un exposé invité, plus de 30 personnes étaient présentes à cette journées dont de nombreux industriels.

- Journée 3. Saillance visuelle et applications au tatouage et à la compression d'images et de vidéos, Journée commune Thèmes B et D (Octobre 2016) Aladine Chetouani, PRISME, Université d'Orléans, Vincent Courboulay, L3i, Université de La Rochelle, Christine Fernandez, XLIM, Université de Poitiers, William Puech, LIRMM, Montpellier.

Ces dernières années, de nombreuses études ont porté sur l'attention visuelle débouchant sur un nombre important de nouvelles méthodes d'extraction de la saillance visuelle ainsi que son utilisation dans diverses applications aussi bien comme outil de guidage (extraction d'objets, suivi, ...) ou bien son utilisation comme étape intermédiaire permettant de focali-

ser uniquement sur certaines régions (qualité d'image, tatouage, ...). Ainsi, à travers ces différentes études, la pertinence d'utiliser ces modèles a été largement mise en évidence.

La thématique principale que nous avons développé a été donc celle de la saillance visuelle et de son exploitation. Parmi les thématiques émergentes exploitant la saillance, on citera en particulier les méthodes de tatouage numérique d'images ou de vidéos. Dans le cadre de cette journée, entre thème B et thème D, qui fait suite aux deux journées précédentes sur la saillance visuelle, une attention particulière sera donc apportée, cette année, aux applications industrielles ou académiques de type sécurité ou compression des images, sans pour autant exclure les autres domaines.

3 orateurs invités ont effectué une présentation : Frédéric Dufaux, Directeur de Recherche CNRS, L2S, CNRS, CentraleSupélec - Université Paris-Sud, Vincent Courboulay, Maître de conférence-HDR, L3i, Université de La Rochelle et William Puech, Professeur, LIRMM, Université de Montpellier. 4 personnes ont participé à cette journée.

Journée 4. Filtrage de contenus sensibles et sécurité des méthodes d'apprentissage (Novembre 2016) Organisée par Patrick Bas et Marc Chaumont.

Les méthodes d'apprentissages, lorsqu'elles sont utilisées pour filtrer ou détecter des informations sensibles (les messages cachés, modification d'un contenu, authentification d'une personne ou d'un objet, détection de SPAM, ...), peuvent être mises à mal par un adversaire qui cherchera par exemple à détériorer leurs performances. La base de données d'apprentissage peut par exemple être corrompue afin de rendre l'étape d'apprentissage inefficace. La connaissance du classifieur peut permettre de générer facilement des faux-positifs de bonne qualité. Inversement il est également possible de prendre en compte ces attaques afin de sécuriser le système d'apprentissage.

L'objectif de cette journée a été dans un premier temps de dresser un panorama sur la problématique de l'apprentissage adversarial puis de présenter des applications liées à ce contexte. La journée a commencé par une présentation du Dr. Batista Biggio, chercheur à l'Université de Cagliari et expert dans le domaine.

Des membres de la communauté du GdR ISIS (ainsi que du GdR Madics et du pré-GdR Sécurité) ont ensuite présenté leurs travaux implicitement ou explicitement liés aux attaques de systèmes d'apprentissage, de classification ou de recommandation, nous pouvons citer à titre d'exemple : la génération et la détection de faux : en biométrie et en authentification (spoofing), en tatouage, en stéganographie, en extraction de preuves (forensics), en filtrage de texte (SPAM) et en détection d'intrusions, les méthodes de pollution de bases d'images, de vidéos, ou de données plus généralement, le respect de la vie privée et les méthodes permettant d'inférer une base d'apprentissage ou une base de données, la mise à mal des systèmes de recommandations. Plus de 30 personnes ont participé à cette journée.

Journée 5. Traitement et communication des images médicales, Journée commune Thèmes B et D (Mars 2017 à Evry) William PUECH, Khalifa DJEMAL, Jean-Marie MOUREAUX.

Cette journée co-organisée par les thèmes B et D a porté sur deux aspects dans le domaine médical, le traitement et l'extraction de connaissances, mais aussi la communication sécurisée et spécifique des images médicales. L'objectif principal concerne l'établissement d'un état de lieux utile pour différentes communautés, spécialement celle travaillant sur les méthodes d'extraction et de traitement et celle sur des méthodes de communication sécurisée des données biomédicales. Les contributions attendues couvriront les aspects théoriques et applicatifs de ce domaine. 4 présentations invitées ont été effectuées : Prof. Andreas Uhl, Salzburg University, Salzburg, Austria, Weaknesses in Security Considerations related to Chaos-based (Medical) Image Encryption, Prof. Jean-Marie Moureaux, Université de Lorraine, France, Quelques défis et retours d'expérience en compression d'images et de vidéos médicales, Dr. Dalel Bouslimi, LaTIM Inserm, Brest, France, Protection continue des données médicales partagées/mutualisées, Dr. Safwan EL ASSAD, IETR, Université de Nantes Chaos-based Cryptography : a Promising Technology.

Des communications issues des milieux académiques et industriels sur les thèmes suivants ont eu lieu : Features extraction and description, Medical databases indexing, Recognition strategies in medical images for telemedicine, Computer Aided Diagnosis systems, Communication strategies for secure images, E-health, Telemedicine, Archiving, Medical image quality assessment et Medical image security (watermarking, encryption, forensics). 35 personnes ont participé à cette journée.

Journée 6. Comment concilier Big Data, Identification des personnes, Traçabilité des contenus et Respect de la vie privée ? (Décembre 2017 à Rennes) Caroline Fontaine, CNRS Lab-STICC & IMT-Atlantique, Teddy Furon, INRIA & IRISA. Cette question est devenue cruciale aujourd'hui. Ces propriétés, pouvant au premier abord sembler antagonistes, doivent pourtant aujourd'hui être réunies pour faire face aux besoins croissants dans les domaines de l'authentification et de la biométrie, de la distribution de contenus multimédia, de la vidéo-surveillance, et de l'externalisation des données et services. L'objet de cette journée est de faire le point sur les enjeux de respect de la vie privée liés à ces domaines, et les moyens permettant d'atteindre ces différents objectifs.

Cette journée, organisée le vendredi 8 décembre 2017 à Rennes, est commune à l'action Protection multimédia du GdR ISIS (Thème D, Axe 1) et au pré-GdR Sécurité Informatique (Groupe de travail "Sécurité et données multimedia").

### 3. Journée Optimisation (perceptuelle) d'HEVC et des futurs standards de compression vidéo

Date: Juillet 2016 à Nantes.

Organisée par Vincent Ricordel (IRCCyN Nantes, UMR 6597) et Wassim Hamidouche (IETR Rennes).

La recherche en compression vidéo est toujours conduite avec l'objectif de délivrer des volumes élevés de contenus plus immersifs sur des canaux à bande limitée voire congestionnés.



L'objectif est aussi que les contenus décodés possèdent une qualité subjective irréprochable (on parle aussi de fidélité perceptuelle sans perte).

Cette journée du GdR a donc été autour du codage vidéo et s'est intéressée de façon large aux approches d'optimisation d'HEVC et des futurs standards de compression vidéo.

Nous avons appelé à des présentations relatives : aux approches d'optimisations (débit-qualité, transformations, métriques, évaluation de la qualité, ...), aux outils et méthodes d'adaptations des codeurs (synthèse de textures, couleur, scalabilité, multi-vues, 3D, dynamiques étendues, ...), à l'adéquation au hardware.

Cette journée a été organisée avec le soutien de l'IEEE Circuits and Systems Society (Distinguished Lecturer Program) et du projet européen PROVISION ITN. L'intervenant invité est Enrico Magli (IEEE distinguished lecturer) : "Advances in Image/Video Compression Using Graph Transforms". Plus de 30 personnes ont participé à cette journée.

### 1. Journée Stratégie optimale de transmission de contenus multimédia

Date: Octobre 2013.

Organisée par Clency Perrine, Christian Olivier, Yannis Pousset (XLIM), Patrick Corlay, Francois-Xavier Coudoux (IEMN).

Dans le monde des communications, on assiste ces toutes dernières années à un foisonnement au quotidien de nouveaux services qui font appel à divers réseaux sans fil et/ou filaires (Réseaux ad-hoc, Réseaux cellulaires, CPL) et à différents types de terminaux (smartphone, tablette) pour lesquels les contraintes d'énergie, de débit, de mobilité sont croissantes et mal appréhendées. Pour pallier ces verrous, il existe un certain nombre de solutions partielles (approche basée bloc par bloc, mais jamais globale) permettant d'atteindre des résultats acceptables quand les conditions de transmission sont favorables en termes de ressources radio (énergie, bande passante, puissance), d'environnement de propagation. Dans des conditions plus difficiles de transmission (fortes perturbations du canal, débit et ressources radio limités, portabilité et mobilité importantes), la Qualité de Service (QoS) associée aux transmissions multimédia n'est plus garantie. En effet, le théorème de séparation de Shannon, justifiant l'approche partielle bloc par bloc, est valide uniquement sous certaines hypothèses (information ergodique et de longueur infinie) qui se vérifient rarement en pratique. Actuellement, il émerge une tendance transverse à considérer conjointement un ensemble de blocs ou couches constituant la chaîne d'émission/réception (modèle OSI) et permettant d'augmenter la qualité visuelle en prenant en compte le contenu, les utilisateurs et les services. Cette tendance consiste à exploiter simultanément, sous contraintes (complexité, énergie), les diversités sources et canal (fréquentielles, spatiales, temporelles) mais également les différentes couches (approche cross-layer). Enfin, garantir une QoS optimale revient à considérer une adaptation permanente de ces systèmes face à la variabilité de l'environnement et des services. Les objectifs de cette journée GdR furent de répondre, via une participation d'acteurs à la fois académiques et industriels, à des besoins sociétaux liés aux techniques de gestion des ressources radios. Ces dernières sont indispensables à la mise en place du concept de "Radio intelligente" et de "wireless green networks" qui ont, entre autre, pour défi d'optimiser la gestion de l'énergie. Orateurs : Daniel Negru (LABRI), Eric Nassor (Canon Research), Benoît Parrein (IRCCyN), Nesrine Changuel (Alcatel), Cyril Bergeron (THALES Communications & Secu-

riety), Yves Bervillier (Institut Jean Lamour), Claudio Greco (LTCI, Télécom ParisTech), Muhammad Moiz Anis (Télécom Bretagne), Gwenaël Le Lay (Orange Labs).

## **2. Journée Avancées en théorie de l'information et codage-codage et stockage distribués de sources dans les réseaux**

Date: Novembre 2013.

Organisée par Abdellatif Zaidi (Université Paris-Est Marne-La-Vallée), Mériouane Debah (Supélec).

Cette journée thématique organisée par le GdR ISIS fut consacrée aux dernières avancées dans le domaine du codage distribué de sources et du stockage distribué de l'information. La journée fut également diffusée sur Ximinds : <http://www.ximinds.com>. Orateurs : Gerhard Kramer (TUM, Germany), Prakash Ishwar (Boston University, USA), Michael Gastpar (EPFL, Switzerland), Michèle Wigger (Télécom ParisTech), Jean-Claude Belfiore (Télécom ParisTech), Aslan Tchamkerten (Télécom ParisTech), Stefan Valentin (Alcatel-Lucent, Germany), Laurent Massoulié (INRIA), Jean-Louis Guenego (Supélec), Nicolas Le Scouarnec (Technicolor).

## **3. Journée Sécurité au niveau de la couche physique dans les réseaux sans-fil**

Date: Mai 2014.

Organisée par Laura Luzzi (ETIS/ENSEA-UCP-CNRS), Matthieu Bloch (GeorgiaTech).

Avec le déploiement à grande échelle des réseaux sans-fil, garantir la sécurité des communications mobiles est devenu un enjeu majeur. Les réseaux sans-fil sont particulièrement vulnérables aux attaques, car tout nœud se trouvant à proximité de l'émetteur est susceptible d'intercepter la communication. De plus la nature dynamique et décentralisée des réseaux de future génération rend parfois difficile la mise en œuvre de protocoles de sécurité classiques et la gestion des clés secrètes au niveau des couches hautes. La sécurité au niveau de la couche physique offre un nouveau paradigme permettant de prendre en compte et d'exploiter la nature aléatoire des canaux sans fils (bruit, évanouissements, interférence...) afin de garantir un niveau additionnel de protection. Les études en théorie de l'information ont déjà mis en évidence le fort potentiel de la sécurité couche physique, mais son intégration dans les futurs systèmes de communication se heurte toujours à de nombreux défis. L'objectif de cette journée fut de fournir un point de rencontre entre experts pour présenter des avancées récentes et discuter des problèmes ouverts dans ce domaine. En particulier, l'accent a été mis sur les techniques de codages, les systèmes expérimentaux, ainsi que les interactions avec le traitement du signal et la cryptographie.

Orateurs : Matthieu Bloch (Georgia Tech), Iulia Tunaru (CEA-Leti, Grenoble and Université Rennes 1), François Delaveau (Thalès Communications & Security), Jean-Claude Belfiore (Télécom-ParisTech), Cong Ling (Imperial College London), Paul Ferrand (INSA Lyon), Mael LeTreust (ETIS/ENSEA-UCP-CNRS), Abdellatif Zaidi (Université Paris-Est Marne-La-Vallée), Pablo Piantanida (Supélec).

## **4. Journée Stockage distribué en mémoire tampon dans les réseaux sans fils**

Date: Juin 2014.

Organisée par Mari Kobayashi (Supélec), David Gesbert (EURECOM).

La problématique du stockage distribué, c'est-à-dire l'idée de stocker des données redondantes sur les stations de base de femtocells ou même les terminaux utilisateurs (ou près de ceux-ci), attire une attention considérable dans les milieux industriels et académiques en tant que solution prometteuse permettant de réduire la charge sur le back-

haul et réduire la latence des réseaux d'accès sans fil à l'Internet. Même si conceptuellement simples, les techniques dérivées nécessitent des compétences interdisciplinaires et multi-couches (couche PHY, routage) et la prise en compte de diverses contraintes pratiques. L'objectif de la journée GdR est de présenter les progrès récents dans le domaine des politiques du stockage distribué en mémoire tampon (caching) et de discuter les défis liés au design et à l'analyse des solutions stockage distribué de point de vue théorique et pratique.

Orateurs : Giuseppe Caire (University of South California, USA), Stefan Valentin (Alcatel Lucent, Germany), Thrasyvoulos Spyropoulos (EURECOM), Luca Muscariello (Orange Lab), Ejder Bastug, (Supélec), Andres Altieri (Supélec).

### 5. Journée 5G et au-delà : promesses et défis (5G & Beyond : Promises and Challenges)

Date: Octobre 2014.

Organisée par Sheng Yang (Supélec), Mérouane Debbah (Huawei).

Alors que le déploiement mondial du système d'évolution à long terme (LTE, 4G) s'étend, une éventuelle norme 5G est en discussion active et a attiré l'attention de chercheurs du monde académique et de l'industrie. Alors que chacune des mises à niveau de la génération précédente a entraîné une augmentation du débit du système de 10x, une amélioration de 100x ou même 1000x est attendue pour la prochaine décennie afin de tenir compte de l'explosion du trafic de données et des applications telles que le streaming vidéo et les jeux en réseau mobiles. Incontestablement, les seules façons de satisfaire une telle demande sont de nouvelles techniques couches physique innovantes à très haute efficacité spectrale (par exemple les systèmes MIMO massifs), l'exploitation de nouveaux spectres vers des fréquences beaucoup plus élevées (par exemple, les ondes millimétriques) et l'ultra densification des réseaux sans fil. Outre le débit, le temps de latence, l'efficacité énergétique et la grande mobilité sont également importants et doivent être pris en compte. L'objectif de cette journée GdR ISIS était que certains des meilleurs chercheurs du domaine présentent leur vision de ce à quoi la 5G pourrait ressembler, leurs prises de vues sur les sujets de recherche actuels liés à la 5G (cloud RAN, MIMO massive, mmWave, small cell, interférence alignement, radio full-duplex), et quels sont les défis à mettre en œuvre ces techniques théoriquement attrayantes. Des travaux de thèse liés à la 5G ont également été présentés par des étudiants doctorants de différentes universités / institutions en France. Un nombre remarquable de personnes ont assisté à cette réunion GdR ISIS qui s'est tenue à Supélec, Gif-sur-Yvette : environ 110 participants.

Orateurs : Giuseppe Caire (TU-Berlin), Alistair Urie (Alcatel-Lucent), Zheng Chen (Supélec), Raymond Knopp (EURECOM, Sophia Antipolis), Jérémy Nadal (Telecom Bretagne), David Gesbert (EURECOM, Sophia Antipolis), Victor Quintero (INSA/INRIA, Lyon), Markus Mueck (Intel, Munich), Eric Hardouin (Orange Labs), Elie Awwad (Telecom Paristech), Mérouane Debbah (Huawei, Paris).

### 6. Journée Codes LDPC spatialement couplés : introduction, avancées théoriques et applications pratiques

Date: Novembre 2014.

Organisée par Iryna Andriyanova (ETIS/ENSEA-UCP-CNRS), Charly Poulliat (IRIT/ENSEEIH).

Cette journée a donné un aperçu d'une nouvelle technique de codage (appelée couplage spatial), accessible aux chercheurs et aux étudiants doctorants travaillant dans le domaine des systèmes de communication, de la théorie de l'information, du codage

et du traitement du signal. Les codes spatialement couplés sont activement étudiés par la communauté de codage, grâce à leurs performances asymptotiques exceptionnelles sur une myriade de modèles de canaux (par exemple, canal d'effacement binaire, canal gaussien, canaux d'évanouissement, etc.). Cette construction de code a récemment été étendue à un grand nombre de problèmes de communication, tels que la transmission sur des canaux à accès multiples et à relais, le problème de Slepian-Wolf, les schémas de modulation multi-utilisateur, et ainsi de suite. En général, cette technique de construction (avec son phénomène de saturation de seuil) a été conjecturée comme une approche générale pour atteindre la performance optimale d'un système de transmission. Cette journée GdR-ISIS a été organisée autour des avancées les plus récentes en matière de technologie de couplage spatial et de ses applications. La réunion comprenait : un tutoriel sur la technique du couplage spatial (donné par le Prof. R. Urbanke) ; une session de conférence invitée par des chercheurs chevronnés de la région ; une session de discussions de jeunes chercheurs souhaitant participer et présenter leurs résultats récents.

Orateurs : Rudiger Urbanke (EPFL, Switzerland), Michael Lentmaier (Lund University, Sweden), Pablo Olmos (Universidad Carlos III de Madrid, Spain), Jean-Pierre Tillich (INRIA), Alexandre Graell i Amat (Chalmers University of Technology, Sweden), Gianluigi Liva (DLR, German Aerospace Center), Najeeb ul Hassan (TU Dresden, Germany), Jean Barbier (ENS, Laboratoire de Physique Statistique), Elsa Dupraz (ETIS/ENSEA-UCP-CNRS), Tarik Benaddi (ENSEEIH, Laboratoire IRT).

## 7. Journée Eco Radio

Date: Mai 2015.

Organisée par Myriam Ariaudo (ETIS Cergy-Pontoise), Guillaume Ferré (Laboratoire IMS Bordeaux), Yves Louët (IETR CentraleSupélec).

Le domaine de l'Eco Radio lié à la prise de conscience écologique et la nécessité d'un développement durable dans le domaine des TIC, a généré une très forte activité ces dernières années et cela va continuer voire progresser dans les années futures. Les très nombreuses initiatives nationales et internationales (Greentouch, projets EARTH, TREND, SHARING, etc.) montrent bien qu'il est possible de réduire de façon significative la consommation en appliquant des concepts de bon sens (comme par exemple allumer/éteindre les équipements selon leur activité) mais dont les mises en œuvre ne sont pas toujours si simple. Tous les domaines des télécommunications sont impactés, de la conception de circuits aux réseaux en passant par les traitements de la couche physique et les nouvelles formes d'onde. L'objectif de cette journée est alors de dresser un panorama de l'état actuel des avancées et des connaissances dans le domaine de l'Eco Radio, à l'aube des systèmes des réseaux mobiles de 5<sup>ème</sup> génération.

Orateurs : Mérouane Debbah (Huawei), Jean-Marie Gorce (CITI), Christophe Moy (IETR), Veronica Belmega (ETIS/ENSEA), Mouna Ben Mabrouk (IMS)

## 8. Journée Communications couche physique basées sur le cloud dans les réseaux de la 5G : performances, retour d'information et complexité

Date: Novembre 2015.

Organisée par Petros Elia (EURECOM) and Laura Cottatellucci (EURECOM).

Il est évident que l'évolution du trafic mobile au cours des 5-6 dernières années, indique une croissance qui semble être exponentielle. Cela peut être attribué à une multitude de raisons, telles que les nouveaux dispositifs qui comprennent les smartphones, les tablettes, ainsi que de nouvelles applications qui incluent YouTube, Facebook et les

jeux en réseau. Il y a en effet de très bonnes indications que cette croissance se poursuivra du fait des applications à venir exigeantes, telles que les communications de type machine, les drones, les flux vidéo HQ, etc. Le défi pour soutenir ces demandes énormes en termes de volume et d'impact sociétal des communications sans fil a stimulé la recherche mondiale pour développer des technologies de communication éco-énergétiques à haut rendement et à haute performance. Cette journée GdR ISIS, directement motivée par ces défis, mettra en avant de nouvelles idées et de nouveaux paradigmes dans les communications sans fil, avec une préférence particulière pour les systèmes MIMO (multiple-input multiple-output) massifs, le Cloud RAN, les techniques de cache et l'edge-computing. Dans le cadre des systèmes MIMO massifs, l'idée est d'équiper les stations de base d'un très grand nombre d'antennes, afin de permettre des débits plus hauts, une meilleure efficacité spectrale et énergétique, ainsi que des algorithmes plus simples (du fait que les grands systèmes convergent souvent vers leurs limites déterministes). Ceci est en quelque sorte lié au concept de cloud RAN où maintenant, une entité centralisée contrôle les transmissions à partir d'un grand nombre de dispositifs radio qui peuvent être plus proches des utilisateurs. Dans ces deux contextes, qui ont leurs propres avantages et défis, on peut utiliser l'idée de mise en cache distribuée et anticipée qui permet de placer le contenu populaire plus près des utilisateurs. Toutes ces idées se conjuguent pour envisager un nouveau mode de communication. Cette journée vise à être une plateforme idéale non seulement pour discuter des technologies qui sont à l'avant-garde de la vision actuelle des réseaux sans fil, mais aussi pour s'inspirer et comprendre la multitude de façons dont elles pourraient interagir. Orateurs : Giuseppe Caire (TU-Berlin), Georgios Paschos (Huawei), Dora Boviz (CentraleSupélec), Dirk Slock (EURECOM), Iryna Andriyanova (ENSEA), Laurent Roullet (Alcatel Lucent), Qianrui LI (EURECOM), Stefan Valentin (Huawei), Ejder Bastug (CentraleSupélec)

## 9. Journée Progrès récents de la théorie de l'information dans les réseaux et de la théorie de codage

Date: Novembre 2015.

Organisée par Samir M. Perlaza (Inria), Abdellatif Zaidi (Huawei).

La théorie de l'information dans les réseaux étudie les limites fondamentales du stockage de données et de la transmission de données dans les réseaux. En même temps, cette théorie vise à développer des systèmes de codage qui approchent ces limites. La naissance de cette théorie remonte aux contributions séminales de Claude E. Shannon au cours de la seconde moitié du XX-ème siècle. Depuis lors, de nombreux résultats élégants ont été développés pour une variété de réseaux avec des applications potentielles dans de nombreux scénarios réels. Néanmoins, aujourd'hui cette théorie reste loin d'être complète. Cette journée GdR-ISIS a pour but de réunir la communauté et de donner l'occasion aux chercheurs de partager leur résultats récents de la théorie de l'information dans les réseaux. En particulier, la journée accueille des contributions dans les domaines suivants : caching et stockage de données, codage d'index, canaux gaussiens et sécurité couche physique, collecte d'énergie (energy harvesting) dans les communications sans fil, codage source-canal, analyse de codes de longueur finie et codes polaires. À cette fin, les chercheurs et les étudiants doctorants en communications, en génie électrique, en informatique, en statistique et en mathématiques appliquées sont les bienvenus. L'industrie occupe également une place importante dans cette réunion et les acteurs industriels sont donc invités à y assister.

Orateurs : Giuseppe Durisi (Chalmers University of Technology, Sweden), Inaki Es-

naola (University of Sheffield, UK), Albert Guillen i Fabregas (Universitat Pompeu Fabra, Spain) Deniz Gunduz (Imperial College, UK), Michele Wigger (Telecom ParisTech)

#### 10. Journée Les réseaux de communications sans fil : problèmes non-centralisés et solutions

Date: Mars 2016.

Organisée par Christophe Le Martret (Thales), Philippe Ciblat (Télécom ParisTech), Jean-Marie Gorce (CITI Lab, INSA Lyon), Cédric Richard (Univ. Sophia Antipolis).

De nombreux systèmes de communications sans fil ne possèdent pas de point central (de type station de base en cellulaire) permettant la gestion des ressources (fréquence porteuse, bande de fréquence, puissance, ...) entre les différents éléments du réseau et doivent mettre en oeuvre des solutions locales non-centralisées (5G : SON, M2M/D2D, micro/femto cells ; réseaux de capteurs, réseaux ad hoc,...). On peut citer par exemple le problème de l'attribution dynamique des fréquences ou de puissance dans les réseaux hétérogènes/SON ou ad hoc. Le besoin de non-centralisation est accru par la mobilité du réseau. De plus, l'environnement aléatoire des réseaux sans fil (canal de propagation, interférences, ...) augmente la complexité du problème tant de manière pratique que théorique. Les techniques permettant de résoudre ce problème sont variées et font appel à des techniques diverses telles que : la théorie des jeux (coopératifs, non-coopératifs, coalition), l'optimisation distribuée, méta-heuristiques distribuées  
Orateurs : Zwi Altman (Orange), David Gesbert (EURECOM), Samson Lasaulle (CNRS)

#### 11. Journée Learning in Networks and Beyond

Date: Juin 2016.

Organisée par Richard Combes (CentraleSupélec), Mari Kobayashi (CentraleSupélec).

Dans le domaine de l'optimisation des réseaux (au sens large) et des services en ligne (moteurs de recherche, systèmes de recommandation) il est souvent nécessaire de prendre des décisions face à un environnement incertain/stochastique dont le comportement statistique n'est pas connu a priori (mobilité des noeuds, trafic ou popularité des contenus). Dans un autre domaine, celui de l'apprentissage (ou "machine learning"), les problèmes d'optimisation en bandit ("multi-armed bandit", "restless bandit"), l'apprentissage par renforcement ou encore la détection de communautés font l'objet d'un vif intérêt motivé par leur applicabilité aux systèmes de recommandation, publicité en ligne et réseaux sociaux. Ces deux communautés étudient des problèmes similaires et utilisent fréquemment les mêmes outils (probabilités, inégalités de concentration, théorie de l'information, etc.) et le but de cette journée est de rassembler des chercheurs travaillant dans ces deux domaines, tant au niveau des problèmes que des outils.

Orateurs : Thomas Bonald (TelecomParisTech), Emilie Kauffmann (CRISAL : CNRS, Université Lille 1), Odalric Maillard (INRIA Saclay), Laurent Massoulié (INRIA-Microsoft Research Joint Center)

#### 12. Journée Codes correcteurs d'erreur efficaces en terme de consommation énergétique

Date: Juin 2016.

Organisée par Elsa Dupraz (Télécom Bretagne), Emmanuel Boutillon (Université de Bretagne Sud), David Declercq (ETIS / ENSEA - Université de Cergy-Pontoise).

L'efficacité énergétique est un problème majeur dans la conception de systèmes de communication modernes. La théorie de l'information a largement étudié les limites fondamentales de la communication dans des canaux bruités sous contraintes de puissance d'émission. Ces limites fondamentales ont conduit à la conception de systèmes

de correction d'erreurs très efficaces, tels que les codes LDPC et Turbo. Cependant, il a également été observé empiriquement que la puissance de traitement peut parfois dominer la puissance d'émission, en particulier pour les communications à courte distance. L'une des principales préoccupations actuelles est de concevoir des systèmes de correction d'erreur qui minimisent la consommation d'énergie totale (transmission + traitement) plutôt que la consommation d'énergie de transmission. Cette préoccupation a récemment reçu une attention accrue de la part des académiques et des industriels, et les deux questions suivantes sont à l'étude. Tout d'abord, d'un point de vue de la théorie de l'information, il est nécessaire de prendre également en compte l'énergie de traitement et de concevoir des systèmes de correction d'erreurs qui garantissent la transmission tout en minimisant la consommation totale d'énergie. Deuxièmement, comme l'énergie de traitement dépend fortement de la technologie (alimentation en tension, CMOS 45nm ou 65nm, etc.) et de l'architecture du circuit, il est nécessaire de construire des implémentations matérielles à faible consommation d'énergie de systèmes de correction d'erreurs. Ces deux questions sont étroitement liées, car par exemple, la mise en œuvre matérielle pourrait fournir des modèles énergétiques à la théorie de l'information, tandis que des limites fondamentales pourraient donner des indications pour la mise en œuvre. Les objectifs de la journée GdR ISIS seront de présenter les contributions récentes sur les systèmes de correction d'erreurs à faible consommation d'énergie et d'explorer les liens entre la théorie de l'information et les problèmes de mise en œuvre du matériel.

Orateurs : Andreas Burg (EPFL, Switzerland), Valentin Savin (CEA-LETI), Chris Winstead (Utah State University, USA), Stefan Scholl (Technische Universität Kaiserslautern, Germany)

### 6.3.2 Journées Transversales inter thèmes

#### 1. Journée Standard de compression vidéo HEVC et ses implémentations matérielles / logicielles

Date: Octobre 2013.

Organisée par Fan Yang (Université de Bourgogne), Jean François Nezan (INSA Rennes), Marc Antonini (I3S, CNRS, Université de Nice-Sophia Antipolis), thèmes C et D (Axe 1).

Cette journée a été organisée conjointement entre les thèmes C et D axe 1. Voir la description au paragraphe 5.2.

#### 2. Journée TRECVID + Qualité et Protection

Date: Janvier 2013.

Organisée par Jenny Benois-Pineau (LaBRI, Université de Bordeaux), Matthieu Cord (LIP6, UPMC, CNRS), Georges Quénot (LIG, CNRS) et William Puech (LIRMM, CNRS, Université de Montpellier 2), thèmes B et D (Axe 1). Cette journée était commune avec l'Action IRIM du Thème B axe 4. Voir la description au paragraphe 4.5.4.

#### 3. Journée Saillance visuelle et applications au tatouage et à la compression d'images et de vidéos, Journée commune Thèmes B et D

Date: Octobre 2016.

Organisée par Aladine Chetouani, PRISME, Université d'Orléans, Vincent Courboulay, L3i, Université de La Rochelle, Christine Fernandez, XLIM, Université de Poitiers, William Puech, LIRMM, Montpellier. Cette journée a été organisée conjointement entre

les thèmes B et D axe 1. Voir la description au paragraphe de l'Action Protection des données multimédia du paragraphe 6.3.1.

#### 4. Journée Traitement et communication des images médicales, Journée commune Thèmes B et D

Date: Mars 2017 à Evry.

Organisée par William PUECH, Khalifa DJEMAL, Jean-Marie MOUREAUX.

Cette journée a été organisée conjointement entre les thèmes B et D axe 1. Voir la description au paragraphe de l'Action Protection des données multimédia du paragraphe 6.3.1

#### 5. Journée Transmission Optique Sans-fil : problématiques et nouvelles avancées

Date: Juin 2013.

Organisée par M. A. Khalighi (Institut Fresnel), B. Fracasso (Télécom Bretagne), S. Sahuguède (XLIM).

Cette journée organisée par les thèmes A et D du GdR ISIS fut consacrée aux dernières avancées dans le domaine des communications optiques sans-fil (OWC, Optical Wireless Communications). Ces dernières offrent des avantages techniques et opérationnels indéniables tels que : très forte bande-passante, robustesse aux interférences électromagnétiques, très grand confinement spatial permettant une réutilisation illimitée du spectre, sécurité inhérente, efficacité énergétique, absence de réglementation sur l'utilisation du spectre ou encore disponibilité et coût de composants largement utilisés dans les technologies de communications optique. En outre, les systèmes OWC peuvent être appliqués à une large gamme d'applications parmi lesquelles : liaisons LAN "outdoor", liaisons domestiques "indoor", télésurveillance indoor, réseaux de capteurs, éclairage intelligent (VLC), liaisons satellites, plates-formes d'altitude, communications sous-marines, liaisons sans-fil entre puces, cartes et calculateurs. L'objectif de cette journée fut d'aborder les thématiques de recherche les plus récentes sur les systèmes OWC, notamment celles liées aux traitements de la couche physique de transmission.

Orateurs : Z. Ghassemlooy (Northumbria University), N. Védrenne (ONERA, NICT, CNES), S. Poulénard (EADS ASTRIUM), M.A. Khalighi (Institut Fresnel), A. Destrez (Supélec), S. Sahuguède (XLIM), A. Behloul (XLIM), N. Barbot (XLIM), H. Al Hajjar (UTC/Télécom Bretagne), M.-S. Alouinii (KAUST Thuwal), M.A. Khalighi (Institut Fresnel).

### 6.3.3 Journées Inter GdR

#### 1. Action Maillages et animations 3D

Dates(s): Mai 2013, Juin 2014, Mai 2015.

Animée par Olivier Aubreton, Mohamed Daoudi, Florent Dupont, Frédéric Payan, Basile Sauvage.

L'objectif du colloque AC3D de l'action Maillages et animations 3D est de présenter des travaux en cours sur les techniques qui composent la chaîne "classique" de numérisation d'objets 3D, et également de faire émerger de futurs axes de recherche. Ce colloque se déroule sur deux journées en partenariat avec le GdR IG-RV. Comme les éditions précédentes, le programme scientifique a couvert les 4 grandes thématiques :

- Acquisition,
- Représentation et Maillage,



- Analyse et Traitement (segmentation, protection, etc.),
- Compression.

Sur la période 2013-2017, trois éditions des journées AC3D ont eu lieu :

Journée 1. De l'Acquisition à la Compression des objets 3D (22-24 mai 2013) .

4 tutoriaux présentés par des conférenciers invités, ainsi que 10 exposés (appel à participation) ont été proposés dans chaque thématique. Les tutoriaux étaient :

- Gérard Subsol (LIRMM, CR CNRS Montpellier) : Chaîne d'acquisition 3D en paléo-anthropologie
- Adrien Bartoli (ISIT, PU, Clermont-Ferrand) : Concept et mise en oeuvre de la réalité augmentée en coeliochirurgie gynécologique
- Andrew Comport (I3S, CR CNRS, Nice) : Localisation et cartographie visuelle dense en temps-réel
- Guillaume Lavoué (LIRIS, MCF, Lyon,) : Facteurs perceptuels et métriques de qualité pour les maillages statiques et dynamiques et applications à la compression.

Journée 2. De l'Acquisition à la Compression des objets 3D (11-13 juin 2014) .

4 tutoriaux présentés par des conférenciers invités, ainsi que 9 exposés (appel à participation) ont été proposés dans chaque thématique. Les tutoriaux étaient :

- Marc Pierrot Deseilligny (MATIS/IGN) : Traitement de données et protocoles d'acquisition pour le passage à l'échelle dans la numérisation 3D basée image, application au relevé de la tombe de Meremtah (Vallée des rois, Luxor),
- Edmond Boyer (INRIA Rhone Alpes) : Modélisation multi-vues de scènes dynamiques,
- Julien Tierny (CNRS LTCI ; Telecom ParisTech) : Analyse Topologique pour la Visualisation Scientifique,
- Guillaume Moreau (CERMA, Ecole Centrale de Nantes) : Recalage de données vidéos et SIG d'environnements urbains.

Journée 3. De l'Acquisition à la Compression des objets 3D (27-28 mai 2015) .

4 tutoriaux présentés par des conférenciers invités, ainsi que 11 exposés (appel à participation) ont été proposés dans chaque thématique. Les tutoriaux étaient :

- Sébastien Schneider (IFPEN) : De l'acquisition à la compression dans les géosciences : modélisation géométrique du sous-sol,
- Jean Denis Durou (IRIT) : Stéréophotométrie : du principe aux applications
- Frédéric Larue (Icube) : Numérisation et patrimoine culturel : acquisition de l'apparence en environnements non-contrôlés
- Guillaume Damiand (LIRIS) : Cartes Combinatoires dans CGAL pour la description d'objets volumiques.

## 2. Journée Comment concilier Big Data, Identification des personnes, Traçabilité des contenus et Respect de la vie privée ?

Date: Décembre 2017 à Rennes.

Organisée par Caroline Fontaine, CNRS Lab-STICC & IMT-Atlantique, Teddy Furon, INRIA & IRISA.

Cette journée, organisée le vendredi 8 décembre 2017 à Rennes, est commune à l'action Protection multimédia du GdR ISIS (Thème D, Axe 1) et au pré-GdR Sécurité Informatique (Groupe de travail "Sécurité et données multimedia". Voir la description au paragraphe de l'Action Protection des données multimédia du paragraphe 6.3.1

### **3. Journée Développements récents en focalisation et communication par retournement temporel**

Date: Septembre 2013.

Organisée par Pierre Siohan (Orange Labs), Julien de Rosny (Laboratoire Ondes et Acoustique, ESCPI), Mérouane Debbah (Supélec).

Les miroirs à retournement temporel (RT) initialement développés dans le domaine de l'acoustique ultra-sonore par M. Fink et al., ont, par la suite, intéressé d'autres communautés. En 2008, une première réunion inter GdR associant Ondes et ISIS a porté sur les applications à l'imagerie. Depuis une dizaine d'années un nombre important de recherches concernent également les télécommunications. Le but de cette journée inter GdR fut de faire le point sur les aspects fondamentaux du RT dans les milieux complexes ainsi que d'illustrer et de discuter de différents aspects applicatifs du RT dans le domaine des télécommunications. En particulier les points suivants furent abordés : modélisation du retournement temporel dans les milieux complexes ; les combinaisons RT multi-porteuses multi-antennes ; le MIMO massif et les petites cellules ; les contraintes de réalisation matérielles ; l'efficacité énergétique du RT.

Orateurs : Josselin Garnier (Laboratoire de Probabilités et Modèles aléatoires, Laboratoire J. L. Lions, Université Paris VII), Maryline Héland (IETR), Dinh Thuy Phan Huy (Orange Labs), Emil Bjornson (Supélec, KTH Stockholm), Jakob Hoydis, (Alcatel Lucent, Stuttgart), Messaoud Thameri (Telecom Paris-Tech), Thomas Fromenteze (Université de Limoges), Marc Antoine Bouzigues (Orange Labs).

### **4. Journée Efficacité énergétique : Contrôle et gestion des nouveaux dispositifs de génération d'énergie**

Date: Juin 2014.

Organisée par Patrice Wira (Université de Haute Alsace), Malek Ghanes (ECS-Lab, ENSEA), Mikael Hilaret (Femto-ST, Université de Franche-Comté).

L'évolution démographique conduisant à une augmentation des consommations d'énergie, il s'ensuit de nouveaux besoins et attentes en matière de mix énergétique, de gestion de l'énergie et de la consommation de l'énergie pour respecter les enjeux environnementaux de demain. Comment aller vers l'efficacité et la sobriété énergétique, quelle trajectoire pour atteindre le mix énergétique en 2025, dans le respect des engagements climatiques de la France, quels choix en matière d'énergie renouvelable (EnR) et de nouvelles technologies de l'énergie. Toutes les ressources doivent être mobilisées (éolien, solaire thermique et photovoltaïque, biomasse, hydraulique, énergies marines, géothermie) et combinées pour répondre aux besoins de chauffage, d'électricité, de mobilité, de production industrielle. L'objet de cette journée thématique fut d'appréhender les actions de recherche mettant en avant l'efficacité énergétique sous l'angle des problématiques technologiques (du ressort du GdR SEEDS), des problématiques de contrôle, d'observation, de diagnostic et monitoring (GdR MACS), ainsi que des problématiques de mesure et de traitement du signal (GdR ISIS).

Orateurs : Miassa Taleb (Supélec), Philipp Klein (Hochschule Furtwangen University, Germany), Houari Toubakh (Mines, Douai), Jean-Paul Gaubert (LIAS), A. Picot (LAPLACE), Waleed Nwesaty (GIPSA-Lab), Marine Jouin (FEMTO-ST), Florian Simon (société MANASLU Ing.), Manuela Sechilariu (AVENUES-GSU, Université de Technologie de Compiègne), Yujun He (Supélec).

## 5. Journée Architectures de Codes Correcteurs d'Erreurs

Date: Novembre 2014.

Organisée par Emmanuel Boutillon (Université de Bretagne Sud), Catherine Douillard (Télécom Bretagne), Michel Jézéquel (Télécom Bretagne).

L'objectif de cette journée fut de réunir la communauté académique et industrielle française autour du problème de conception de codes correcteurs d'erreurs et des architectures associées. On assiste en effet aujourd'hui à l'émergence de nouveaux codes (codes polaires, codes LDPC Non Binaires, ...), de nouvelles applications (très haut débit, stockage mémoire), de nouveaux algorithmes de décodage (bit-flipping, FAID) et de nouvelles contraintes (ultra faible consommation par exemple). Cette journée inter-GdR (GdR SoCSiP et GdR ISIS) a fait le point sur ces différentes tendances autour d'exposés et de débats en partenariat avec l'Université de Kaiserslautern (Allemagne). Orateurs : Stefan Weithoffer, Norbert Wehn (Technische Universität Kaiserslautern), Li Meng (IMEC), Benoît Parrein (Univ-Nantes), David Declercq (ENSEA), Camille Leroux (IPB/ENSEIRB-MATMECA), Valentin Savin (CEA LETI), Philipp Schläfer, Stefan Scholl (Technische Universität Kaiserslautern), Charbel Abdel Nour (Télécom Bretagne), Emmanuel Boutillon (Lab-STICC/UBS).

# Annexes

## A Les Actions et les journées d'animation

### Liste des Actions et dates des journées

Action Apprentissage (Thème A) Date(s) : fév. 2014, juin 2016 . . . . .	18
Action Optimisation (Thème A) Date(s) : oct. 2013, mai 2014, oct. 2014, nov. 2014 (avec GdR MIA), juin 2016, nov. 2016 . . . . .	19
Action Méthodes de simulation stochastiques (Thème A) Date(s) : mai 2013, nov. 2015 . . . . .	23
Action Estimation et détection en grande dimension (Thème A) Date(s) : mai 2013, janv. 2015 . . . . .	24
Action Signaux et images sur graphes (Thème A) Date(s) : nov. 2013 (avec GdR Phénix), juin 2017 . . . . .	25
Action Extraction d'information et physique des images (Thème B axe 1 et GdR Ondes) Date(s) : mars 2013 (avec GdR Ondes), nov. 2013, mars 2014 (GdR Ondes), oct. 2014, mars 2015, nov. 2015, mars 2016 (GdR Ondes), juin 2016, sept. 2016, mars 2017 (GdR Ondes), oct. 2017 (avec les GdR MIA et MaDICS) . . . . .	43
Action Images et télédétection (Thème B axe 1) Date(s) : avril 2014, avril 2016, oct. 2017 . . . . .	46
Action Vision 3D (Thème B axe 2) Date(s) : février 2014, juin 2016, juin 2017 . . . . .	47
Action Visage, geste, action et comportement (Thème B axe 2) Date(s) : octobre 2013, décembre 2014, décembre 2015, novembre 2016, dé- cembre 2017 . . . . .	48
Action Couleur et dispositifs multimodaux (Thème B axe 3) Date(s) : mars 2013, février 2014 (avec axe 2), nov. 2015, mai 2016 (avec le GdR Robotique) et juin 2017 . . . . .	51
Action Qualité, images, vidéos et données 3D (Thème B axe 3 ) Date(s) : sept. 2013 (avec GdR Vision), juin 2014 (avec GdR Vision), nov. 2015, oct. 2016 (avec Thème D) . . . . .	52
Action Recherche et indexation d'information médicale (Thème B axe 4 et GdR STIC-Santé (arrêté depuis 2015)) Date(s) : juin 2013, fév. 2014, juin 2015, déc. 2015 (avec thème A), mai 2016, oct. 2016, mars 2017 (avec thème D) . . . . .	55
Action Indexation et recherche d'information multimédia (Thème B axe 4) Date(s) : janv. 2013 (avec Thème D axe 1), fév. 2014, mars 2015, avril 2016, juin 2017 (avec le GdR MaDICS) . . . . .	58
Action Liage, structuration et fouille de grandes données multimédia (Thème B axe 4) Date(s) : avril 2013 . . . . .	61

Action Architectures, méthodes et outils pour le TDSI (Thème C)	
Date(s) : Janvier 2013, Juillet 2013, Octobre 2013 (avec Thème D axe 1), Juillet 2014, Septembre 2014 (GdR SoC-SiP), Novembre 2014 (GdR SoC-SiP), Octobre 2015 (GdR SoC2), Avril 2016, Octobre 2016 (GdR SoC2), Juin 2017 (Minalogic)	62
Action Systèmes bio-inspirés pour le TDSI (Thème C)	
Date(s) : Juin 2013 (GdR SoC-SiP et Robotique), Juillet 2014 (GdR SoC-SiP et Robotique), Juillet 2015 (GdR SoC2), Juillet 2016 (GdR SoC2 et GdR BioComp)	66
Action Capteurs et systèmes de vision (Thème C)	
Date(s) : Octobre 2014, Juin 2015, Juillet 2016	68
Action Compression et Perception (Thème D axe 1)	
Date(s) : Oct.2013, Nov. 2015	73
Action Protection des données multimédia (Thème D axe 1)	
Date(s) : Nov. 2013, oct. 2015, oct. 2016, nov. 2016, mars 2017, déc. 2017 (avec pré-GdR Sécurité Informatique)	74
Action Maillages et animations 3D (Thème D axe 1 et GdR IG-RV)	
Date(s) : Mai 2013, Juin 2014, Mai 2015	85

## Liste des Journées hors Actions

Journée Décompositions tensorielles et applications (Thème A)	
Date : janv. 2013	27
Journée Apport des théories de l'incertain en fusion d'informations (Thème A)	
Date : oct. 2013	28
Journée Problèmes inverses : approches myopes/aveugles, semi/non supervisées (Thème A)	
Date : nov. 2014	28
Journée Estimation de données manquantes (Thème A)	
Date : oct. 2015	29
Journée Méthodes de traitement du signal avancées pour la navigation et la localisation (Thème A)	
Date : sept. 2016	29
Journée Traitement d'antenne : signaux non gaussiens, non circulaires, non stationnaires (Thème A)	
Date : déc. 2016	30
Journée Inversion et problèmes multi-* (Thème A)	
Date : mars 2017	31
Journée Entropies, divergences et mesures informationnelles classiques et généralisées (Thème A)	
Date : mai 2017	32
Journée Transmission Optique Sans-fil : problématiques et nouvelles avancées (Thème A, Thème D)	
Date : juin 2013 (avec thème D)	32
Journée Traitement du signal de données à valeurs complexes (Thème A, Thème B)	
Date : juin 2013 (avec thème B)	33
Journée Reproductibilité en traitement du signal et des images (Thèmes A, B, C et D)	
Date : janv. 2014 (avec thèmes B, C, D)	34

Journée Co-conception de systèmes hybrides : quand l'instrumentation et les traitements numériques se rencontrent (Thème A, Thème B, Thème C) Date : oct. 2014 (avec thème B, C) . . . . .	34
Journée Représentations parcimonieuses, échantillonnage compressé et imagerie médicale (Thème A, Thème C) Date : nov. 2014 (avec thème C) . . . . .	35
Journée Outils et méthodes en traitement des signaux électromyographiques (Thème A et GdR Stic-Santé) Date : mai 2013 (avec GdR STIC-Santé) . . . . .	35
Journée Thématique Interface-Cerveau Machine (Thème A et GdR Stic-Santé) Date : juin 2013 (avec GdR STIC-Santé) . . . . .	36
Journée Acquisition/Echantillonnage comprimé : quelles réalisations/applications pratiques ? (Thème A et GdR Soc-SiP) Date : sept. 2014 (avec GdR Soc-SiP) . . . . .	36
Journée Outils en géométrie de l'information et probabilités dans les espaces abstraits pour le traitement du signal et des images (Thème A et GdR MIA) Date : déc. 2015 (avec GdR MIA) . . . . .	37
Journée Co-conception de systèmes hybrides : quand l'instrumentation et les traitements numériques se rencontrent (Thèmes A, Thème B, GdR MIA) Date : juin 2016 (avec thème B et GdR MIA) . . . . .	38
Journée Traitement du signal et des images pour la biologie (Thèmes A, Thème B, GdR MIV) Date : juin 2016 (avec thème B et GdR MIV) . . . . .	39
Journée NeuroSTIC 2016 (Thèmes A, B, C, GdR BioComp, SoC/SiP, Robotique et INRIA) Date : 23 et 24 juin 2016 (avec thèmes B, C, les GdR BioComp, SoC/SiP, Robotique et INRIA) . . . . .	39
Journée Suivi multi-objets dans les séquences vidéos complexes (Thème B axe 2) Date : octobre 2015 . . . . .	49
Journée Systèmes de Vision Grand Angle, Multi-Caméra et Plénoptique (Thème B axe 1 et 2) Date : novembre 2015 . . . . .	50
Journée Traitement du Signal et des Images pour l'art et le patrimoine (Thème B axe 2) Date : mai 2016 . . . . .	50
Journée Mesure dimensionnelle par vision (Thème B axe 3) Date : fév. 2013 et avril 2014 . . . . .	53
Journée Optimisation (perceptuelle) d'HEVC et des futurs standards de compression vidéo (Thème D axe 1) Date : Juillet 2016 à Nantes . . . . .	77
Journée Stratégie optimale de transmission de contenus multimédia (Thème D axe 2) Date : Octobre 2013 . . . . .	78
Journée Avancées en théorie de l'information et codage-codage et stockage distribués de sources dans les réseaux (Thème D axe 2) Date : Novembre 2013 . . . . .	79
Journée Sécurité au niveau de la couche physique dans les réseaux sans-fil (Thème D axe 2) Date : Mai 2014 . . . . .	79

Journée Stockage distribué en mémoire tampon dans les réseaux sans fils (Thème D axe 2) Date : Juin 2014 . . . . .	79
Journée 5G et au-delà : promesses et défis (5G & Beyond : Promises and Challenges) (Thème D axe 2) Date : Octobre 2014 . . . . .	80
Journée Codes LDPC spatialement couplés : introduction, avancées théoriques et applications pratiques (Thème D axe 2) Date : Novembre 2014 . . . . .	80
Journée Eco Radio (Thème D axe 2) Date : Mai 2015 . . . . .	81
Journée Communications couche physique basées sur le cloud dans les réseaux de la 5G : performances, retour d'information et complexité (Thème D axe 2) Date : Novembre 2015 . . . . .	81
Journée Progrès récents de la théorie de l'information dans les réseaux et de la théorie de codage (Thème D axe 2) Date : Novembre 2015 . . . . .	82
Journée Les réseaux de communications sans fil : problèmes non-centralisés et solutions (Thème D axe 2) Date : Mars 2016 . . . . .	83
Journée Learning in Networks and Beyond (Thème D axe 2) Date : Juin 2016 . . . . .	83
Journée Codes correcteurs d'erreur efficaces en terme de consommation énergétique (Thème D axe 2) Date : Juin 2016 . . . . .	83
Journée Transmission Optique Sans-fil : problématiques et nouvelles avancées (Thème A, Thème D axe 2) Date : Juin 2013 . . . . .	85
Journée Développements récents en focalisation et communication par retournement temporel (Thème D axe 2 et GdR Ondes) Date : Septembre 2013 . . . . .	87
Journée Efficacité énergétique : Contrôle et gestion des nouveaux dispositifs de génération d'énergie (Thème D axe 2 et GdR SEEDS et MACS) Date : Juin 2014 . . . . .	87
Journée Architectures de Codes Correcteurs d'Erreurs (Thème D axe 2 et GdR Soc-SIP) Date : Novembre 2014 . . . . .	88

## B Projets jeunes chercheurs 2013

1. **Projet "Optimisation globale pour la résolution de problèmes parcimonieux en norme  $\ell_0$ ".**  
Porteur(s) : S. Bourguignon (IRCCyN) et J. Ninin (ENSTA Bretagne).  
L'optimisation parcimonieuse en norme  $\ell_0$  est un problème devenu fréquent en traitement du signal, généralement résolu de manière sous-optimale afin de préserver un faible coût de calcul. Nous souhaitons étudier l'apport de méthodes d'optimisation globale, garanties de converger vers la solution optimale, pour un coût bien plus élevé. Nous pensons que sur certains problèmes difficiles de taille modérée, ces méthodes restent accessibles, là où la combinatoire naïve ne l'est pas et où les approches existantes échouent dans des minima locaux.
2. **Projet "Nano-cartographie du cytosquelette cellulaire par processus stochastiques".**  
Porteur(s) : F. Chatelain (GIPSA Lab) et L. Guyon (LPCV).  
La microscopie super-résolution optique est une technique récente qui permet d'améliorer la résolution des images pour passer de quelques centaines à quelques dizaines de nanomètres, et ce sur échantillon biologique vivant. Nous proposons ici d'améliorer l'analyse des piles d'images générés par cette méthode avec une approche bayésienne non paramétrique, pour des piles d'images bruitées. La synergie entre les deux équipes permet à la fois une amélioration des méthodes d'analyse et d'acquisition des données.
3. **Projet "Méthodes d'optimisation pour l'imagerie biphotonique".**  
Porteur(s) : E. Chouzenoux (LIGM) et C. Chaux (LATP).  
Ce projet porte sur la restauration de données de microscopie bi-photon. Il allie une partie théorique et une partie applicative. La partie théorique vise à faire le lien entre les approches de type Majoration-Minimisation et les approches proximales. Ces approches seront conjointement considérées dans la partie applicative traitant de restauration d'images issues d'un microscope bi-photon. Une analyse de la nature du bruit ainsi que la prise en compte de la non stationnarité de la PSF seront traitées dans ce projet.
4. **Projet "Reconfigurable hardware architecture for SLAM".**  
Porteur(s) : J. Crenne (IMS) et J. Piat (LAAS).  
Utilisation de techniques de reconfiguration dynamique partielle pour le prototypage d'une application de localisation SLAM sur une cible embarquée à base de technologie FPGA.
5. **Projet "Analyse d'images de télédétection à grande dimension temporelle".**  
Porteur(s) : R. Flamary (Laboratoire Lagrange), Mauro Dalla Mura (GIPSA-lab), Silvia Valero-Valbuena (CESBIO) et Mathieu Fauvel (DYNAFOR).  
Le but de ce projet est de proposer des méthodes automatiques d'extraction d'information dans des séries d'images de télédétection à haute résolution temporelle. Ces méthodes prendront en compte les propriétés intrinsèques des images multitemporelles : échantillonnage temporel irrégulier, image multicomposante et grande masse de données. Elles devront de plus fournir des modèles interprétables qui pourront être mis à jour itérativement.
6. **Projet "Segmentation de signaux et images par analyse d'invariance d'échelle, régularité locale et optimisation convexe non-lisse".**  
Porteur(s) : N. Pustelnik (MP, ENS Lyon) et H. Wendt (IRIT).  
La stationnarité du signal vis-à-vis des paramètres estimés constitue une question fondamentale dans l'analyse des signaux et représente une difficulté centrale dans un



grand nombre d'applications : est-ce que les paramètres estimés sur des portions différentes du signal sont (statistiquement) cohérents ? Nous proposons ici d'aborder cette question de façon originale, en faisant appel à des notions d'invariance d'échelle, d'outils multi-échelle pour la mesure de régularité locale et d'optimisation convexe non-lisse.

**7. Projet "*Traitement d'antennes pour les grands réseaux de capteurs*".**

Porteur(s) : P. Vallet (IMS) et R. Couillet (Supélec).

Ce projet porte sur la détection et la localisation de sources à l'aide de grands réseaux de capteurs, dans un contexte où le nombre d'échantillons des signaux observés est du même ordre de grandeur que le nombre de capteurs. L'objectif est de caractériser statistiquement la dégradation subie par les méthodes classiques dans ce contexte, et d'analyser le gain apporté par certaines méthodes adaptées aux grands réseaux, développées récemment.

## C Projets jeunes chercheurs, interdisciplinaires et industriels 2014

### 1. *Projet "Apprentissage supervisé et interactif pour la restauration des images".*

Porteur(s) : Ch. Deledalle (IMB) et J. Salmon (Télécom ParisTech).

Le but de ce projet est de proposer un outil supervisé pour la restauration d'images et plus particulièrement pour le problème de réduction de bruit (ou débruitage). L'introduction des patchs dans les méthodes de débruitage a permis en quelques années de voir fleurir une multitude d'algorithmes atteignant des performances remarquables. A première vue, on pourrait croire que le problème est clos. En exploitant le caractère redondant des patchs de l'image, ces méthodes permettent en effet de reconstruire de manière très fidèle la grande majorité des patchs de l'image (environ 99% pour une image "standard"), d'où les bonnes performances observées. L'intérêt de ce projet n'est pas de diminuer davantage l'erreur d'approximation de ces 99 % de patchs, mais plutôt de se concentrer sur le 1 % restant puisque les structures rares d'une image sont généralement les points d'intérêt de celle-ci, typiquement celles sur lesquelles l'œil est attiré. Une des raisons pour lesquelles ces structures sont mal restaurées, c'est qu'il est très difficile de les modéliser. En effet, de par leur rareté, leur diversité et leur complexité, ces patchs échappent aux modèles usuels tels que les modèles probabilistes ou les modèles variationnelles. Pour cette raison, nous souhaitons explorer le gain qu'apporterait l'utilisateur s'il était sollicité pendant le traitement pour guider le filtrage. L'utilisateur indiquerait explicitement les zones de l'image mal reconstruites, puis à partir de ces zones l'algorithme rechercherait dans une large collection d'images des structures qui y ressemblent. L'utilisateur sélectionnerait alors la structure rare à utiliser pour améliorer la restauration. Ce projet requiert donc à la fois des compétences en traitement d'images et du signal, ainsi qu'en modélisation statistique et en fouille de données en grande dimension. De par notre expérience dans le domaine de la restauration d'images et de par les retours d'expériences de chercheurs et industriels, utilisateurs de tels outils, nous pensons que cette étude pourrait susciter un fort intérêt applicatif et ouvrir de nouvelles perspectives en restauration d'images.

### 2. *Projet "Optimisation statistique et numérique en microscopie à éclairement structuré (Blind-SIM II)".*

Porteur(s) : J. Idier (IRCCyN) et A. Sentenac (Institut Fresnel).

Le projet Blind-SIM II s'intéresse à l'analyse et à l'amélioration de Blind-SIM, une nouvelle stratégie de microscopie de fluorescence proposée par l'Institut Fresnel, basée sur des éclairements structurés aléatoires de type speckle [Mudry et coll. 2012]. Blind-SIM II est un projet interdisciplinaire entre le traitement statistique du signal et la conception d'un nouvel instrument optique pour l'imagerie biologique. Simple à mettre en œuvre, Blind-SIM permet d'envisager une imagerie de fluorescence hautement résolue à faible coût. Cependant, la capacité de super-résolution empiriquement observée par Mudry et coll. [2012] reste limitée d'après nos résultats les plus récents. L'objectif de Blind-SIM II est de dépasser ces limites pour tirer le meilleur parti de la microscopie à éclairements structurés aléatoires. Cet objectif nécessite une analyse approfondie du problème en termes d'information et d'inférence. D'une part, une étude informationnelle sera menée pour déterminer l'apport d'éclairements aléatoires en terme de résolution fréquentielle théorique maximale. Cette première étape servira à qualifier les limites de la démarche, mais également à explorer les performances théoriques en fonction des paramètres instrumentaux. Cette analyse est néanmoins rendue déli-

cate par le caractère non gaussien de la vraisemblance. Une approximation gaussienne utilisant les propriétés au second ordre des fluctuations sera d'abord adoptée. Des approches numériques exactes seront ensuite utilisées pour évaluer dans quelle mesure le caractère non gaussien participe au phénomène de super-résolution. D'autre part, un travail sera mené pour proposer un estimateur statistiquement sain et numériquement viable. Cet objectif est motivé par l'analyse que nous avons menée de l'algorithme proposé dans [Mudry et coll. 2012] : bien que numériquement attractif, cet estimateur joint présente un biais, même à grand nombre d'illuminations. Une solution alternative sera donc recherchée, assurant l'absence de biais asymptotique. Une difficulté sera de limiter l'augmentation du coût calculatoire induit par ce changement d'estimateur. En se limitant aux propriétés à l'ordre deux, une piste raisonnable sera de définir un critère de contraste dont la minimisation itérative pourrait être menée pour un coût raisonnable. Des alternatives stochastiques de type SEM ou MCMC seront également envisagées.

### 3. **Projet "Conception interactive d'une hiérarchie de haut niveau sémantique de descripteurs d'images".**

Porteur(s) : M. Visani (L3i) et Th. Urruty (XLIM/SIC).

Ce projet porte sur l'indexation d'images, à l'heure où de nouveaux dispositifs facilitent l'interaction du numérique avec l'humain. L'indexation consiste à assigner à chaque image de la base un index représentatif de son contenu, ces index étant réutilisés pour une recherche efficace et pertinente et/ou une navigation ultérieure dans des grandes collections d'images. En l'absence d'annotation manuelle, l'indexation se base généralement sur des descripteurs sémantiquement pauvres (e.g. couleur) extraits automatiquement et souvent éloignés des besoins de l'humain, que ce dernier soit un particulier souhaitant organiser sa collection d'images personnelles, ou un expert du domaine (archiviste, journaliste, etc.).

Ce projet vise à se rapprocher des souhaits de l'utilisateur en l'impliquant dès la phase d'indexation, à la différence de beaucoup d'approches qui l'impliquent plus tardivement (p. ex. le bouclage de pertinence lors de la phase de recherche). Les travaux que nous avons menés dans le cadre de la thèse de Lai Hien Phuong ont montré la pertinence d'une implication plus précoce de l'humain. L'objectif de ces travaux était de structurer la base d'images en groupes d'images homogènes au sens de l'humain. Nous avons conçu une méthode de clustering semi-supervisé interactif d'images, où l'utilisateur fournit de manière incrémentale une connaissance partielle concernant la pertinence des clusters créés et le système adapte ses clusters à la volée en fonction des retours de l'utilisateur. Mais, de par la nature même du système, le résultat fourni n'est que partiellement généralisable dans un autre contexte (autre base d'images ou base variant avec le temps, multiples utilisateurs, etc.).

L'objectif de ce projet est de concevoir un système d'indexation interactive permettant d'obtenir en sortie une hiérarchie de haut niveau sémantique de descripteurs, plus facilement généralisable à d'autres contextes qu'une solution de clustering. Cependant, si l'interaction de l'utilisateur avec les images est assez naturelle, il n'en est pas de même de l'interaction directe de l'utilisateur avec les descripteurs extraits automatiquement des images. Cela pose un certain nombre de verrous scientifiques supplémentaires, en termes notamment d'apprentissage semi-supervisé et d'interaction homme-machine, que nous cherchons à adresser dans ce projet.

### 4. **Projet "Prolongement du geste pour la création musicale".**

Porteur(s) : V. Emiya (LIF), M. Laurière (Laboratoire Jacques-Louis Lions) et Ch. Bas-

cou (Centre National de Création Musicale).

Ce projet est issu d'un problème industriel émanant d'un centre de création musicale : dans un contexte de lutherie numérique où le geste d'un musicien est capté via une surface tactile 2D, le défi consiste à pouvoir prolonger dans le temps un geste musical quelconque, en extrayant ses caractéristiques spécifiques et en générant la suite du mouvement selon ces caractéristiques. Des travaux préliminaires menés par une équipe interdisciplinaire de jeunes chercheurs à l'origine de cette proposition ont permis de dégager les principaux verrous - définition de l'ensemble des gestes possibles, formalisation du problème - et de premières pistes de recherche sur le sujet - étude de l'espace de tels gestes musicaux, de la structure de cet espace, identification de plusieurs modèles, problématiques d'évaluation. Le projet a pour objectifs d'exploiter ces pistes afin de fournir une réponse à la demande industrielle initiale mais également de consolider le début de collaboration initiée récemment.

**5. Projet "*Trajectoires sémantiques pour l'étude de la corrosion*".**

Porteur(s) : R. Péteri (U. de la Rochelle/MIA), E. Kijak (IRISA/TexMex) et X. Feaujas (U. de la Rochelle/LaSIE).

Le contexte général de ce projet est celui du traitement et de l'interprétation d'images de *fracturation par hydrogène (FPH)* pour l'étude de la corrosion des métaux. Ce type particulier de corrosion est une des causes importantes de ruptures de pièces dans l'industrie (portuaire, off-shore, pétrochimie, nucléaire, canalisations d'eau, pipe-lines...). Son étude s'appuie ici sur la collaboration entre des traiteurs d'images (équipe TexMex de l'IRISA de Rennes et le laboratoire MIA de l'université de La Rochelle), et des physiciens spécialisés dans l'étude des mécanismes de corrosion et de dégradation des matériaux (le laboratoire LaSIE de l'université de La Rochelle).

Il s'agira, à partir d'images fractographiques, d'extraire des informations sémantiques pertinentes permettant de mieux cerner l'évolution de la microstructure et des cinétiques de fissuration dans les métaux, mais également de pouvoir prédire le risque de rupture lié à l'hydrogène.

L'originalité du projet est d'utiliser comme espace de représentation de ces images un espace dit sémantique, qui est un simplex représentant les probabilités a posteriori d'appartenance de l'image à tous les concepts étudiés (dans notre cas, les différents états du métal). Le simplex sémantique est l'espace des paramètres des lois de probabilités multinomiales. Ce simplex possède une géométrie et une métrique associée (métrique d'information de Fisher) que les notions de similarité et de géodésiques devront prendre en compte.

L'exploitation de cette représentation par des outils d'analyse de données (filtres numériques, échantillonnage, analyses de trajectoires) permettra de combler le fossé sémantique entre l'interprétation du physicien spécialisé en corrosion et le contenu visuel des images FPH modélisé par les attributs qui en sont extraits. Le but est, au final, de décrire une image comme une proportion de différents états d'avancement de dégradation du métal.

**6. Projet "*Modélisation et synthèse de textures par transport optimal*".**

Porteur(s) : J. Rabin (ENSICAEN/GREYC) et B. Galerne (U. Paris-Descartes/MAP5).

Bien qu'il n'existe pas de consensus pour définir précisément le concept de "texture", il s'agit d'une notion universelle pour décrire, analyser et caractériser des objets. En traitement des images, on citera à titre d'exemple les problèmes de segmentation, de classification ou d'indexation de base de d'images par le contenu reposant sur des des-

cripteurs de texture, de détection d'anomalies en imagerie médicale (par exemple pour la détection de cancer du sein, ou de l'ostéoporose), de séparation de sources (imagerie sismique), ou encore de compression et de restauration des images.

Nous nous intéressons dans ce projet à la modélisation et la synthèse de texture en traitement d'images. Il s'agit, étant donné une ou plusieurs textures données en exemple, d'en définir un modèle mathématique pertinent permettant de générer un nombre arbitraire de nouvelles images qui soient différentes des exemples (au niveau pixellique), mais fortement similaires d'un point de vue perceptuel. Parmi l'ensemble des approches proposées dans la littérature, deux grandes familles méthodologiques sont utilisées en pratique, ayant chacune leurs avantages et leurs inconvénients : i) les méthodes par recopie ordonnées des pixels donnés en exemple dans une nouvelle image, selon la similarité de leur voisinage (ou "patch"), à la manière d'un patchwork, et ii) les méthodes générant une nouvelle image aléatoire satisfaisant des contraintes statistiques inférées à partir des textures d'exemples.

Ce projet vise à unifier ces deux approches en développant de nouveaux outils pour la synthèse de texture dans le cadre du transport optimal. Il s'agit de procéder à la synthèse d'une nouvelle image de texture à partir d'un exemple, en considérant l'ensemble des patches des deux images et en minimisant le coût global de mise en correspondance. Ce cadre de travail permet à la fois de satisfaire des contraintes statistiques (globales et locales) tout en bénéficiant de la généralité des modèles de texture par distribution de patches. Cependant, certains défis scientifiques sont à lever pour que l'approche proposée soit pertinente, notamment des problèmes d'approximation du transport optimal afin de réduire le temps d'exécution, de modélisation multi-échelle et multi-modale des images afin de capturer l'ensemble des caractéristiques des textures analysées, ou encore de régularisation du transport afin de limiter l'apparition d'artefacts.

#### 7. **Projet "Traitement d'images pour la mécanique des solides expérimentale".**

Porteur(s) : F. Sur (LORIA) et M. Grédiac (Institut Pascal).

En mécanique des solides expérimentale, une activité très importante consiste à caractériser les propriétés de matériaux soumis à des sollicitations thermomécaniques, ce qui nécessite de mesurer des déformations. Les capteurs utilisés classiquement dans ce but sont les jauges de déformation électriques qui délivrent des informations ponctuelles. D'autres moyens de mesure ont émergé puis diffusé de façon spectaculaire ces dernières années : les techniques de mesure sans contact. La raison essentielle est qu'elles permettent d'accéder à des champs entiers de mesures, et donc de détecter et de quantifier des hétérogénéités dans les champs de déformations et de déplacements. Ces techniques sont basées sur la comparaison d'images de la surface du matériau considéré, avant et après déformation. Plus précisément, un motif contrasté est déposé sur la surface du matériau (la surface elle-même peut suffire dans certains cas), et l'évolution de l'image du motif permet de déduire un champ de déplacements, puis de déformations locales. Le problème est caractérisé par les faibles déformations généralement mesurées (souvent de l'ordre de  $10^{-2}$  à  $10^{-4}$ ). Concernant les techniques en lumière blanche qui sont celles connaissant le plus de succès, deux méthodes principales coexistent : celles basées sur des motifs réguliers (des grilles) dont les déformations sont obtenues par transformée de Fourier à fenêtre, et celles basées sur des motifs aléatoires (des mouchetis ou speckle) dont les déformations sont obtenues par corrélation d'images. Il faut souligner qu'à dimensions de base de mesure égales, les performances métrologiques de ces techniques sont inférieures à celles des jauges de déformation classiques. Leur succès est donc lié à leur capacité à délivrer des mesures denses, mais l'amélioration

ration des performances métrologiques représente un problème ouvert concernant au premier chef la mécanique et le traitement d'images. Les partenaires du projet proposé collaborent depuis juin 2012 dans l'objectif de proposer un fondement rigoureux à l'analyse de ces images, de manière à aboutir à des caractéristiques métrologiques certifiées au sens où l'on souhaite connaître le lien qui existe entre les valeurs affichées sur une carte et la valeur exacte. En effet, aucune norme permettant de qualifier les performances métrologiques des techniques de mesure de champs n'est disponible à ce jour, ce qui est réhébitoraire pour une diffusion large dans l'industrie. Ce projet est clairement interdisciplinaire. L'un des partenaires (Institut Pascal à Clermont-Ferrand) est spécialiste de la mécanique des matériaux et des mesures de champs par la méthode de grille ou par corrélation d'images de mouchetis, l'autre (LORIA à Nancy) apporte ses compétences en mathématiques appliquées au traitement d'images. Ce type de collaboration est original pour les questions de la mécanique des solides, et apporte aussi des problèmes nouveaux dans le domaine du traitement d'images.

## D Projets jeunes chercheurs, interdisciplinaires et industriels 2016

### 1. **Projet "ACODIF : approche par le contenu pour la détection des images falsifiées (projet jeunes chercheurs)".**

Porteur(s) : Agnès Delahaies, Hoai Phuong Nguyen (CReSTIC), Rémi Cogranne (CNRS / Institut Charles Delaunay).

L'objectif du projet ACODIF est de proposer une approche basée sur le contenu de l'image pour la détection de falsifications des images numériques. En effet, les principales méthodes en détection de falsification reposent sur l'exploitation du bruit d'acquisition pour identifier des modifications locales qui impacteraient les propriétés statistiques de ce bruit. Cependant, dès lors qu'un prétraitement est appliqué à une image, ou bien que la falsification ne vient pas trop perturber la statistique de l'image, ces approches présentent des performances décevantes. De plus, ces approches n'exploitent que partiellement l'image et délaissent complètement son contenu. Les comparaisons locales des images pourraient être un outil performant pour la détection de zones incohérentes dans une image et ainsi permettre la détection de falsifications, notamment pour celles du type copier-coller ou bien encore pour l'inpainting ou le seam carving. Deux axes de recherches seront développés, soutenus chacun par l'encadrement d'un stage de Master 2. Dans un premier temps, nous souhaitons travailler autour de la comparaison directe des images via la carte de dissimilarités locales (CDL). La CDL permet de comparer les structures locales entre deux images, à l'aide de la distance de Hausdorff. Nous élargirons le cadre théorique de cette CDL et proposerons d'autres mesures que la distance de Hausdorff (mesures issues de la théorie de l'information). Ces mesures qui reposent sur la statistique de l'image, permettraient d'étudier localement la dissimilarité entre deux images ou à l'intérieur d'une même image. Dans un second temps, nous souhaitons travailler sur les bases de représentations des images falsifiées et étudier la possibilité d'utiliser les méthodes d'apprentissages de représentations parcimonieuses par des atomes. La comparaison des images se fera alors en haut niveau puisqu'ici il s'agirait de comparer directement les atomes. En effet, une modification de l'image dans le but d'en altérer le contenu devrait amener localement le dictionnaire à évoluer afin de tenir compte des spécificités de la zone falsifiée. La complémentarité des approches statistiques basées sur le bruit d'acquisition et de celle fondées sur l'analyse du contenu pourrait ainsi permettre d'améliorer de façon significative les performances des méthodes de détection de falsification des images.

### 2. **Projet "FSO-MIMO : Capacity and Error Bounds for Free Space Optical MIMO Channels, capacité et taux d'erreur des liens optiques MIMO non filaires (projet jeunes chercheurs) "**

Porteur(s) : Ligong Wang (CNRS/ETIS/ENSEA), Lina Mroueh (ISEP).

This project considers free-space optical channels with multiple inputs and multiple outputs. Such channels are widely used in optical wireless communications and indoor communications. They are different from their radio-frequency counterparts in that the transmitted symbols as well as the channel coefficients are always nonnegative, and that the power constraint is on the first rather than the second moment of the input symbol. In this project, we compute tight bounds on the communication capacity of such channels using information-theoretic methods. Using these capacity bounds, we compute the outage probabilities for such channels, in the presence of atmospheric turbulence. Then we try to identify the best coding strategies to approach these theo-

retical limits, and compare them with existing techniques, which are mostly based on a straightforward adaptation of radio-frequency coding schemes.

3. **Projet "ICON 3D : Interactive Coding for Navigation in 3D scenes, codage interactif pour la navigation dans des scènes 3D (problème industriel)".**

Porteur(s) : Thomas Maugey, Aline Roumy (INRIA Rennes), Frédéric Payan, Arnaud Bletterer (CNRS/I3S).

La visualisation avec point de vue libre (freeview point visualization) est un système de transmission de contenus multimédia, dans lequel l'utilisateur peut observer une scène depuis n'importe quel point de vue. Ce type d'applications est très prisé par les industriels car il apporte une sensation d'immersion 3D à l'utilisateur, qui a aussi le "contrôle" sur les données qu'il observe. Pour être performants, ces systèmes nécessitent un (dé)codage interactif : on transmet au support de visualisation uniquement ce qu'il faut mettre à jour lorsque l'utilisateur change son angle de vue (en d'autres termes l'information qui apparaît dans le champ de vision de l'utilisateur). Dans l'équipe porteuse de ce projet, des travaux prometteurs basés codage canal ont été proposés récemment pour coder interactivement des vidéos multi-vues. Durant le projet ICON 3D, nous allons étudier la possibilité d'étendre ce type d'approches aux maillages surfaciques. A notre connaissance aucune méthode de ce genre n'a été proposée pour ce type de données. L'objectif de ce projet exploratoire est prometteur, car il ouvrirait une nouvelle voie pour la navigation libre dans des scènes 3D transmises par réseau. Ce type d'approches intéresse déjà des industriels, notamment la société Artefacto (voir lettre de soutien associée au dossier), qui développe des solutions de réalités virtuelle et augmentée pour l'ingénierie de construction, la valorisation du patrimoine, l'architecture, etc. Les résultats espérés de ce projet permettront à terme de lever des verrous à la fois scientifiques et industriels et trouveront très certainement leur place dans des applications de réalité virtuelle ou augmentée telles que celles développées par cette société et d'autres.

4. **Projet "IRMmulti $T_2$ Bio : reconstruction et classification des temps de relaxation IRM multi-exponentiels pour la caractérisation de tissus biologiques (projet interdisciplinaire)".**

Porteur(s) : Saïd Moussaoui, Jérôme Idier (CNRS/IRCCyN), Guylaine Collewet, Maja Musse, Stéphane Quéllec (IRSTEA).

Ce projet interdisciplinaire se positionne à l'interface du traitement du signal et de l'image et de la physico-chimie de tissus biologiques dans les domaines de l'environnement et de l'agro-alimentaire. Il a pour objectif de proposer des méthodes de résolution de problèmes inverses et de traitement avancé de grandes masses de données issues de l'imagerie biologique par résonance magnétique nucléaire (IRM). Ce projet fera l'objet d'une collaboration scientifique entre l'équipe ADTSI de L'IRCCyN à Nantes et l'équipe IRM-Food d'IRSTEA à Rennes. Les cartographies des temps de relaxation  $T_2$  multi-exponentielles en IRM constituent une source d'informations très riches, en particulier pour les applications sur les végétaux et sur des produits issus de l'industrie agroalimentaire. La distribution des  $T_2$  en chaque voxel apporte des informations à l'échelle microscopique sur les structures/compositions sous-jacentes. C'est le cas, par exemple, des végétaux où les différents temps de relaxation correspondent aux différents compartiments hydriques de la cellule. Cependant, l'obtention puis l'exploitation de telles distributions à l'échelle d'une image entière nécessite la résolution conjointe de plusieurs problèmes inverses de grande taille : reconstruction, segmentation et classification d'images IRM. De plus, l'estimation de ces cartographies se heurte actuellement



au faible rapport signal sur bruit (RSB) dans les images IRM et à la nature particulière des statistiques du bruit. Par conséquent, seules des estimations à une échelle de régions d'intérêt sont possibles et elles peuvent en outre être entachées de biais d'estimation. De plus, l'estimation dans chaque voxel de plusieurs valeurs de  $T_2$  entraîne une problématique d'exploitation des données à l'échelle de l'image entière. L'objectif de ce projet est le développement de méthodes d'estimation précise de cartographies  $T_2$  multi-exponentiels et des intensités relatives associées à l'échelle du voxel ainsi que l'exploitation finale de ces données. En réponse à la problématique du RSB limité, la stratégie envisagée est le traitement conjoint de tous les voxels de l'image par l'optimisation d'un critère qui tient compte des statistiques du bruit de mesure et intégrant une régularisation spatiale appropriée. Deux modèles du signal seront explorés, un modèle, classique, à nombre fini de temps de relaxation et un modèle, plus fin, basé sur une distribution continue des temps de relaxation. L'utilisation de techniques de classification non-supervisée pour réaliser une analyse conjointe des distributions des temps de relaxation  $T_2$  multi-exponentiels sera explorée.

5. **Projet "MORDRED : Manycore OS for Reconfigurable Dataflow Running on Embedded Device (projet jeunes chercheurs)".**

Porteur(s) : Karol Desnos, Julien Heulot, Julien Hascoët (CNRS/IETR), Kevin Martin, Rodrigo Cataldo (CNRS/Lab-STICC).

L'ère des many-cœurs, ces plateformes proposant des centaines de cœurs de calcul en parallèle, est aujourd'hui réalité. La plateforme MPPA-256 de Kalray en est un exemple commercial intéressant par ses performances énergétiques. Exécuter une application parallèle sur ces architectures paraît être une évidence. Pourtant, malgré l'adéquation naturelle, déployer automatiquement une application parallèle est toujours un défi. L'expressivité des langages de programmation parallèle limite parfois leur utilisation. L'approche par modèle flux-de-données, qui permet d'exprimer explicitement le parallélisme spatial et temporel d'une application, paraît alors être une alternative crédible, à condition que l'expressivité du langage offre la possibilité de spécifier les aspects dynamiques de l'application. C'est le cas du modèle  $\pi$ SDF. Ce projet propose une méthode et les outils associés pour déployer automatiquement une application flux-de-données décrite en  $\pi$ SDF sur la plateforme parallèle MPPA-256 de Kalray. Pour cela, ce projet propose de porter SPIDER, un gestionnaire d'applications flux-de-données existant, sur la plateforme Kalray MPPA-256. L'avantage est de réutiliser la chaîne d'outils et le générateur de code. L'algorithme de projection existant actuellement dans SPIDER n'est peut-être pas adapté pour la MPPA. Un nouvel algorithme de déploiement sera proposé, basé d'abord sur le placement des données en mémoire, puis le placement des opérations sur les unités de calcul. Ce projet propose de valider l'approche en déployant une application d'appariement stéréoscopique. Une version existante déjà décrite en  $\pi$ SDF servira de référence. Ce projet propose également d'enrichir la spécification existante de l'application, notamment sur le degré de parallélisme de l'application et d'exploiter la reconfiguration offerte par le modèle  $\pi$ SDF pour ajouter du dynamisme dans l'application.

6. **Projet "ON FIRE : calibration des futurs grands interféromètres (projet jeunes chercheurs)".**

Porteur(s) : Mohammed Nabil El Korso, Arnaud Breloy (LEME), Franck Iutzeler (CNRS/LJK), Rémi Flamary (CNRS / Laboratoire Lagrange).

Un effort considérable a été récemment porté sur la construction et l'étude des grands interféromètres dits du futur, tel que le LOw Frequency ARray (LOFAR) et le Square

Kilometer Array (SKA) qui va être achevé en 2025 avec 2.5 millions d'antennes. Ceci est principalement dû aux découvertes fondamentales qui seront à la portée de tels interféromètres. Cependant, les performances, en termes de reconstruction et de cartographie, de ces instruments reposent sur la conception d'algorithmes de calibration précis, robustes et de faible complexité. Actuellement, la précision de reconstruction et de cartographie est en deçà de la sensibilité à laquelle ces instruments donneront accès, et ceci est principalement dû à une calibration sous-optimale et peu robuste. L'objectif du projet ON FIRE est de proposer des contributions méthodologiques visant à casser les deux verrous qui sont la robustesse des algorithmes de calibrations et leur complexité calculatoire en très grande dimension. La spécificité de ON FIRE est de concevoir des algorithmes paramétriques distribués basés sur des modèles suffisamment fins afin d'approcher les performances théoriques optimales de ces instruments mais suffisamment simple pour permettre leur mise en place pour résoudre les problèmes liés à la calibration et à la cartographie. ON FIRE est en mesure d'apporter une réponse à cette problématique et sa réussite est basée sur la synergie déjà existante entre des expertises complémentaires des participants en traitements du signal distribué, traitements d'antennes robustes et en calibration pour la radioastronomie. Enfin, notons que l'idée de ce projet est né suite à une discussion lors du workshop Large-scale inverse problems and optimization - Applications to image processing and astrophysics du projet CNRS Masse de Données TITAN (2014-2015) auquel appartenaient les participants de ON FIRE.

7. **Projet "SIMPADEC-NB : simulation et implantation parallèles de décodeur non binaire (problème industriel)".**

Porteur(s) : Bertrand Le Gal, Thibaud Tonnellier (CNRS/IMS), Emmanuel Boutillon, Laura Conde-Canencia, Hassan Harb (CNRS/Lab-STICC).

La société France Brevet collabore depuis début 2015 avec le Lab-STICC pour développer la technologie des codes correcteurs d'erreur non-binaires dans les standards de communications afin d'en retirer des redevances. La société Turbo-Concept recherche des solutions permettant d'augmenter l'efficacité spectrale des communications satellitaires, et, à ce titre, suit de près l'évolution de cette technologie. Le développement des codes NB-LDPC posent deux difficultés dues à leur complexité : en amont, l'optimisation du code et son association avec des constellations d'ordre élevé demande des temps de simulation souvent prohibitifs qui sont un frein à l'exploration efficace de l'espace de solution. En aval, la conception d'une architecture matérielle de décodeur non binaire est une opération délicate. Toutefois, l'expérience acquise lors des premières conceptions permet maintenant d'envisager l'automatisation de la conception d'architecture efficace. Dans ce contexte, les deux laboratoires IMS et Lab-STICC souhaitent partager et développer leur compétences en simulation parallèle très efficace et en synthèse d'architectures dédiées d'une part et en conception optimisée d'architectures de décodeur non-binaires d'autre part pour répondre à ces deux défis. L'ambition du projet SIMPADEC-NB est donc triple : un partage de compétences entre les deux UMR, une valorisation académique de qualité (les deux UMR comptabilisent déjà 7 revues IEEE et 4 brevets dans le périmètre du projet SIMPADEC-NB depuis 2013) et enfin, une réponse à une demande industrielle ayant un très fort potentiel économique.

8. **Projet "SUNSTAR : signaux bivariés non-stationnaires en élastographie : phase géométrique et anisotropie locale (projet interdisciplinaire)".**

Porteur(s) : Nicolas Le Bihan (CNRS/GIPSA-Lab), Pierre Chainais, Julien Flamant (CNRS/CRISAL), Stefan Catheline, Johannes Aichele (INSERM/LabTAU).

Ce projet de recherche possède deux volets complémentaires, l'un étant d'ordre méthodologique et l'autre consistant en une mise en évidence expérimentale. Le premier objectif est de développer des outils de traitement des signaux bivariés ainsi que des champs 2D bivariés non-stationnaires. La refonte du traitement des signaux bivariés ouvre la voie à une revisite et un approfondissement des expériences incluant l'information de polarisation. Le second volet de ce projet consiste à réaliser la première mesure de phase géométrique d'ondes élastiques en milieu aléatoire et à mettre au point une nouvelle technique de cartographie d'anisotropie élastique. L'approche proposée est basée sur la transformée de Fourier quaternionique, récemment introduite pour l'analyse de signaux bivariés (polarisés). La problématique du développement de représentations temps-fréquence a été abordée partiellement dans la littérature. Les travaux proposés dans ce projet visent à définir un cadre théorique rigoureux pour des concepts tels que le spectrogramme, la transformée en ondelettes ou le synchroqueezing quaternionique pour les signaux bivariés. Dans le cas d'une collection de signaux (mesurés en plusieurs points d'un même plan), l'information spatiale devra être prise en compte. Pour ce faire, nous développerons aussi une version de ces outils pour les champs de vecteurs non-stationnaires. Ils sont nécessaires à l'estimation de phase, de fréquence et de polarisation instantanée qui sont essentiels pour l'objectif expérimental d'estimation de la phase géométrique et de l'anisotropie locale. Avec pour ambition de réaliser la première mesure de la phase géométrique des ondes élastiques en milieu aléatoire et de mettre au point une nouvelle technique de cartographie d'anisotropie élastique, nous proposons de tirer parti d'une technique d'imagerie récente, l'élastographie, qui sera modifiée pour obtenir l'information de polarisation/vibration en plusieurs points du milieu de propagation. Ce dispositif permettra de recueillir les vibrations au passage de l'onde de cisaillement en plusieurs points du milieu. Cette mesure de la phase géométrique en différents points de l'espace permettra ainsi une estimation plus robuste de cette phase qui contient l'information de trajectoire tridimensionnelle des ondes dans le milieu. L'information locale de polarisation mesurée permettra de dresser une carte d'anisotropie du milieu étudié. Ce type d'information est un complément aux techniques classiques d'imagerie qui n'est pour l'heure pas accessible, et qui est à fort potentiel applicatif. Les deux volets du projet seront développés en parallèle et en synergie : nous évaluerons les méthodes proposées à partir de données expérimentales, et inversement, nous pourrions nourrir nos travaux théoriques par les retours d'expérience.

E Liste des aides à la mobilité des doctorants

Doctorant	Encadrant	Labo d'origine	Destination	Sujet	Durée	Subv.
Hiba Haj Chhade	Fahed Abdallah	Heudiasyc	Université Libanaise	Fusion de données dans les réseaux de capteurs pour la détection de mines explosives	1 mois	1000 €
Julian Quiroga	James Crowley	INRIA Rhône Alpes	Université de Fribourg	Nonrigid structure from motion using RGB-Z cameras	6 mois	1000 €
Florence Andreatola	Eric SanJuan	LJA	Université de Turin	Le musée, le web et les "visiteurs augmentés"	3 mois	1500 €
Amaury Dehecq	Emmanuel Trouvé	LJSTIC	University of Edinburgh	Étude de l'évolution de la dynamique des glaciers himalayens et alpins	1 mois	1500 €
Nhat-Quang Nhan	Emanuel Radoi	Lab-STICC	Memorial University	Association et optimisation conjointe de codes LDPC non-binaires aux systèmes MIMO à diversité d'émission utilisés dans le standard LTE	2 mois	1500 €
Natalia Neverova	Christian Wolf	LIRIS	Université de Guelph	Interactions hommes-robots : détection et reconnaissance visuelle	3 mois	1500 €
Yann Le Gall	Ronan Fablet	Lab-STICC	University of Victoria	Opportunités et limitations informationnelles du canal acoustique sous-marin pour la résolution de problèmes inverses en acoustique passive	4 mois	1500 €
Petra Boslij	Sébastien Lefèvre & Ewa Kijak	IRISA	Johann Bernoulli Institute	New techniques for image description in content-based image retrieval	3 mois	1500 €
Ronan Hamon	Pierre Borgnat & Patrick Flandrin	Lab. Physique de Lyon	Lab. Lagrange, Nice	NMF sur graphe	15 jours	750 €
Vincent Itier	William Puech	LIRMM	University of York	Insertion de données cachées dans des maillages 3D	1 mois	1500 €
Ngning Zhao	Denis Kouamé & Jean-Yves Tourneret	IRIT	Université Paris-Est	Optimization methods for joint deconvolution and segmentation of ultrasound images	1 mois	750 €
Mohamad Albughdadi	Lofit Chaari & Jean-Yves Tourneret	IRIT	INRIA Rhône Alpes	Sélection de modèles pour la parcellisation-détection-estimation conjointe (PDEC) en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMF)	15 jours	500 €
Simon Durand	Bertrand David & Gaël Richard	LTCI	NY University	Traitement du signal musical et réseaux de neurones profonds	2 mois	1500 €
Maria Méndez	Guy Gogniat	Lab-STICC	Ruhr-University Bochum	Validation des services d'un système d'exploitation générique sur une architecture many-core	4 mois	1500 €
Bastien Passeteloup	Vincent Gripon, Grégoire Mercier & Dominique Pastor	Lab-STICC	Université de McGill	Étude du traitement de signal sur graphe d'un point de vue issu de l'algorithmique distribuée	2 mois	1500 €
Maria Méndez	Guy Gogniat	Lab-STICC	Ruhr-University Bochum	validation des services d'un système d'exploitation générique sur une architecture many-core	4 mois	1500 €
Philippe Joos	Hervé Liebgott	Creatis	Université de Montréal	Imagerie ultrasonore ultra-rapide dédiée à la quantification 3D du mouvement	6 mois	1500 €
Simon Mure	Hugues Benoit-Cattin & Dr. Thomas Grenier	Creatis	Harvard Medical School	Classification de données multidimensionnelle pour l'analyse de l'évolution de scléroses en plaque	3 mois	1500 €

E LISTE DES AIDES À LA MOBILITÉ DES DOCTORANTS

Marwa Chaffi	Jacques Palicot	IETR	University of Oxford	Analyse de l'effet de la fonction de mise en forme sur les performances des systèmes Hybrid Orthogonal M-FSK	2 mois	1500€
Erwan Moréac	André Rossi	Lab-STICC	Université d'Enna, Italie	Codage parcimonieux pour adapter la consommation d'énergie et la latence dans les réseaux sur puces	3 mois	1500 €
Vedran Vukotic	Guillaume Gravier	IRISA	TU Delft	Deep Neural Architectures for Representation Learning from Multimedia, Multimodal data	4 mois	1500 €
Yingying SONG	David Brie	CRAN	Laboratoire Lagrange, Nice	Déconvolution Adaptative d'Images Hyperspectrales	1 semaine	400 €
Vincent Migliore	Guy Gognat	Lab-STICC	UMass, Amherst	Réalisation d'un démonstrateur complet pour l'accélération matérielle du chiffrement homomorphe	3 mois	1500€
Adrien Meynard	Bruno Torrèsani	I2M	Universités de Montréal et Toronto	Analyse temps-fréquence	2 mois	1500€
Luz Maria Perez Saavedra	Grégoire Mercier	Lab-Sticc	Université Industrielle de Santander, Colombie	Détection précoce des phénomènes induits par la Nina	4 mois	1500 €
Hafiz Tiomoko Ali	Romain Couillet	CentraleSupélec	Université du Michigan	Méthodes spectrales pour la classification de données à grandes dimensions et compromis coût-complexité	5 mois	1500 €
Vincent Perrot	Hervé Liebgott	CREATIS	NTNU à Trondheim	Imagerie ultrasonore rapide et modélisation du mouvement vectoriel de la paroi des vaisseaux et du flux	1.5 mois	1500 €

## **F Programme de l'assemblée générale 2015**

## Lundi 30 mars 2015

- A partir de 11h30 : Accueil  
**14h 00 :** **Séance plénière :**  
**Bilan 2013-2014 : Présentation du rapport d'activité par thème A,B,C,D du GDR.**  
**Rapport d'activité du club des partenaires, du réseau de doctorants.**
- 16h 30 :** Pause
- 17h 00 :** **Conférence : Jean-François Cardoso**, DR CNRS, LTCI - Telecom ParisTech.  
*« Le traitement des signaux de la mission Planck ou comment tirer le portrait de notre Univers dans son enfance. »*
- 18h 00 :** **Présentation scientifique (Affiches)** (description détaillée en page suivante)  
- **doctorants** ayant fait une mobilité soutenue par le GdR ISIS,  
- **Projets jeunes chercheurs** 2013 du GdR ISIS
- 19h30 :** **Fin de la session //** Comité de direction
- 20h :** Repas

## Mardi 31 mars 2015

- 9h 00 :** **Atelier prospective** thème B // thème C
- 10h 30 :** Pause
- 11h 00 :** **Conférence : Maureen Clerc**, équipe Athena, INRIA Sophia Antipolis Méditerranée,  
*« Méthodes et outils pour une observation dynamique du cerveau. »*
- 12h 00 :** Repas
- 12h30**  
**14h 00 :** **Atelier prospective** thème A // thème D
- 15h 30 :** Pause
- 16h 00 :** **Conférence : Arshia Cont**, IRCAM, équipe-projet MuTant (IRCAM, CNRS, INRIA, UPMC)  
*« Approche Cyber-Physique pour accompagnement musicale temps réel dans Antescofo. »*
- 17h 00 :** **Echange avec l'institut INS2I du CNRS** (Wilfried Perruquetti, Christian Jutten)  
**17h 30 :** **Synthèse du travail de prospectives**
- 19h 30 :** Cocktail / Repas

**Mercredi 1<sup>er</sup> avril 2014**

- 9h :** **Inter-GdR.** Présentation des GdR Madics (Christine Collet), Stic-Santé (Françoise Peyrin).
- 9h50 :** **Signaux, images: quelle visibilité, quels prix ?** (Odile Macchi, Académie des Sciences)
- 10h10 :** **Nouvelles du CNU section 61** (Philippe Bolon)
- 10h30 : Pause
- 11h 00 :** **Conférence : Marc Lelarge, INRIA-ENS,**  
« *Algorithmes spectraux pour la détection de communautés.* »
- 12h00 :** **Clôture** de l'assemblée générale.
- 12h 15 : Repas buffet

---

#### **Présentations scientifiques par les doctorants ayant fait une mobilité soutenue par le GdR ISIS**

- Nhat-Quang NHAN (Telecom Bretagne) : Multiple-Votes Parallel Symbol-Flipping Decoding Algorithm for Non-Binary LDPC Codes.
- Yann Le Gall (Lab-STICC) : Approche Bayésienne pour la localisation de source dans un guide d'onde océanique incertain.
- Ronan Hamon (ENS Lyon) : Factorisation de réseaux temporels : étude des rythmes hebdomadaires du système Vélo'v.
- Petra Bosilj (IRISA) : Local descriptors based on 2D connected pattern spectra.
- Amaury Dehecq (LISTIC) : Deriving large scale glacier velocities from a complete satellite archive.

#### **Présentations scientifiques par les responsables des projets jeunes chercheurs 2013 du GdR ISIS**

- Sébastien Bourguignon (IRCCyN) : optimisation globale pour la résolution de problèmes parcimonieux en norme  $l_0$ .
- Caroline Chaux-Moulin (I2M) : méthodes d'optimisation pour l'imagerie photonique.
- Jérémie Crenne (IMS) : reconfigurable hardware architecture for SLAM.
- Rémi Flamary (Laboratoire Lagrange) : analyse d'images de télédétection à grande dimension temporelle.
- Nelly Pustelnik (ENS Lyon) : segmentation de signaux et images par analyse d'invariance d'échelle, régularité locale et optimisation convexe non lisse.
- Pascal Vallet (IMS) : traitement d'antennes pour les grands réseaux de capteurs.



**Conférence : Jean-François Cardoso**, DR CNRS, LTCI - Telecom ParisTech.

*« Le traitement des signaux de la mission Planck ou comment tirer le portrait de notre Univers dans son enfance. »*

Résumé : Le satellite cosmologique Planck --une mission de l'Agence Spatiale Européenne-- lancé par Ariane 5 en mai 2009, stabilisé au second point de Lagrange, a mesuré pendant presque 3 ans, dans toutes les directions du ciel, l'intensité et la polarisation du rayonnement micro-ondes dans neuf canaux de fréquence, avec une résolution et une sensibilité inégalées, grâce à ses capteurs refroidis à un dixième de degré au dessus du zéro absolu.

Beaucoup de technologie pour une superbe masse de données, mais pour en extraire la substantifique et scientifique moelle, le logiciel doit prendre le pas sur le matériel. Cet exposé donnera une vue d'ensemble du traitement des signaux de Planck et de leur exploitation statistique. Je décrirai la chaîne de traitement, partant des mesures pour aboutir à une carte plein-ciel du rayonnement fossile qui est (presque) littéralement un instantané de notre Univers dans sa prime jeunesse: âgé de 360,000 ans, il est à peine formé, mais plein de promesses. Si le temps le permet, j'évoquerai aussi nos dernières mesures de la polarisation du rayonnement fossile, à peine livrées, qui ouvrent une fenêtre sur l'inflation primordiale.

**Conférence : Maureen Clerc**, équipe Athena, INRIA Sophia Antipolis Méditerranée,

*« Méthodes et outils pour une observation dynamique du cerveau. »*

Résumé : Parmi les différentes modalités d'imagerie cérébrale, celles mesurant l'activité électrique du cerveau occupent une place à part. En effet, leur excellente résolution temporelle permet de bien rendre compte de la dynamique des assemblées de neurones.

Nous expliquerons comment cartographier l'activité des régions cérébrales à partir de mesures, en s'appuyant sur des modèles détaillés d'anatomie.

Nous présenterons les problèmes inverses associés, dans les domaines spatial (localisation de sources, estimation de conductivités) et temporel (estimation de la dynamique de l'activation des régions).

Parmi les tendances actuelles dans ce domaine, nous aborderons l'analyse en "essai par essai", des méthodes adaptatives pour accélérer les protocoles expérimentaux, et les analyses en temps réel, utilisées dans les interfaces cerveau-ordinateur.

**Conférence : Arshia Cont**, IRCAM, équipe-projet MuTant (IRCAM, CNRS, INRIA, UPMC)

*« Approche Cyber-Physique pour accompagnement musicale temps réel dans Antescofo. »*

Abstract: A system capable of undertaking automatic musical accompaniment with human musicians should be minimally able to undertake real-time listening of incoming music signals from human musicians, and synchronize its own actions in real-time with that of musicians according to a music score. To this, one must also add the following requirements to assure correctness: Fault-tolerance to human or machine listening errors, and best-effort (in contrast to optimal) strategies for synchronizing heterogeneous flows of information. Our approach in Antescofo consists of a tight coupling of real-time Machine Listening and Reactive and Timed-Synchronous systems. The machine listening in Antescofo is in charge of encoding the dynamics of the outside environment (i.e. musicians) in terms of incoming events, tempo and other parameters from incoming polyphonic audio signal; whereas the synchronous timed and reactive component is in charge of assuring correctness of generated accompaniment. The novelty in Antescofo approach lies in its focus on Time as a semantic property tied to correctness rather than a performance metric. Creating automatic accompaniment out of symbolic (MIDI) or audio data follows the same procedure, with explicit attributes for synchronization and fault-tolerance strategies in the language that might vary between different styles of music. In this sense, Antescofo is a cyber-physical system featuring a tight integration of, and coordination between heterogeneous systems including human musicians in the loop of computing.

**Conférence : Marc Lelarge, INRIA-ENS,**

*« Algorithmes spectraux pour la détection de communautés. »*

Abstract: Community detection consists in identification of groups of similar items within a population. In the context of online social networks, it is a useful primitive for recommending either contacts or news items to users. We will consider a particular generative probabilistic model for the observations, namely the so-called stochastic block model, and generalizations thereof. We will describe spectral transformations and associated clustering schemes for partitioning objects into distinct groups. Exploiting results on the spectrum of random graphs, we will establish consistency of these approaches under suitable assumptions, namely presence of a sufficiently strong signal in the observed data.

**G Programme de l'assemblée générale 2017**

# Assemblée Générale du GDR 720 ISIS du CNRS

## Centre Le Lazaret, Sète

### Mardi 14 novembre 2017

- A partir de 11h30 : Accueil
- 12h15 : Buffet repas
- 14h 00 : **Séance plénière :**  
**Bilan 2015-2017 : Présentation du rapport d'activité par thème A,B,C,D du GdR.**  
**Rapport d'activité du club des partenaires, du réseau de doctorants.**
- 16h 30 : Pause
- 17h 00 : **Conférence** : Dominique Cardon, Professeur de sociologie à Sciences Po/médialab  
« *Enjeux sociologique des nouvelles formes de calculabilité algorithmique* »
- 18h 00 : **Présentation scientifique (Affiches)** (description détaillée en page suivante)  
- doctorants ayant fait une mobilité soutenue par le GdR ISIS,  
- Projets de l'appel du GdR ISIS 2014
- 19h30 : **Fin de la session**
- 20h : Repas

### Mercredi 15 novembre 2017

- 9h 00 : **Atelier prospective** thème B // thème D
- 10h 30 : Pause
- 11h 00 : **Conférence** : Julie Delon, Professeure au laboratoire MAP5, Université Paris Descartes  
« *Clustering en haute dimension pour le débruitage d'image.* »
- 12h 15 : Repas
- 14h 00 : **Atelier prospective** thème A // thème C
- 15h 30 : Pause
- 16h 00 : **Echanges avec** Christian Jutten, chargé de mission INSI2I,  
Pierre-Olivier Amblard, président de la section 07 du comité national du CNRS  
Christian Barillot, président du Conseil Scientifique de l'Institut INS2I
- 17h : **Inter GdR** : GdR IA (Sébastien Destercke)  
GDR Ondes Gravitationnelles (Patrick Flandrin)  
GDR MIA (Edoardo Provenzi)
- 18h 00: **Introduction à la soirée spéciale 30 ans du GdR ISIS**
- 19h 30 : Cocktail / Repas

**Jeudi 16 novembre 2017**

- 9h :** **Conférence :** Rémi Flamary, MCF au Laboratoire Lagrange, Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur  
« *Transport optimal pour l'apprentissage statistique.* »
- 10h00 : Pause
- 10h30 :** **Retour des ateliers de prospectives**
- 11h30 :** **Présentation du futur GdR**
- 12h00 :** Buffet Repas.
- 13h :** Départ du bus pour la gare SNCF de Sète
- 

**Conférence :** Dominique Cardon, Professeur de sociologie à Sciences Po/médialab  
Titre : « *Enjeux sociologique des nouvelles formes de calculabilité algorithmique* »  
Résumé :

**Conférence :** Julie Delon, Professeure au laboratoire MAP5, Université Paris Descartes  
Titre : « *Clustering en haute dimension pour le débruitage d'image.* »

Résumé : This work addresses the problem of patch-based image denoising through the unsupervised learning of a probabilistic high-dimensional mixture models on the noisy patches. The model, named HDMI, proposes a full modeling of the process that is supposed to have generated the noisy patches. To overcome the potential estimation problems due to the high dimension of the patches, the HDMI model adopts a parsimonious modeling which assumes that the data live in group-specific subspaces of low dimension-alities. This parsimonious modeling allows in turn to get a numerically stable computation of the conditional expectation of the image which is applied for denoising. The use of such a model also permits to rely on model selection tools, such as BIC, to automatically determine the intrinsic dimensions of the subspaces and the variance of the noise. This yields a blind denoising algorithm that demonstrates state-of-the-art performance, both when the noise level is known and unknown. Joint work with Charles Bouveyron and Antoine Houdard.

**Conférence :** Rémi Flamary, MCF au Laboratoire Lagrange, Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur

Titre : « *Transport optimal pour l'apprentissage statistique.* »

Résumé : Après un bref rappel de la théorie et des outils du transport optimal, nous verrons un panorama des avancées récentes liées à l'utilisation du transport optimal en apprentissage statistique et en estimation. Les applications au problème de l'adaptation de domaine, i.e. prédiction sur des données dont la loi de probabilité a changé depuis l'estimation, seront présentés plus en détails.

---

**Présentations scientifiques par les doctorants ayant fait une mobilité soutenue par le GdR ISIS (posters)**

Marwa Chafii, IETR : "DCT-OFDM with index modulation" Séjour de 2 mois à l'Université d'Oxford

Abstract : Index modulation (IM) is proposed for OFDM systems based on a discrete cosine transform (DCT) implementation. The new proposed DCT-OFDM-IM scheme is shown to yield spectral efficiency improvements of up to 38% relative to OFDM-IM and up to 55% relative to OFDM while occupying the same bandwidth and maintaining similar robustness against frequency selective fading channels for low modulation orders.

Adrien Meynard, I2M « Estimation de déformations pour certaines classes de signaux non-stationnaires », séjour de 2 mois à l'université de Montréal.

Résumé : Nous développons une approche pour l'estimation de signaux stationnaires déformés par un opérateur brisant la stationnarité comme, par exemple, la modulation d'amplitude ou le changement d'horloge. Sous certaines conditions de régularité, des expressions approchées sont obtenues dans des espaces de représentation adaptés. Dans le cas gaussien, ceci conduit à un algorithme d'estimation par maximum de vraisemblance approchée. Nous illustrons les résultats sur des signaux acoustiques réels.

Vincent Migliore, lab\_STICC, « A High-Speed Accelerator for Homomorphic Encryption using the Karatsuba Algorithm », séjour de 3 mois à l'University of Massachusetts at Amherst.

Résumé : Somewhat Homomorphic Encryption (SHE) schemes can be used to carry out operations on ciphered data. In a cloud computing scenario, personal information can be processed secretly, inferring a high level of confidentiality.

The principle limitation of SHE is the size of ciphertext compared to the size of the message. This issue can be addressed by using a batching technique that "packs" several messages into one ciphertext. However, this method leads to important drawbacks in standard implementations. This work presents a fast hardware/software co-design implementation of an encryption procedure using the Karatsuba algorithm. Our hardware accelerator is 1.5 times faster than the state of the art for 1 encryption and 4 times faster for 4 encryptions.

Erwan Moréac, lab-STICC, « Networks-on-Chip Cortex Inspired Communication To Reduce Energy Consumption », séjour de 2 mois à l' Université d'Enna, Sicile.

Résumé : Ultra-deep sub-micron technology is shifting the design paradigm from area optimization to power optimization. In the context of Network-on-Chip (NoC) based design, energy consumption due to data transfer among network nodes is no longer negligible. Starting from the observation that, among the two brain hemispheres around 1 out of  $10^6$  synapses are active at the same time, in this paper we propose to mimic such behavior to trade-off transmission throughput with energy cost per transmitted bit in NoC based systems. In order not to alleviate the system performance, low level control mechanisms are proposed to use the so called "Cortex Inspired Communication" (CIC). We propose a set of strategies aimed at improving the energy efficiency of the NoC and we assess them in terms of energy saving, silicon area overhead and impact on performance metrics, namely, communication delay and throughput. The experimental analysis, carried out on a cycle-accurate and bitaccurate NoC simulator and under traffic scenarios generated by real applications show up to 30% of energy saving with almost no impact on the processing throughput.

Yingying Song, CRAN « Déconvolution en ligne d'images hyperspectrales pour les imageurs de type pushbroom », séjour d'une semaine au laboratoire Lagrange à Nice.

résumé : Ce travail s'intéresse à la conception d'une méthode séquentielle de déconvolution d'images hyperspectrales acquises par un imageur pushbroom. A partir de l'écriture sous forme séquentielle de l'image floutée, on propose un algorithme de type LMS (least mean squares) par bloc glissant qui inclut des termes de régularisation spatiale et spectrale. Les analyses stochastiques de l'algorithme sont étudiées. Les influences des paramètres de l'algorithme sont discutées. Les performances de l'algorithme sont illustrées sur des données simulées et réelles.

---

## Présentations scientifiques par les porteurs des projets financés par le GdR ISIS en 2014 (posters)

*(les noms des présentateurs des projets sont soulignés)*

### **Blind-SIM II (optimisation statistique et numérique en microscopie à éclairage structuré)**

J. Idier, S. Bourguignon, P. Liu (IRCCyN), A. Sentenac, M. Allain, S. Labouesse (Institut Fresnel)

Le projet Blind-SIM II s'intéresse à l'analyse et à l'amélioration de Blind-SIM, une nouvelle stratégie de microscopie de fluorescence proposée par l'Institut Fresnel, basée sur des éclairages structurés aléatoires de type speckle

[Mudry et coll. 2012]. Blind-SIM II est un projet interdisciplinaire entre le traitement statistique du signal et la conception d'un nouvel instrument optique pour l'imagerie biologique. Simple à mettre en oeuvre, Blind-SIM permet d'envisager une imagerie de fluorescence hautement résolue à faible coût. Cependant, la capacité de super-résolution empiriquement observée par Mudry et coll. [2012] reste limitée d'après nos résultats les plus récents.

L'objectif de Blind-SIM II est de dépasser ces limites pour tirer le meilleur parti de la microscopie à éclairements structurés aléatoires. Cet objectif nécessite une analyse approfondie du problème en termes d'information et d'inférence. D'une part, une étude informationnelle sera menée pour déterminer l'apport d'éclairements aléatoires en terme de résolution fréquentielle théorique maximale. Cette première étape servira à qualifier les limites de la démarche, mais également à explorer les performances théoriques en fonction des paramètres instrumentaux. Cette analyse est néanmoins rendue délicate par le caractère non gaussien de la vraisemblance. Une approximation gaussienne utilisant les propriétés au second ordre des fluctuations sera d'abord adoptée. Des approches numériques exactes seront ensuite utilisées pour évaluer dans quelle mesure le caractère non gaussien participe au phénomène de super-résolution. D'autre part, un travail sera mené pour proposer un estimateur statistiquement sain et numériquement viable. Cet objectif est motivé par l'analyse que nous avons menée de l'algorithme proposé dans [Mudry et coll. 2012] : bien que numériquement attractif, cet estimateur joint présente un biais, même à grand nombre d'illuminations. Une solution alternative sera donc recherchée, assurant l'absence de biais asymptotique. Une difficulté sera de limiter l'augmentation du coût calculatoire induit par ce changement d'estimateur. En se limitant aux propriétés à l'ordre deux, une piste raisonnable sera de définir un critère de contraste dont la minimisation itérative pourrait être menée pour un coût raisonnable. Des alternatives stochastiques de type SEM ou MCMC seront également envisagées.

### **PROGEST (prolongement du geste pour la création musicale)**

V. Emiya (LIF), M. Laurière (Laboratoire Jacques-Louis Lions) et Ch. Bascou (Centre National de Création Musicale)

Ce projet est issu d'un problème industriel émanant d'un centre de création musicale : dans un contexte de lutherie numérique où le geste d'un musicien est capté via une surface tactile 2D, le défi consiste à pouvoir prolonger dans le temps un geste musical quelconque, en extrayant ses caractéristiques spécifiques et en générant la suite du mouvement selon ces caractéristiques. Des travaux préliminaires menés par une équipe interdisciplinaire de jeunes chercheurs à l'origine de cette proposition ont permis de dégager les principaux verrous - définition de l'ensemble des gestes possibles, formalisation du problème - et de premières pistes de recherche sur le sujet - étude de l'espace de tels gestes musicaux, de la structure de cet espace, identification de plusieurs modèles, problématiques d'évaluation. Le projet a pour objectifs d'exploiter ces pistes afin de fournir une réponse à la demande industrielle initiale mais également de consolider le début de collaboration initiée récemment.

### **TABASCO (trajectoires sémantiques pour l'étude de la corrosion).**

R. Péteri (U.~de la Rochelle/MIA), E. Kijak (IRISA/TexMex) et X. Feaujas (U.~de la Rochelle/LaSIE)

Le contexte général de ce projet est celui du traitement et de l'interprétation d'images de *fracturation par hydrogène (FPH)* pour l'étude de la corrosion des métaux. Ce type particulier de corrosion est une des causes importantes de ruptures de pièces dans l'industrie (portuaire, off-shore, pétrochimie, nucléaire, canalisations d'eau, pipe-lines...). Son étude s'appuie ici sur la collaboration entre des traiteurs d'images (équipe TexMex de l'IRISA de Rennes et le laboratoire MIA de l'université de La Rochelle), et des physiciens spécialisés dans l'étude des mécanismes de corrosion et de dégradation des matériaux (le laboratoire LaSIE de l'université de La Rochelle).

Il s'agira, à partir d'images fractographiques, d'extraire des informations sémantiques pertinentes permettant de mieux cerner l'évolution de la microstructure et des cinétiques de fissuration dans les métaux, mais également de pouvoir prédire le risque de rupture lié à l'hydrogène.

L'originalité du projet est d'utiliser comme espace de représentation de ces images un espace dit sémantique, qui est un simplex représentant les probabilités a posteriori d'appartenance de l'image à tous les concepts étudiés (dans notre cas, les différents états du métal). Le simplex sémantique est l'espace des paramètres des lois de probabilités multinomiales. Ce simplex possède une géométrie et une métrique associée (métrique d'information de Fisher) que les notions de similarité et de géodésiques devront prendre en compte.

L'exploitation de cette représentation par des outils d'analyse de données (filtres numériques, échantillonnage, analyses de trajectoires) permettra de combler le fossé sémantique entre l'interprétation du physicien spécialisé en corrosion et le contenu visuel des images FPH modélisé par les attributs qui en sont extraits. Le but est, au final, de décrire une image comme une proportion de différents états d'avancement de dégradation du métal.