



GdR 720 ISIS

Demande de renouvellement

2014 - 2018

Préambule Ce document intitulé « demande de renouvellement » contient les perspectives scientifiques sur les thématiques d'ISIS, la structure du GdR ISIS proposée pour le mandat 2014-2018 permettant l'animation compte tenu de ces perspectives, ainsi que le projet d'animation et l'équipe de direction. Il fait suite à un premier document intitulé « Rapport d'activité », contenant le bilan du GdR ISIS pour la période 2010-2012.

Table des matières

Préambule	3
1 Présentation générale	1
1.1 Positionnement scientifique du GdR ISIS	1
1.2 Evolutions	1
2 Proposition pour le GdR ISIS 2014-2018	2
2.1 Les objectifs	2
2.2 Fonctionnement interne	2
2.2.1 Eléments d’animation scientifique	2
2.2.2 Le comité de direction	4
2.3 Fonctionnement externe	5
2.4 Club des partenaires	5
2.5 Action des doctorants	6
2.6 Inter-GdR, international	7
3 Présentation par thème	7
3.1 Thème A : Traitement du signal et de l’image	7
3.1.1 Présentation générale du thème A	7
Axe 1 : Modélisation	8
Axe 2 : Estimation et décision	8
Axe 3 : Reconstruction, restauration	9
3.1.2 Perspectives du thème A	9
3.1.3 Actions proposées	13
3.2 Thème B : Image et Vision	16
3.2.1 Présentation générale du thème B	16
Axe 1 : Physique, capteurs, traitements	17
Axe 2 : Vision, géométrie 3D, mouvement	17
Axe 3 : Systèmes de vision, perception et connaissance	18
Axe 4 : Recherche d’information et masses de données Image et Vi- déo	18
3.2.2 Perspectives du thème B	18
Axe 1 : Physique, capteurs, traitements	18
Axe 2 : Vision, géométrie 3D, mouvement	19
Axe 3 : Systèmes de vision, perception et connaissance	20
Axe 4 : Recherche d’information et masses de données Image et Vi- déo	21
3.2.3 Actions proposées	23
Axe 1 : Physique, capteurs, traitements	23
Axe 2 : Vision, géométrie 3D, mouvement	24
Axe 3 : Systèmes de vision, perception et connaissance	25
Axe 4 : Recherche d’information et masses de données Image et Vi- déo	26
3.3 Thème C : AAA pour le TDSI	27
3.3.1 Présentation générale du thème C	27
3.3.2 Perspectives du thème C	28
3.3.3 Actions proposées	29
3.4 Thème D : Télécommunications	30

3.4.1	Présentation générale du thème D	30
	Axe 1 : Compression et protection	
	DSA : Marc Antonini et William Puech	31
	Axe 2 : Information et communication : de la théorie à l'ingénierie	
	DSA : Mérouane Debbah et Veronica Belmega	31
3.4.2	Perspectives du thème D	32
	Axe 1 : Compression et protection	32
	Axe 2 : Information et communication : de la théorie à l'ingénierie .	33
3.4.3	Actions proposées	37
	Axe 1 : Compression et protection	37

A Liste des actions proposées 38

1 Présentation générale

1.1 Positionnement scientifique du GdR ISIS

Le traitement du signal (signal numérique au sens large, multi-dimensionnel, multi-varié) a pour objet de développer des méthodes, techniques et logiciels en vue d'améliorer les performances des systèmes d'acquisition et d'analyse de ces signaux. Si la discipline est née avec l'utilisation des premiers radars, elle concerne aujourd'hui, dans le monde numérique de ce début du XXIème siècle, des signaux de nature très variée (optique, infrarouge, électromagnétique, son, image, vidéo, multi-hyper-spectral, séries temporelles de données, IRM...) et touche tous les grands domaines d'activités (santé, environnement, sécurité, télécommunications...).

De l'acquisition des signaux à leur utilisation finale, la liste des étapes de traitement est variée. Le GdR ISIS s'intéresse à ces méthodes de traitement de l'Information, du Signal, de l'Image et de la viSion, allant de la mise en forme des signaux, en passant par l'analyse, la détection d'information, la compression et le codage, le stockage dans des bases de données structurées et permettant des recherches intelligentes, la production de données sémantiques, la représentation des résultats de la chaîne de traitement... Ces étapes sont déclinées dans la description des 4 thèmes qui structurent les activités du GdR ISIS depuis 2006. Ces 4 thèmes sont :

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

La description scientifique détaillée de chacun de ces thèmes, leurs responsables scientifiques, la prospective et leur projet d'animation est donnée au chapitre 3.

1.2 Evolutions

Si les méthodes étaient autrefois dépendantes du type de signal étudié et prenaient ancrage dans les sciences de l'ingénieur, elles font aujourd'hui largement appel à la **modélisation mathématique**, qu'elle soit stochastique (avec les champs et chaînes de Markov par exemple) ou déterministe (avec les modèles variationnels et les EDP). Le formalisme mathématique de plus en plus présent dans le développement de la discipline a permis d'unifier les recherches par grandes approches méthodologiques et non plus par type de signaux. C'est ainsi que les thématiques comme les chaînes de Markov, les modèles bayésiens, les représentations parcimonieuses et/ou multirésolution, les modèles variationnels et l'optimisation convexe, les méthodes de classification,... sont au cœur des activités et structurent aujourd'hui les recherches.

Naturellement dans les évolutions de la structure du GdR ISIS, s'est développé un thème (le thème A) sur les méthodes et modèles pour le traitement du signal (ici encore au sens large), qui s'enrichit régulièrement de nouveaux domaines. C'est ainsi qu'il a été décidé lors de notre assemblée générale de novembre 2012, de faire basculer les activités du thème B axe 1 autour des méthodes pour les problèmes inverses, de la modélisation parcimonieuse, de l'apprentissage et de la classification pour les images, dans le thème

« Méthodes et modèles en traitement de signal et de l'image »(thème A). Ces méthodes sont devenues génériques et ne sont plus liées à une application ou un type de signal particulier, elles ont donc vocation à faire partie du thème A. Le thème B axe 1 est recentré sur les aspects physiques et acquisition des images.

Le traitement du signal, de l'image et la vision sont aussi étroitement liés aux applications dans de nombreux domaines traditionnels comme par exemple celui du médical, du contrôle non destructif, des antennes ou du radar. Avec le développement du numérique qui devient omniprésent dans toutes les disciplines, on assiste depuis plusieurs années au développement d'activités dans des domaines plus récents comme celui de la biologie, des applications web, des télécommunications, des réseaux, ... Cela se traduit aussi par l'arrivée de nouveaux partenaires industriels dans le club des partenaires du GdR ISIS comme Orange Labs ou Sagem Com (voir le paragraphe 2.4).

2 Proposition pour le GdR ISIS 2014-2018

2.1 Les objectifs

Les objectifs du GdR ISIS du CNRS seront pour le mandat 2014 les mêmes que ceux présentés dans le rapport de bilan :

- faire de l'**animation scientifique** pour la communauté française en Information, Signal, Image, viSion,
- **féderer** les recherches académiques de tous les laboratoires quels que soient leur taille, leur moyen et leur visibilité, de les fédérer avec les recherches dans les grands organismes, ainsi que celles de l'industrie,
- mener des actions de **formation** sur les thématiques Information, Signal, Image, viSion particulièrement envers les doctorants mais pas seulement,
- réaliser des études de **prospective** pour le CNRS,
- **représenter** et porter les thématiques Information, Signal, Image, viSion en France au sein du CNRS, de l'ANR ou des alliances (Allistène en particulier) avec une vision internationale.

Le GdR ISIS a la volonté de donner un tremplin d'action au niveau national en particulier aux doctorants et aux jeunes chercheurs dans le domaine de l'information, du signal, des images et de la vision. Il a aussi la volonté de rassembler la communauté par un fonctionnement ouvert et consensuel que nous voulons préserver.

2.2 Structure et fonctionnement interne

Pour mettre en œuvre ces objectifs, la structure et le fonctionnement proposés du GdR ISIS sont sensiblement ceux du mandat précédent.

2.2.1 Éléments d'animation scientifique

Les éléments d'animation sont les suivants :

- La journée d'animation scientifique.
L'élément d'activité principal est et restera la journée d'animation scientifique, avec une volonté de faire se côtoyer des exposés tutoriels par des chercheurs confirmés de renommée internationale et des exposés plus pointus de doctorants. Il sera systématiquement proposé à un ou plusieurs acteurs industriels du club des partenaires du GdR ISIS de s'associer à chacune des journées d'animation.
- Les Actions.
C'est un élément de structure, qui permet de donner une suite concrète à l'analyse prospective. Une Action est portée par un ou plusieurs animateurs qui s'engagent à faire de l'animation scientifique sur une thématique ciblée identifiée comme prioritaire pour les deux ans qui viennent. Cela permet d'identifier des lignes d'actions fortes et assure une activité sur des sujets identifiés importants.
- L'assemblée générale.
Organisée lors des demandes de renouvellement du GdR ISIS ou à mi-mandat, elle permet de réunir régulièrement la communauté ISIS toutes thématiques confondues. L'objectif principal est de mettre en commun la prospective des thèmes, et de redéfinir la structure d'organisation du GdR ISIS en adéquation avec les axes prospectifs dégagés. Elle permet ainsi de préparer la demande de renouvellement de manière collégiale.
- Prix de thèse
Pour promouvoir la recherche, renforcer la visibilité et encourager les études doctorales dans le domaine du Signal, de l'Image et de la Vision le GdR ISIS co-organise conjointement avec le Club EEA¹ et le GRETSI² un Prix de Thèse distinguant des travaux particulièrement originaux et novateurs. Ce prix est délivré annuellement et doté de 1000 euros. Les lauréats présentent leur travaux lors du colloque biennal GRETSI. L'organisation est décrite dans l'appel 2013³.
- Ecole d'été
Le GdR ISIS organise, conjointement au GRETSI, l'école d'été Peyresq en traitement du Signal et des Images. Cette école annuelle réunit sur une semaine 45 participants, la présence des doctorants étant largement majoritaire, celle des jeunes chercheurs encouragée. Des industriels participent aussi régulièrement à cette école. Pour l'année 2013 le sujet est : Nouvelles techniques d'optimisation, applications en signal, en images et en télécommunications⁴.
- Les projets jeunes chercheurs
Ce sont des aides d'un montant d'environ 5000 euros accordées sur appel à candidatures à des groupes (au moins deux laboratoires différents dont au moins une UMR CNRS) de jeunes chercheurs (moins de 35 ans), proposant un projet de recherche commun et nouveau, pour une durée de 18 mois. La sélection est faite sur la qualité scientifiques des propositions. La participation des doctorants aux projets de recherche est encouragée. Ces appels donne l'opportunité à des jeunes chercheurs de prendre de l'autonomie et la responsabilité d'un projet de recherche ciblé sur des

1. <http://www.clubeea.org/>

2. <http://www.gretsi.fr/>

3. <http://gretsi.fr/prix-de-these2013/>

4. voir <http://www.gretsi.fr/peyresq13/>

projets à appels légers et favorise les échanges et la structuration de la communauté des jeunes chercheurs dans les thématiques d'ISIS. Ce type d'appel n'est lancé que lorsque les actions d'animation décrites ci-dessus sont menées à bien et que le financement du club des partenaires le permet. Un appel à projets jeunes chercheurs est envisagé pour l'année 2013.

2.2.2 Le comité de direction

Le lieu de décision du GdR ISIS est le comité de direction. Il comprend le directeur et le directeur adjoint du GdR ISIS, les responsables scientifiques des thèmes, les responsables de l'action doctorant, du club des partenaires industriels, de l'action inter GdR et international, la personne en charge du site web et la personne en charge des aspects administratifs et des missions. Le comité se réunit 3 à 4 fois par an, décide des grandes orientations à donner, planifie les journées d'animation scientifiques à venir, prépare l'assemblée générale, décide des actions pour les doctorants, propose le sujet de l'école d'été annuelle Peyresq. Ses grandes lignes d'actions ainsi que sa composition sont présentées et discutées en assemblée générale. Le comité de direction est garant du niveau scientifique des activités du GdR ISIS. Il conduit la prospective et décide des priorités en fonction du budget. Il est à l'écoute des propositions d'animations qui remontent des équipes de recherche.

Le comité de direction proposé pour le mandat 2014-2018 et validé à l'assemblée générale de novembre 2012 est le suivant :

- Directrice : Laure Blanc-Féraud (DR CNRS I3S UMR 7271)
- Directeur adjoint : Walid Hachem (DR CNRS LTCI UMR 5141)
- Directeurs scientifiques adjoints, 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 Devernay (CR INRIA LIG UMR 5217), Ludovic Macaire (PR 61 LAGIS UMR CNRS 8219), Jenny Benois Pineau (PR 27 LABRI UMR 5800),
 - Thème C : Adéquation Algorithme Architecture pour le TDSI
DSA : Guy Gogniat (PR 63 Lab-STICC UMR 6285), Christophe Jego (PR 61 IMS UMR 5218)
 - 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, titulaire de la chaire Alcatel-Lucent en radio flexible), Veronica Belmega (MCF 61 ETIS UMR 8051).
- Président du club des partenaires : Daniel Duclos (SAGEM DS Argenteuil)
- Réseaux de doctorants : Cédric Févotte (CR CNRS Lagrange UMR 7293), Nicolas Dobigeon (MCF 61 IRIT UMR 5505)
- Inter GdR et ouverture internationale : Jocelyn Chanussot (PR 61 Gipsa-Lab UMR 5216)

- Responsable du site web : Michel Jordan (IR ETIS UMR 8051)
- Responsable administratif et gestion : Janique Regis (LTCI UMR 5141) .

Avec cette proposition, le comité de direction accueille 6 nouveaux membres, ce qui constitue un renouvellement de un tiers des membres. C'est la proposition visée de renouvellement à chaque mi-mandat ou nouveau mandat, car ceci permet le renouvellement en assurant la continuité.

2.3 Fonctionnement externe

La communication du GdR ISIS s'effectue principalement par son site web⁵ où sont portées toutes les annonces de réunions du GdR, les comptes rendus, et tout autre activité de la communauté. La liste de diffusion est utilisée pour annoncer les journées d'animation du GdR ISIS et les annonces des membres du club des partenaires.

Afin de faire participer toute la communauté aux réunions d'animation, le GdR ISIS finance par laboratoire inscrit membre de droit au GdR ISIS un déplacement d'un membre permanent et d'un doctorant par réunion d'animation, et ce en plus des déplacements des orateurs. Cette opportunité offerte aux laboratoires de recherche illustre la volonté de rassembler largement la communauté et de permettre à tous les doctorants, quelque soit leur équipe d'accueil ou laboratoire, de pouvoir avoir les mêmes accès aux réunions. Ainsi les équipes éloignées géographiquement et disposant de peu de moyens financiers ne sont pas pénalisées.

Ce système a pu être mis en place et perdure grâce aux conventions signées avec les membres du Club des partenaires du GdR ISIS (voir paragraphe 2.4 ci-dessous). C'est pourquoi il est important de définir précisément quels sont les laboratoires membres de droit et les laboratoires partenaires qui cotisent. Le GdR étant une structure CNRS, soutenue financièrement par le CNRS, tous les laboratoires ayant pour tutelle le CNRS sont inscrits membres de droit. Afin de conserver le caractère fédérateur des activités du GdR ISIS, nous inscrivons aussi comme laboratoire membre de droit, les équipes d'accueil des universités, même si le GdR ISIS ne bénéficie plus de soutien financier du MESR. Les laboratoires privés, les grands organismes et les industriels peuvent s'inscrire après la signature d'une convention s'accompagnant d'une cotisation.

2.4 Club des partenaires

Président : Daniel Duclos (Sagem DS)

Les relations fortes avec le monde industriel se traduisent par l'existence depuis de nombreuses années d'un Club des Partenaires industriels associé au GdR ISIS, regroupant des grandes entreprises comme Thales, EADS, EDF, Sagem ou des plus petites comme CareStream Dental par exemple.

Les échanges sont fructueux dans les deux sens, les industriels y trouvant des journées d'animation scientifique leur permettant de faire de la veille technologique et d'avoir une connaissance du tissu académique français, et inversement de présenter leur problématique, nourrissant et orientant ainsi les sujets de la recherche académique. C'est un

5. <http://gdr-isis.fr/>

lieu privilégié d'échange assez informel entre les chercheurs de la communauté française et les membres industriels du Club des Partenaires. Du fait de l'évolution des applications du traitement du signal, de l'image et de la vision, de nouveaux partenaires industriels sont devenus membres dans le mandat en cours comme CareStream, Orange Labs, Sagem Com ou MBDA et de nouvelles conventions sont en cours de négociation, avec Total en particulier. Par ailleurs afin de faire perdurer le système d'aide au financement des déplacements pour assister aux réunions d'animation organisées par le GdR ISIS, les laboratoires privés et les grands organismes autres que le CNRS font aussi partie du Club des Partenaires et à ce titre sont cotisants.

Sur la période à venir, afin de renforcer plus encore les interfaces entre recherche académique et R&D privée, le Club continuera à soutenir les actions du GdR ISIS et à être force de propositions en termes de thématiques scientifiques et techniques. Il aura aussi à cœur de soutenir toute initiative qui visera à promouvoir les métiers de la recherche publique ou privée et susciter des vocations dans le périmètre du GdR ISIS.

La liste des membres du club des partenaires est disponible sur le site web d'ISIS⁶.

2.5 Action des doctorants

Responsables : Cédric Févotte (CR CNRS Lagrange UMR 7293), Nicolas Dobigeon (MC 61 IRIT UMR 5505)

Le GdR ISIS considère que les doctorants constituent une base importante de la communauté de recherche en signal, image et vision. Il souhaite continuer à soutenir des opérations à destination spécifique des doctorants et se doit de leur porter une attention d'autant plus particulière qu'aucune structure nationale thématique ne leur est spécifiquement dédiée. En plus de veiller à ce que les doctorants puissent se mêler aux chercheurs confirmés dans la programmation de journées thématiques, leur offrant ainsi une tribune à laquelle présenter leurs meilleurs travaux, le GdR ISIS propose de développer les opérations du réseau de doctorants dans les directions qui suivent.

Le GdR ISIS soutiendra financièrement, dans la continuité de son contrat précédent, des missions inter laboratoires de doctorants, en France ou à l'étranger. Cette opération a pour objectif d'apporter une aide financière aux doctorants pour faire de courts séjours dans des laboratoires différents du leur, afin de travailler avec d'autres chercheurs sur un projet de recherche. Ces demandes d'aide aux missions seront traitées, acceptées et financées au fil des requêtes, dans la mesure des budgets disponibles et dès lors que le projet de recherche montrera l'intérêt de la collaboration, après accord du directeur de thèse et du chercheur concerné dans le laboratoire d'accueil. Au-delà de l'aide financière, l'aspect incitatif à la mobilité est important c'est pourquoi nous continuerons ce soutien.

En outre, il est proposé à partir de cette année de mettre en place une journée doctorale GdR ISIS permettant aux étudiants en thèse du GdR de s'informer sur les carrières de la recherche, dans le public et le privé. Cette journée aurait lieu tous les deux ans. La journée proposerait des exposés de représentants de comités institutionnels (CNU, CoCNRS, etc.), de chercheurs venant d'EPICs (CNES, Onera, etc) et enfin de chercheurs de centres de R&D industriels. En marge des exposés, une large partie de la journée serait dédiée à des interactions directes entre doctorants et chercheurs (de toutes origines) dans le cadre d'un forum (stands/posters). Ce forum permettrait en particulier aux doctorants de rencontrer les partenaires industriels du GdR ISIS et de créer éventuellement des opportunités d'embauche.

6. <http://gdr-isis.fr/organisation/partenaires/annuaire-des-partenaires.html>

Enfin, un plus grand soin sera apporté à la représentation des doctorants au sein du GdR, notamment au niveau du site web. Des mails annuels rappelleront aux directeurs de thèse l'importance d'inscrire leurs doctorants au GdR. Ces derniers seront invités à remplir des informations sur leur thèse (sujet, mots clés) sur leur profil GdR, et à mettre un lien vers leur mémoire à l'issue de leur doctorat. Des outils informatiques seront mis en place afin de s'assurer de l'actualisation régulière de ces informations.

2.6 Actions inter-GdR, ouverture à l'international

Responsable : Jocelyn Chanussot (PR 61 Gipsa-Lab UMR 5216)

Les thématiques du GdR ISIS sont à l'interface de plusieurs autres domaines scientifiques comme les mathématiques, la physique, et les domaines d'application très variés. Il est ainsi en interaction avec de nombreux autres GdR avec lesquels il convient de se coordonner pour des activités communes. Plusieurs Actions de cette proposition 2014-2018 ont une très forte interaction avec d'autres GdR (Ondes, Stic-Santé, I3, IG). Par ailleurs nous continuerons à organiser des journées d'animation communes avec les GdR à l'interface avec ISIS comme les GdR Robotique, Microscopie fonctionnelle du vivant, SEED, Macs, MIA, Soc-Sip, Vision, en plus des quatre GdR déjà cités.

Concernant l'ouverture à l'international, suite à la demande de collègues étrangers, nous avons défini un format d'inscription spécial pour les laboratoires étrangers, (sans financement de déplacement) leur permettant d'apparaître comme partenaire et de recevoir toutes les informations sur la liste de diffusion du GdR ISIS. Nous travaillerons à étendre cette initiative, marginale pour le moment.

Enfin, il est envisagé depuis 2011 de faire une demande de création d'un GdR international sur les thématiques S**I**gnal Image avec le CnPQ au Brésil. Les liens et échanges France Brésil en traitement du signal et image sont anciens, le Brésil disposant de très bonnes formations supérieures dans ce domaine et des équipes de recherche de renom. Le CnPQ lançant un nouvel appel en 2013, une proposition de GdR international sera faite à l'INS2I en 2013. Cette demande est portée par des membres du GdR ISIS. Ce GdR international, s'il est accepté, sera une structure indépendante mais en coordination étroite avec le GdR ISIS.

3 Présentation par thème

3.1 Thème A : Méthodes et modèles en traitement du signal et de l'image DSA : Cédric Richard (Pr 61, Laboratoire Lagrange, Nice), Pierre Borgnat (CR CNRS 07, Laboratoire de Physique, ENS de Lyon), Jean-François Giovannelli (Pr 61, IMS, Bordeaux)

3.1.1 Présentation générale du thème A

Les domaines de recherche couverts par le thème A ont porté jusqu'ici sur les questions théoriques et méthodologiques en traitement statistique du signal, par exemple, pour n'en citer que quelques-unes :

- Echantillonnage, reconstruction

- Modélisation, représentation, identification
- Détection, classification, estimation
- Traitements adaptatifs et en ligne
- Systèmes non-linéaires et traitements idoines.

Ces questions se déclinent plus spécifiquement pour irriguer un large spectre d'applications, où l'information revêt à présent souvent un caractère multimodal. Partant du constat que l'on assiste actuellement à une convergence du traitement des signaux et des images sur ces questions, la communauté s'est exprimée lors de la dernière assemblée générale en faveur d'un gommage des distinctions faites jusqu'ici entre les questions méthodologiques en traitement statistique du signal énoncées ci-dessus, et en traitement des images dit de *bas niveau* jusqu'ici inscrit dans les objectifs du thème B. Bien qu'il ne s'agisse évidemment pas d'ignorer les propriétés spécifiques aux images fixes et animées, et des capteurs associés, qui constituent le fer de lance des activités du thème B, ce nouveau point de vue devrait favoriser une meilleure fertilisation croisée des compétences dans chacun des domaines, à l'image de ce qui a pu être observé pour des sujets phares tels que l'échantillonnage compressé, la parcimonie des données et des représentations, etc. Afin d'aller au-delà encore, le thème A entend aussi s'intéresser aux données hybrides, éventuellement structurées, tels que les cubes de données, les signaux et images sur graphes, etc.

Ainsi le thème A s'emploiera-t-il à cultiver une nature pluridisciplinaire marquée, en développant des interfaces importantes avec la physique, les mathématiques appliquées, et l'algorithmique. Il a donc pour vocation à interagir avec d'autres GdR : Ondes, MIA, Vision, IM ou MOA, en plus des autres thèmes du GdR ISIS.

Très classiquement, les champs d'intérêt du thème A peuvent être décrits au travers de trois axes de recherche suivants.

Axe 1 : Modélisation 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. On parle souvent de modèles « boîte noire » ou comportementaux pour désigner cette seconde catégorie. La modélisation a également pour objet de faire avancer la connaissance sur les outils de traitement adaptés aux divers modèles proposés dans la littérature. Cette problématique, 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. Cependant, elle reste centrale, d'autant que de nouvelles thématiques importantes ont émergé ces dernières années, comme les décompositions adaptatives et parcimonieuses ou l'étude des statistiques non usuelles des processus (non-gaussiens, non-stationnaires, non-linéaires, non-circulaires, etc.). Citons enfin l'intégration de la géométrie, que ce soit des images ou des statistiques, ou les approches tensorielles comme des questions importantes du domaine.

Axe 2 : Estimation et décision Estimer les paramètres d'un modèle, détecter un motif dans un signal ou une image, classer en fonction de différentes hypothèses, 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, devant l'augmentation de la complexité des problèmes actuels, de nouvelles méthodes demandent à être

étudiées avec beaucoup d'attention. Les thématiques développées dans cet axe reposent en particulier sur les méthodes de simulation stochastiques (comme dans les méthodes de Monte Carlo par chaîne de Markov) ou non (comme avec techniques variationnelles par exemple), les modèles hiérarchiques, les méthodes d'apprentissage, etc. La question du traitement distribué de l'information, dans un réseau de capteurs par exemple, fait actuellement l'objet de nombreuses recherches.

Axe 3 : Reconstruction, restauration 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. Il s'agit de problèmes également récurrents dans la littérature qui présentent en commun un caractère mal-posé et qui nécessitent le recours à des méthodes de régularisation. 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.

3.1.2 Perspectives du thème A

Conformément à la stratégie générale du GdR ISIS exposée plus haut, une partie de l'activité du thème A consiste en l'organisation et l'animation de journées scientifiques. Pour la sélection des problématiques 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 dans des réunions réunissant des spécialistes des domaines concernés. Il est tout d'abord important de souligner que l'animation de journées thématique du GdR est ouverte à tous. Aussi le thème A, comme les autres thèmes, sollicite-t-il les contributions venant de l'ensemble des membres du GdR et couvrant l'ensemble des champs disciplinaires évoqués dans ce document. 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 de spécialistes étrangers.

Afin de dégager de nouvelles perspectives, en vue de l'organisation de journées sur des sujets prometteurs, les responsables du thème A ont fait appel à la communauté en 2011, puis en 2012, pour faire émerger les orientations les plus pertinentes possible pour le thème A. Sont particulièrement remerciés les acteurs de la communauté qui ont contribué par écrit à ces perspectives : Patrice Abry, Pierre Borgnat, Olivier Cappé, Pierre Comon, Cédric Févotte, Patrick Flandrin, Jalal Fadili, Remi Gribonval, Jérôme Idier, Christian Jutten, Philippe Loubaton, Grégoire Mercier, Olivier Michel, Alain Rakotomamonjy, Cédric Richard et Jean-Yves Tournet. Une synthèse de ces retours constitue les perspectives du thème A qui sont résumées ci-dessous.

1. **Traitement de données en très grande dimension** : avec la généralisation de moyens d'enregistrement de données à très grande échelle (réseaux de capteurs, systèmes de surveillance, nouvelles techniques d'analyse en bioinformatique, etc.), les années récentes ont vu émerger de nouvelles applications ayant pour point commun

de présenter des données de grande dimension, souvent en quantité relativement faible. Dans cette situation, par exemple, les approches classiques d'estimation deviennent inopérantes. Il est alors primordial d'utiliser une forme de régularisation éventuellement bayésienne, fondée sur la parcimonie, etc. Il peut être également nécessaire d'envisager des combinaisons de traitement sous optimaux, reposant par exemple sur des observations marginales des signaux disponibles. Aussi ce contexte a-t-il remis au premier plan des problématiques classiques en traitement du signal, car elles soulèvent de nouvelles interrogations ouvertes et importantes. Celles-ci sont aussi bien statistiques qu'algorithmiques, voire informatiques tant la question de savoir comment réaliser les traitements ne peut être envisagée indépendamment de celle qui consiste à définir les traitements eux-mêmes. Sans prétendre à une quelconque exhaustivité, à titre illustratif, on relève des points saillants dans les cadres suivants :

- (a) **L'optimisation et la simulation pour les problèmes de grande taille** est un sujet encore riche, malgré l'investissement récent qui lui a été accordé. Une partie des recherches se concentre sur les critères non-différentiables et un autre va vers la recherche d'algorithmes permettant de sortir du cadre convexe. Le cas des modèles directs non linéaires est spécialement intéressant, et spécifiquement celui de la tomographie de diffraction. Un autre aspect, lié au précédent, concerne le développement d'algorithmes de simulation adaptés aux grandes dimensions. Dans ce cas, il est souvent intéressant de construire des méthodes s'inspirant des algorithmes d'optimisation, par exemple en utilisant une approximation locale de l'énergie. Exploiter ces propriétés locales comme le gradient où le hessien est très classique en optimisation, moins répandu en simulation. La famille des méthodes de type « Hamiltonian MCMC » exploite ces idées mais les techniques de pré-conditionnement ou de régions de confiance, semblent tout à fait absentes des outils de simulation.
- (b) Les **grandes matrices aléatoires** font l'objet depuis une quinzaine d'années d'un très grand regain d'intérêt de la part des probabilistes. Il reste cependant à effectuer beaucoup de travaux dans le domaine des statistiques pour ces grandes matrices. Cette problématique apparaît naturellement lorsque l'on est confronté à des séries temporelles de grande dimension dont le nombre d'échantillons observés est du même ordre de grandeur que la dimension de ces échantillons. De tels contextes se rencontrent fréquemment dans le domaine du traitement d'antennes, des réseaux de capteurs, des séries financières, des communications numériques, etc. Des problèmes aussi élémentaires que la détection d'un signal déterministe ou aléatoire noyé dans du bruit, ou les techniques de type sous-espace doivent être reconsidérées dans ce contexte. La mise en évidence de tests et estimateurs consistants, et l'analyse de leurs propriétés asymptotiques sont évidemment des questions importantes pour la communauté. Si quelques travaux ont permis d'obtenir des résultats dans cette direction, il reste encore des avancées importantes à accomplir tant sur le plan pratique que théorique. Les techniques mathématiques utilisées mettent en jeu les diverses approches permettant d'analyser le comportement des éléments propres des grandes matrices aléatoires, qui, dans la plupart des cas, doivent être adaptées à de nouvelles situations.
- (c) La **factorisation en matrices non-négatives** (NMF : *nonnegative matrix factorization*) est une technique de décomposition matricielle générant une forte

activité dans les domaines de l'apprentissage statistique et du traitement des signaux et des images depuis une dizaine d'années. Cette technique a donné lieu à des résultats spectaculaires par exemple en séparation de sources musicales, en reconstruction de pixel manquants (*inpainting*), en reconnaissance de matériaux, en imagerie hyperspectrale, etc. Le problème de la NMF comporte aujourd'hui de nombreuses questions ouvertes liées à la définition d'algorithmes d'optimisation à convergence globale, à l'étude des conditions d'identifiabilité de la factorisation, ainsi qu'au choix de modèle (essentiellement par la fonction coût utilisée dans la factorisation et l'estimation du nombre de composantes), notamment dans les applications utilisant de grandes masses de données.

- (d) La disponibilité de très grands volumes de données a également remis au premier plan l'une des problématiques fondatrices du traitement du signal qui est celle du **traitement incrémental** (ou adaptatif, ou encore en ligne). L'idée est ici d'estimer des caractéristiques pertinentes des données en renonçant à disposer de toutes celles-ci simultanément. Par rapport aux travaux fondateurs en traitement du signal, dans lesquels les modèles utilisés restaient assez simples, le principal défi consiste ici à être capable de mettre à jour les estimations de façon adaptative dans des modèles beaucoup plus complexes. On évoque notamment les modèles bayésiens à données latentes, hiérarchique ou graphiques, etc.

2. **De l'analyse à la décision** : on assiste dans de nombreux domaines au remplacement graduel de dispositifs passifs, qui se contentaient d'enregistrer des données ou de les communiquer selon un protocole pré-établi, par des dispositifs intelligents dotés de capacités propres de traitement et de communication. Il s'agit là d'un exemple pour une tendance sensible que connaît récemment nombre d'applications, où le dispositif est apte à effectuer plusieurs des actions suivantes : mesurer, analyser, décider, agir et communiquer. Sans chercher à atteindre ce degré extrême d'intégration, dans les pas de l'apprentissage statistique, on note l'apparition de méthodes de traitement du signal où l'analyse, l'extraction d'information et leur exploitation sont directement pilotées par les données elles-mêmes. En voici deux exemples.

- (a) Pour de nombreuses applications (radio cognitive, *smart grid*, localisation et cartographie simultanée en robotique, etc.), même si les questions classiques du traitement de signal (analyse, détection, estimation) restent tout à fait pertinentes, on constate la nécessité de coupler le traitement des mesures et la prise de décision. Dans le domaine des réseaux de capteurs par exemple, il peut s'agir du choix de nœuds du réseau à activer pour prolonger la longévité du système, ou encore du déplacement d'entités mobiles pour améliorer les performances de la fonction de surveillance. Ces questions impliquent une ouverture nécessaire et novatrice du domaine du traitement des signaux et des images vers des domaines connexes, comme l'apprentissage par renforcement, la recherche opérationnelle, la théorie des jeux, etc.
- (b) Certaines méthodes d'analyse pilotées par les données (*Empirical Mode Decompositions* (EMD) et généralisations, construction automatisée de dictionnaires en apprentissage, pour la parcimonie, etc.) font l'objet d'une attention particulière en raison des questions algorithmiques et théoriques qu'elles suscitent. Dans ce contexte par exemple, les méthodes de décomposition de signaux ou d'images en des composantes structurelles de type « tendances et fluctuations »,

« motifs et textures » sont des axes de recherche qui semblent prometteurs.

3. **Des modèles plus élaborés** : Dans la continuité des deux types de décompositions qui viennent d'être évoqués, on note une activité constante sur la recherche de modèles toujours plus complexes dans des domaines devenus classiques pour la discipline. Citons par exemple les pistes de recherche suivantes.
 - (a) Si l'**invariance d'échelle** dans le cadre univarié est maintenant bien balisée, sa généralisation au cas multivarié pose de nombreuses questions (définition d'un modèle multivarié d'autosimilarité, test d'autosimilarité multivarié). La notion d'invariance d'échelle dans un contexte non gaussien mériterait également d'être approfondie, sous une forme monovariée et multivariée. Les enjeux liés à ces nombreuses questions sont particulièrement importants pour les applications en traitement d'image.
 - (b) **En séparation de sources**, l'exploitation de modèles non linéaires suscite des questions d'ordres théoriques (identifiabilité, séparabilité, etc.) et pratiques, tout comme l'exploitation de représentations tensorielles. Enfin, certaines applications telles que l'imagerie hyperspectrale ont suscité un regain d'intérêt quant à l'exploitation d'a priori tels que la positivité et la parcimonie.
 - (c) Dans le domaine des **représentations parcimonieuses**, la prise en compte de différents types de structures de données (graphes ou variétés sous-jacentes, etc.) constitue un verrou. La notion de parcimonie structurée mérite également une attention particulière, tout comme son exploitation dans des domaines classiques du traitement des signaux et des images (filtrage adaptatif, séparation de sources, etc.).
 - (d) La **Décomposition tensorielle** peut être vue comme une version discrétisée de la décomposition d'une fonction multivariée en combinaison linéaire de produits de fonctions univariées. Elle intervient dans de nombreux problèmes d'analyse de données. Notamment en traitement du signal, elle permet de décomposer un signal reçu sur un réseau de capteurs en somme de signaux source issus de directions différentes. Contrairement à l'approche plus classique basée sur les statistiques d'ordre deux, cette approche déterministe ne requiert pas la connaissance de la réponse de l'antenne, et garantit l'unicité de la solution si le nombre de signaux source n'est pas trop important. Cependant, de nombreux problèmes théoriques concernant les décompositions tensorielles restent ouverts aujourd'hui. D'une part l'existence et l'unicité relèvent en grande partie de la géométrie algébrique. D'autre part sur le plan algorithmique, lorsque le problème est bien posé, il s'agit en général de trouver le minimum global d'un polynôme coercif en un grand nombre de variables. Il n'existe pour l'instant que des solutions sous-optimales.
4. **Systèmes complexes et traitement de données sur des graphes** : Un système complexe est défini à partir d'un ensemble de séries temporelles, acquises en un nombre important de « capteurs » ou de « nœuds » dédiés à une tâche commune. La notion de capteurs peut être prise au sens propre, ou bien nécessiter des définitions reposant sur des a priori topologiques ou fonctionnels par exemple, comme dans le cas des zones cérébrales. La définition même de ces nœuds dépend de la définition des interactions entre ces derniers (échange de données effectif, existence d'une information mutuelle, d'une corrélation entre les observations sur chaque nœud).

- (a) Un axe d'étude important est **l'identification et l'analyse d'un système à l'aide d'un graphe de connections**. Il existe de nombreuses études sur le sujet, souvent limitées à une caractérisation des liens entre nœuds grâce à une approche par paire. Une vision plus globale est toutefois nécessaire, et pose la question de la définition des relations entre les composantes : nature de la dépendance, directionnalité, causalité, etc. L'estimation de ces modèles graphiques reste souvent difficile.
- (b) Un deuxième enjeu est le développement d'**outils adaptés à des réseaux pouvant être évolutifs** dans leur structure, ou dans les informations échangées, en abordant par exemple les sujets suivants : descriptions et modélisations dynamiques, caractérisation multi-échelles et/ou non stationnaires de ces systèmes.
- (c) Un troisième volet concerne **l'exploitation de ces graphes dans des cadres applicatifs**, pour les problèmes de surveillance, la distribution d'énergie, l'étude des réseaux sociaux, etc.

3.1.3 Actions proposées

Le thème A souhaite garder une grande réactivité en ne fonctionnant pas uniquement par des Actions avec des responsables identifiés. De manière à pouvoir répondre aux demandes de la communauté sur des sujets ponctuels, le nombre d'Actions reste volontairement limité. En particulier, certains sujets de recherche seront soutenus dès le début du nouveau mandat du GdR car ils ont récemment suscité un intérêt certain de la part de la communauté et du Club des Partenaires, sans pour autant constituer des Actions dans l'immédiat. Il s'agit de :

- Systèmes radars et traitements,
- Fusion en traitement des signaux et des images,
- Décompositions tensorielles pour le traitement des signaux et des images.

Les Actions retenues jusqu'à la prochaine assemblée générale à mi-parcours pour l'activité du thème A sont les suivantes :

1. Action Apprentissage

Animateur(s): Olivier Cappé (DR CNRS, LTCI, Paris), Pierre Chainais (MCF, LAGIS, Lille), Zaïd Harchaoui (CR INRIA, INRIA, Grenoble).

Description : L'apprentissage automatique (ou machine learning en anglais) 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 « Apprentissage » au sein du GdR ISIS 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 est envisagé 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 de l'Action Apprentissage 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 (problématique dite également d'apprentissage de dictionnaire), la question des données structurées (flux temporels, graphes, etc.), les modèles parcimonieux (y compris dans leur utilisation pour l'acquisition de données), les algorithmes adaptatifs, les méthodes séquentielles (détection de ruptures notamment), ainsi que les méthodes d'apprentissage distribuées.

2. Action Optimisation

Animateur(s): Nelly Pustelnik (CR CNRS, Laboratoire de Physique, ENS de Lyon), Said Moussaoui (MCF, IRCCyN, Nantes).

Description : De nombreuses problématiques de traitement des signaux et de l'image telles que la séparation de sources, la restauration d'images 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 ℓ_1 ou nucléaire. Une grande activité de recherche émane de ces sujets et de nombreuses questions sont soulevées. Un premier axe de recherche 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 d'intérêt 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 régularisation ℓ_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 à travers la précédente Action « Problèmes inverses », requiert l'exploitation d'outils de calcul parallèle mais également des méthodes nécessitant un faible nombre d'évaluations du critère/gradient.

3. Action Méthodes de simulation stochastiques

Animateur(s): Gersende Fort (DR CNRS, LTCI, Paris) et François Septier (MCF, Télécom Lille1 / LAGIS, Lille).

Description : Les méthodes de simulation Monte Carlo sont des outils numériques pour la résolution de problèmes inverses. Ces méthodes sont par exemple utilisées pour l'exploration de lois de probabilités dans une approche bayésienne des problèmes inverses, ou pour la restauration de données manquantes dans l'analyse de modèles partiellement observés. 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, communications numériques, 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 aussi de les rendre robustes 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 « Méthodes de simulation stochastique » est tout d'abord de veiller à développer des échanges avec la communauté Statistique pour les développements méthodologiques des algorithmes de simulation Monte Carlo ; et la communauté Optimisation qui partage des problématiques communes (optimisation stochastique basées sur des méthodes de Monte Carlo ; contexte multimodal ; techniques « mutation/sélection » pour l'amélioration de l'efficacité des méthodes de Monte Carlo). 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.

4. Action *Estimation et détection en grande dimension*

Animateur(s): Jamal Najim (CR CNRS, IGM, Marnes-la-Vallée), Romain Couillet (MCF, Supélec), Emmanuel Duflos (PR, Ecole Centrale de Lille).

Description :

Les statisticiens sont de plus en plus fréquemment confrontés à de grands jeux de données à traiter. 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 des images et des communications numériques, a fait l'objet dans ces dernières années de nombreux travaux, ayant abouti à des résultats mal diffusés dans la communauté.

L'Action « Estimation et détection en grande dimension » aura plusieurs objectifs : accompagner le développement actuellement rapide de l'estimation et 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,...) et organiser des séances tutorielles ; identifier les besoins spécifiques de la communauté dans ce domaine et l'expertise présente autour du GdR ISIS, enfin susciter des interactions entre statisticiens, probabilistes, et spécialistes du traitement du signal et des communications numériques. Les aspects communs et complémentaires avec d'autres thématiques comme la représentation parcimonieuse de données seront abordés.

5. Action *Signaux & Images sur graphes*

Animateur(s): Pierre Borgnat (CR CNRS, Laboratoire de Physique, ENS de Lyon).

Description : Cette Action s'intéressera aux zones de rencontre entre le traitement des signaux et des images et les études des graphes et réseaux. Dans de nombreux contextes d'application, 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 une 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 images) sur graphe autant que des traitements des graphes eux-mêmes attirent une nouvelle activité. Par la suite, 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 pourra être exploré en lien avec les autres Actions de ce thème.

3.2 Thème B : Image et Vision

DSA : François Goudail (PR 63 Institut d'optique UMR 8501), Frédéric Devernay (CR INRIA LIG UMR 5217), Ludovic Macaire (PR 61 LAGIS UMR CNRS 8219), Jenny Benois Pineau (PR27 LABRI UMR 5800)

3.2.1 Présentation générale du thème B

Le thème B fédère l'ensemble des acteurs sur les thématiques « Image et Vision » Nous avons choisi de l'organiser autour de 4 axes, dont chacun traite d'un aspect de la chaîne de l'image, en allant du capteur jusqu'à l'extraction d'information de haut niveau.

1. Techniques de formation et de traitement des images en aval immédiat du capteur, en forte interaction avec la physique des scènes observées et les propriétés des systèmes d'imagerie (axe 1) ;
2. Analyse de scène par ordinateur, en particulier les nouveaux modèles mathématiques, notamment les géométries, permettant la structuration des contenus 3D et dynamiques (axe 2) ;
3. Systèmes de vision intégrant des aspects perceptifs et cognitifs (axe 3).
4. Gestion des masses de données images et vidéos aussi bien sur le plan de la pertinence de la description de leur contenu que sur les méthodes de reconnaissance et de recherche à base de nouvelles approches en apprentissage (axe 4) ;

Cette structuration s'intègre bien dans le plan stratégique du CNRS, en particulier dans l'objectif 4 : « fédérer les disciplines et les compétences ». En effet, chacun des axes correspond à des communautés bien identifiées, mais qui partagent beaucoup d'outils communs. Elle favorise également l'interaction avec d'autres GdR (comme I3, IG, MIA, Vision, IM, etc.) et avec le club des Partenaires, qui est fortement investi dans ce thème riche en enjeux socio-économiques. Notre souhait est également de donner à la communauté française une visibilité internationale par des participations à des groupes de travail internationaux au nom du GdR (VQEG, TRECVID, division 8 « Image technology » de la CIE, JPEG et MPEG).

Axe 1 : Physique, capteurs, traitements (Axe commun avec le GDR Ondes)**DSA : François Goudail (PR Institut d'optique UMR 8501)**

Aujourd'hui, le développement et l'exploitation de toute modalité d'imagerie fait intervenir de manière simultanée l'instrumentation, qui permet d'acquérir le signal, le traitement du signal, qui permet d'extraire l'information utile, et la physique qui permet d'interpréter les mesures et d'en suggérer de nouvelles. Aujourd'hui, un imageur n'est donc plus simplement un instrument mais un système complet. Les méthodes de traitement d'images dit « bas niveau » (c'est à dire dont la donnée de départ est le pixel ou plus généralement le signal de sortie du capteur) 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.** Ses thématiques ont également vocation à favoriser les interactions avec les partenaires industriels, les autres thèmes du GdR (comme le thème A, en particulier l'action « Problèmes inverses »), ainsi que d'autres GdR tournés vers les applications (STIC-Santé) ou les mathématiques appliquées (MIA).

Axe 2 : Vision, géométrie 3D, mouvement**DSA : Frédéric Devernay (CR INRIA LIG UMR 5217)**

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).

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. 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.

Axe 3 : Systèmes de vision, perception et connaissance**DSA : Ludovic Macaire (PR 61 LAGIS UMR CNRS 8219)**

Il s'agit d'étudier comment l'information couleur peut être exploitée pour une analyse automatique des images ou des vidéos. Même si cet axe privilégie le domaine spectral du visible, une attention particulière sera portée au domaine dit multi-spectral proche, source notamment de nombreuses applications médicales. Par ailleurs, la combinaison avec d'autres modalités sera étudiée afin d'améliorer les performances des algorithmes de traitement des images couleur.

Dans cet axe, l'utilisateur est placé au centre de la chaîne de traitement des images. Ceci nous conduit à intégrer des modélisations de la perception et de la connaissance dans le développement des approches d'analyse d'images. Cette démarche est notamment suivie pour l'évaluation de la qualité des images, des vidéos ou des données 3D.

Cette thématique demande des compétences pluridisciplinaires en lien avec d'autres GdR (Vision ; STIC-Santé) et les autres thèmes du GdR ISIS, en particulier le thème D.

Axe 4 : Recherche d'information et masses de données Image et Vidéo**DSA : Jenny Benois-Pineau (PR 27 LABRI UMR 5800)**

Les objectifs scientifiques de cet Axe visent à faire avancer la recherche nationale sur le plan de 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, leur hétérogénéité, pour faire bénéficier la communauté « image » des avancées scientifiques dans le domaine du traitement et de la recherche d'information classique. 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 demande sociétale en analyse, compréhension et recherche d'information médicale demandent une collaboration pluridisciplinaire avec notamment le GdR STIC-Santé.

3.2.2 Perspectives du thème B

Axe 1 : Physique, capteurs, traitements L'objectif de cet axe est l'amélioration des techniques de traitement d'images bas niveau en relation avec la physique des phénomènes observés et les propriétés des capteurs. De par son positionnement scientifique pluridisciplinaire, cet axe souhaite poursuivre sa stratégie d'interaction avec les autres thèmes du GdR ISIS, les autres GdR, d'autres organismes ou sociétés savantes, ainsi que les partenaires industriels. Cela lui permet d'assurer une large audience aux journées et renforce le dialogue entre les différentes communautés.

La capacité à traiter à la fois de questions liées à la physique des capteurs, de problèmes mathématiques théoriques profonds, de méthodes de traitement d'images et de leurs applications à différentes modalités, est un atout de cet axe, qu'il convient de renforcer et de cultiver. Lors des journées, on insistera sur la présence de chercheurs seniors pour des exposés tutoriels et des contributions de jeunes chercheurs pour promouvoir l'interaction et présenter l'état de l'art sur des domaines qui évoluent extrêmement vite.

L'axe s'articulant autour de deux Actions aux objectifs complémentaires, nous précisons maintenant les perspectives de chacune de ces Actions.

Extraction d'information et physique des images Le mode d'action principal de cette Action consistera à organiser chaque année les journées de travail appelées « Journées d'imagerie optique non conventionnelle » (JIONC) qui réunissent des acteurs du monde académique et de l'industrie. Organisées à l'ESPCI à Paris, elles connaissent un succès qui démontre la vitalité de cette communauté. Elles sont co-organisées par les GdR ISIS et ONDES et parrainées par le club EEA et la société française d'optique, ce qui permet d'élargir l'audience et de faire ainsi mieux connaître les activités du GdR ISIS.

Autour de cet événement régulier et fédérateur de la communauté, l'Action compte également organiser des journées plus spécialisées sur des domaines applicatifs (imagerie médicale, défense), des modes d'imagerie particuliers (imagerie polarimétrique, imagerie radar), ou des approches conceptuelles fédératrices (*computational photography*), en collaboration avec d'autres thèmes et d'autres GdR. Dans tous les cas, l'objectif sera de favoriser l'échange d'information sur les avancées dans les domaines de l'imagerie et du traitement d'images, et de développer le dialogue et les collaborations entre les équipes.

Images et télédétection L'objectif est de créer une dynamique au sein des laboratoires de traitement d'images travaillant sur des données de télédétection autour de nouvelles méthodologies émergentes (qu'elles soient liées à la spécificité des données ou non). Parmi les thèmes fédérateurs, on peut retenir les thèmes suivants :

- Fusion des données de télédétection
- Télédétection et les risques environnementaux
- Fouille de données de télédétection

A ces thèmes de journées susceptibles d'être organisées par le GdR ISIS en collaboration avec le CCT-TSI du CNES, s'ajoute la poursuite des échanges avec des communautés actives dans des domaines connexes au traitement d'images pour l'observation de la Terre, en particulier la communauté liée à la physique de l'image (GdR Ondes, . . .), celle liée à la géomatique (GdR MATIS) et l'informatique (GdR I3) et les acteurs du domaine de la télédétection (SFPT, PNTS, . . .). Ces échanges se traduisent par la participation à des rencontres souvent pluridisciplinaires et pourront donner lieu à l'organisation d'événements communs.

Axe 2 : Vision, géométrie 3D, mouvement L'évolution clairement visible, notamment dans les sujets développés lors des journées thématiques, est vers des applications des techniques géométriques et mathématiques issues de la vision par ordinateur menant vers plus d'interactivité, avec des développements liés aux interfaces homme-machine et à la robotique autonome. La vision par ordinateur a toujours été considérée comme un moyen de résoudre ces problèmes liés à d'autres disciplines, mais ce n'est que récemment qu'on a vu apparaître une véritable convergence qui montre qu'on peut obtenir, grâce à la vision, des résultats enfin utilisables dans des applications qui nécessitent fiabilité, précision, et rapidité d'exécution.

Une autre tendance observée est l'intégration de méthodes d'apprentissage automatique (machine learning) au cœur des algorithmes qui utilisaient auparavant essentiellement une modélisation mathématique des informations a priori, notamment les méthodes de suivi 2D ou 3D et la modélisation des mouvements d'objets déformables comme le visage ou le corps humain.

D'autre part, la diversité et la complexité des types de scènes étudiées est en forte croissance : environnements figés ou dynamiques, en intérieur ou en extérieur, objets articulés,

déformables, ou possédant des propriétés optiques rendant leur reconstruction difficile (transparence, réflectance non lambertienne), corps et visages présentant des expressions variées, etc. Cette diversification des scènes traitées enrichit de manière continue les problèmes à résoudre, et aboutit le plus souvent à de nouvelles solutions scientifiques. Les journées thématiques du GdR sont l'occasion de présenter ces nouvelles solutions et d'envisager les nouvelles voies à poursuivre.

Axe 3 : Systèmes de vision, perception et connaissance Cet axe mobilise les recherches autour de l'image couleur et des systèmes complexes de vision. Toutefois, se restreindre aux seules informations colorimétriques limite les performances des algorithmes d'analyse d'images et de vidéos. Il semble opportun d'élargir l'analyse des images couleur aux dispositifs multi-modaux, c'est-à-dire de combiner la couleur avec des modalités supplémentaires. L'apport de bandes spectrales proches du visible telles que RGB+infrarouge, RGB+Multispectral proche, permet de traiter des problèmes posés notamment par l'imagerie médicale et du végétal. Cet apport pose alors le problème de la représentation des différents attributs caractérisant les pixels. Les techniques d'apprentissage doivent également être adaptées à des représentations parcimonieuses de ces données.

Les modalités peuvent également porter sur la notion de profondeur ou sur les modèles 3D fournis par des dispositifs basés sur la triangulation. La nature complémentaire des informations de profondeur et visuelles ouvrent de nouvelles opportunités pour résoudre des problèmes de vision par ordinateur, tels que la reconnaissance d'objets et d'activité, la cartographie de scènes 3D, la biométrie... La seule analyse des images couleur n'est pas toujours efficace quand les conditions d'éclairage varient ou quand la scène observée est complexe. La combinaison de la profondeur et des couleurs peut fournir de nouvelles solutions à ces problèmes, car la segmentation des objets basée sur la profondeur se révèle robuste aux changements des conditions d'acquisition. Par ailleurs, la précision de l'identification/suivi d'objet peut être améliorée en considérant conjointement la profondeur, le mouvement et l'apparence visuelle des objets.

Ces problématiques sont les fruits des efforts de recherche et de développement sur les technologies 3D qui ont augmenté de manière significative au cours des dernières années, couvrant toute la chaîne de traitement de la capture à l'affichage. Aujourd'hui, beaucoup d'experts prédisent que la 3D représente le futur des média comme la télévision, Internet... A ce jour, il n'existe pas de processus d'acquisition unique pour les données 3D et des études doivent être consacrées à la définition de paradigmes subjectifs et des mesures objectives pour évaluer la qualité et pour prédire la qualité de l'expérience. Cependant, une partie non négligeable de la population subit une forte gêne visuelle lors de la visualisation d'images en 3D. La démarche sur la qualité d'expérience tente justement de prendre en compte ces problèmes de gêne visuelle en plus de la qualité de la scène. La qualité d'expérience ne se limite pas aux données 3D, elle est également associée à la visualisation de scènes 2D.

La qualité pour la compression et la transmission des images et vidéos doit être approfondie, car de nouvelles problématiques liées au caractère multi-spectral, telles que la notion de saillance visuelle ou la visualisation d'images multi-spectrales émergent. Enfin, la qualité de données biométriques mérite d'être abordée dès lors qu'un capteur « image » est utilisé.

Dans cet axe, ces problèmes seront abordés en intégrant des processus de modélisation des connaissances et des systèmes d'analyse qui prennent explicitement en compte le rôle et l'action de l'utilisateur dans la boucle de traitements ou d'évaluation de la qualité des images. Cela s'appuie sur la modélisation du comportement de l'utilisateur et de sa per-

ception de la scène. Comme le traitement bas niveau (filtrage, segmentation, dématricage, compression) des images couleur et multi-variées tente de s'approcher de la perception du système visuel humain, de nouvelles démarches tentent d'aborder conjointement les nouveaux modèles mathématiques et perceptuels.

Axe 4 : Recherche d'information et masses de données Image et Vidéo Le positionnement de l'Axe 4 sur un domaine de recherche pluridisciplinaire aussi bien en Signal et Image qu'en interaction avec les sciences de l'information telles que la recherche de l'information, l'analyse de données ainsi qu'un vaste champ applicatif et très évolutif ces dernières années assurent un grand intérêt et une participation active de la communauté de recherche nationale aux journées et Actions menées.

On assiste aujourd'hui à un élargissement et un renforcement des besoins sociétaux en interprétation et en recherche d'information qui deviennent hétérogènes (visuelle, audio, données textuelles). Ces évolutions nous conduisent à proposer d'une part la poursuite de l'animation de la recherche selon les thématiques représentés par les Actions « Indexation et recherche d'information multimédia (IRIM) » et « Recherche et fouille : passage à l'échelle » et d'autre part de remplacer l'Action « Segmentation, structuration et interprétation des images et des objets vidéo » par une nouvelle Action « Recherche et indexation d'information médicale ».

En ce qui concerne l'Action « Recherche et Indexation d'information multimédia (IRIM) », le renforcement de ces activités depuis 2010, une mobilisation croissante des équipes de recherche nationale en indexation et recherche de l'information multimédia autour des campagnes d'évaluation TRECVID, la visibilité accrue du consortium IRIM sur le plan international et les résultats en forte augmentation, nous font poursuivre cette voie. Sur le plan méthodologique nous continuerons la réflexion sur les descripteurs locaux pour les problèmes d'indexation et de recherche d'information image et vidéo. Par ailleurs, la diversité de contenus vidéo en provenance de capteurs vidéo en mouvement font pousser la réflexion sur la prise en compte du mouvement et de la saillance visuelle spécifique et de la qualité perçue dans des méthodes d'indexation.

De même, poursuivre l'étude des systèmes d'apprentissage. Les rapprochements des domaines de la Vision et de l'Apprentissage conditionneront assurément la réussite de ces investigations. L'expérience des campagnes TRECVID nous a montré que les méthodes efficaces de fusion de données, aussi bien dans l'espace de description que dans l'espace de la décision, est un facteur clé pour augmenter les performances des méthodes d'indexation et de recherche de l'information multimédia que cela soit pour la reconnaissance de concepts ou recherche des objets dans des documents vidéo/image. Ainsi une attention particulière sera portée sur les méthodes de fusion déterminantes pour mieux exploiter la diversité de la description initiale et dimensionnalité des descripteurs.

En ce qui concerne l'Action « Recherche et fouille : passage à l'échelle », avec la croissance de la quantité et de données visuelles et leur complexité suivant quasiment la loi de Moore, les questions de la description compactée et de recherche approximative restent primordiales pour passer outre le goulot d'étranglement des outils d'indexation : le coût de calcul sur des masses de données et dans des espaces de description de grande dimension. Les présentations et discussions faites lors des journées organisées durant la période du bilan ont montré que la recherche par similarité concentrait la quasi-totalité des efforts pour le passage à l'échelle. Des travaux réalisés dans la communauté ont néanmoins traité des problèmes de recherche itérative avec contrôle de pertinence, ainsi que des problèmes de fouille de données multimédia. Ces problèmes devront être abordés de façon plus affir-

mée dans l'étape suivante.

Les progrès récents dans le domaine du passage à l'échelle ont exploité différentes techniques d'approximation, par exemple par un filtrage préalable. Ces techniques peuvent être facilement appliquées à des descriptions simples, vectorielles. Néanmoins, la nature des problèmes de recherche par le contenu, de reconnaissance ou de fouille incitent à utiliser des représentations plus complexes, structurées, du contenu. De nouvelles techniques d'approximation ou de filtrage, capables de traiter de telles représentations, doivent être définies. Ces questions seront également mises en avant dans l'étape suivante.

La nouvelle Action « Recherche et indexation d'information médicale » conjointe avec le GdR STIC-Santé se focalisera sur les contenus spécifiques des images médicales, dans la continuité des journées d'animation que l'Action « Segmentation, structuration et interprétation des images et des objets vidéo » a mené conjointement avec GdR-STIC Santé. Les thématiques de recherche seront concentrées autour de deux grandes thèmes mutuellement complémentaires et liés : segmentation et recalage des images médicales d'une part et d'autre par Recherche et indexation de l'information médicale. L'indexation basée sur le contenu vise à extraire directement l'information pertinente à partir de l'image. Chaque image peut être donc représentée par un ensemble de caractéristiques. La segmentation des images est un moyen efficace pour extraire des caractéristiques dans de nombreux cas, notamment dans les images médicales. Durant ces dernières années l'imagerie médicale a beaucoup évolué. L'imagerie multimodale est une particularité dans ce domaine. On peut citer l'IRM multi-séquences, le PET-Scan, la PET multi-traceur. La fusion des informations est primordiale pour obtenir une description pertinente du contenu. Bien que de nombreux travaux y ont été consacrés, le recalage des images de différentes modalités reste encore un problème ouvert, notamment quand il s'agit d'images en 3D. Dans le contexte de la santé, on dispose souvent de connaissances a priori qui sont une source d'informations importante pour améliorer le traitement des données. Le problème qui se pose est de savoir comment les intégrer de manière efficace dans les algorithmes de traitement afin de compenser la mauvaise qualité des images. Des réflexions approfondies doivent donc être menées dans le cadre de la fusion des informations, du recalage des images, de la modélisation et de l'intégration des connaissances a priori afin de développer des méthodes permettant d'extraire, de manière robuste et précise, l'information dans l'image. La recherche sur les données médicales (textes, images, dossier médical, etc.) est importante en France. De nombreux laboratoires ou équipes en font soit le cœur de leurs travaux, soit l'application cible de recherches plus théoriques ou générales. Ainsi le domaine de l'analyse d'images médicales existe en France par exemple au travers de laboratoires dédiés à ce domaine comme le laboratoire CREATIS à Lyon, ou au travers de nombreuses équipes de recherche ayant pour thématique l'analyse d'images. Ce domaine est également représenté par de nombreuses conférences spécialisées comme *International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI)*.

Il existe aussi en France une communauté relativement importante sur le document médical textuel par exemple à Grenoble (LIG) ou au LIMSI à Orsay ainsi que des conférences (par exemple la conférence AIME⁷) liées à ce domaine.

Par ailleurs, à l'international, il existe également une communauté de chercheurs ainsi qu'une campagne d'évaluation dédiées à l'analyse, l'indexation et la recherche de documents médicaux multimédia : CLEF Médical. Les résultats de ces campagnes d'évaluations

7. <http://www.aimecmedicine.info/aime13/>

sont par la suite publiés. Par exemple, en 2011, il y a eu 17 groupes de recherche qui ont participé à la tâche Médicale de CLEF. Parmi ces 17 groupes, la France était représentée par seulement deux groupes universitaires (Grenoble et Lyon). Les autres participations étaient relatives à l'Espagne (4 groupes), et aux USA (3 groupes), les autres pays étant la Chine, la Suisse, la Grèce, la Belgique et la Turquie. La faible participation d'équipes françaises à cette compétition peut s'interpréter de différentes façons : d'une part peut-être n'existe-t-il que peu de travaux qui unissent les données multimédia médicales comme le texte et les images, d'autre part la difficulté pratique de répondre à ces campagnes d'évaluations qui nécessitent un grand investissement expérimental.

Ainsi, nous proposons que le GdR ISIS favorise le partage de connaissances entre les différentes communautés précédemment citées, en organisant une participation commune à une campagne d'évaluation internationale comme la piste Médical de CLEF. Par ailleurs il est intéressant de noter que la conférence MICCAI 2012 a organisé en Octobre un workshop sur le thème (Medical Content-based Retrieval for Clinical Decision Support), où sans doute la participation du GdR ISIS pourrait également amorcer des travaux de recherche concertés.

Dans cet axe, ces problèmes seront abordés en intégrant des processus de modélisation des connaissances et des systèmes d'analyse qui prennent explicitement en compte le rôle et l'Action de l'utilisateur dans la boucle de traitements ou d'évaluation de la qualité des images. Cela s'appuie sur la modélisation du comportement de l'utilisateur et de sa perception de la scène. Comme le traitement bas niveau (filtrage, segmentation, dématricage, compression) des images couleur et multi-variées tente de s'approcher de la perception du système visuel humain, de nouvelles démarches tentent d'aborder conjointement les nouveaux modèles mathématiques et perceptuels.

3.2.3 **Actions proposées**

Axe 1 : Physique, capteurs, traitements Les activités de l'axe 1 s'articuleront autour de deux Actions principales, reposant sur des communautés solides qui se sont construites lors des précédents quadriennaux. Nous serons également très attentifs à l'émergence de nouvelles thématiques, qui pourront être lancées aux sein de ces Actions pour prendre ensuite leur indépendance.

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

Animateur(s): Vincent Devlaminck (PR 61 LAGIS UMR 8219), Julien Fade (MC 30 IPR UMR 6251), Corinne Fournier (MC 61 LHC UMR 5516).

Description : Les systèmes d'imagerie connaissent depuis quelques années des progrès fulgurants. En raison de l'amélioration constante des capteurs, des composants optiques et des moyens de calcul, de nombreuses mesures physiques, que l'on effectuait autrefois de manière ponctuelle, sont maintenant fournies sous forme d'images. Parmi les nouveaux modes d'imagerie en plein développement, on peut citer l'imagerie optique pour la biologie (fluorescence, imagerie dans les milieux diffusants, etc), l'imagerie satellitaire optique et SAR, l'imagerie polarimétrique, active, interférométrique, holographie numérique, etc. Ces nouveaux systèmes d'imagerie trouvent leurs applications dans de nombreux domaines : télédétection, défense, contrôle industriel, astronomie, sciences du vivant.

Le traitement des images joue un rôle essentiel dans le développement et l'exploitation de cette nouvelle génération de systèmes car c'est lui qui permet d'extraire l'information à partir des mesures. Ce traitement est d'autant plus efficace qu'il prend en compte la physique de la formation de l'image. L'un des axes forts de cette Action est de promouvoir les approches où le système d'imagerie et le traitement d'images sont développés dès le départ de manière conjointe afin d'optimiser le système global. Dans ce but, il convient de susciter un dialogue et des collaborations toujours plus étroites entre les physiciens concepteurs de systèmes d'imagerie et les spécialistes du traitement d'images.

2. Action Images et télédétection

Animateur(s): Emmanuel Trouvé (PR LISTIC Annecy) , Florence Tupin (PR LTCI Paris), Stéphane May (CNES Toulouse).

Description : Le traitement d'images de télédétection regroupe un large champ d'activités, tant au niveau méthodes qu'au niveau applicatif. Les équipes de recherche qui travaillent sur le sujet sont nombreuses. L'objectif de cette Action est de **créer de liens entre les équipes de traitement d'images de télédétection et d'organiser des journées sur des thèmes particulièrement actifs**. Ces thèmes sont 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 a été 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.

Axe 2 : Vision, géométrie 3D, mouvement

1. Action Vision 3D

Animateur(s): Adrien Bartoli (PR ISIT UMR 6284, Clermont-Ferrand), Edwige Pissaloux (PR ISIR UMR 7222, Paris), Frédéric Devernay (CR INRIA LIG UMR 5217, Grenoble).

Description : La vision par ordinateur 3D consiste à reconstruire la géométrie 3D de la scène à partir d'une ou plusieurs caméras optiques, fixes ou mobiles. Les fondements géométriques de ce domaine ont été bien établis à la fin des années 1990 pour des cas simples, c'est-à-dire un petit nombre d'images à traiter, correspondant soit à des points de vues différents, soit à des positions consécutives d'une caméra.

La dernière décennie a vu l'émergence de nouvelles méthodes permettant soit de traiter de grands volumes de données à la volée (c'est notamment le cas du SLAM - *simultaneous localization and mapping*, qui résout deux problèmes simultanément à partir de flots de données capteurs), soit de traiter des problèmes plus complexes en termes de géométrie (modèles de caméras complexes ou scènes déformables), soit de calculer en plus des propriétés géométriques les propriétés photométriques de la scène.

Des journées thématiques pourront donc être organisées autour des thèmes suivants, éventuellement avec les GdR connexes (GdR Robotique, GdR Vision, GdR STIC-Santé, GdR IG) :

- Le SLAM en environnement dynamique (utilisant notamment des capteurs optiques et RGB+Z)

- Le suivi et la localisation 3D d'objets
- Les modèles de scène articulés et déformables
- La mesure physique (métrologie), à la fois géométrique et photométrique
- Les aspects géométriques des modèles de caméras non standard (systèmes catadioptriques, *computational photography*)

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

Animateur(s): Catherine Achard (MCF ISIR UMR 7222, Paris), Patrick Horain (MCF TELECOM SudParis, Evry), Rémi Ronfard (CR INRIA LJK UMR 5224, Grenoble).

Description : 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. Elle s'intéresse notamment à la modélisation statistique des gestes (avec utilisation de méthode d'apprentissage), à la modélisation du visage (forme, apparence, expressions), et à la reconnaissance d'activités et de comportements. Les journées thématiques, éventuellement co-organisées avec les GdR Robotique ou I3 (pour les aspects IHM), seront organisées sur ces thèmes.

Axe 3 : Systèmes de vision, perception et connaissance Les acteurs de l'axe 3 ont concentré les thèmes abordés par les 4 Actions du précédent quadriennal en 2 Actions touchant à l'imagerie couleur au sens large du terme et à l'estimation de la qualité des images et des vidéos.

1. Action *Couleur et dispositifs multimodaux*

Animateur(s): Philippe Carré (PR XLIM-SIC JUR 7252, Poitiers), Olivier Lezoray (PR GREYC UMR 6072, Caen), Alamin Mansouri (MCF LE2I UMR 6306, Auxerre), Frédéric Morain-Nicolier (PR CRESTIC EA 3804, Troyes) .

Description : Cette Action se concentre sur la combinaison de la couleur avec d'autres modalités pour améliorer les performances des traitements. Les dispositifs multi-modaux concernés sont notamment

- l'imagerie multi-spectrale en champ proche,
- les dispositifs couplant l'information couleur avec l'information de profondeur.

Les problématiques abordées seront entre autre :

- réduction de la dimension, sélection des filtres,
- traitements bas niveau : dématricage, filtrage, segmentation,
- reconnaissance des objets, estimation de la réflectance,
- fusion de données multi-modales,
- interaction entre modèles mathématiques et perceptuels,
- traitement des données vectorielles, modèles tensoriels.

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

Animateur(s): Christine Fernandez-Maloigne (PR XLIM-SIC JUR 7252, Poitiers), Christophe Charrier (MCF GREYC UMR 6072, Caen), Hakim Saadane (MCF XLIM-SIC JUR 7252, Poitiers).

Description : Cette Action se concentre sur l'intégration de l'observateur dans la chaîne de traitements et d'évaluation 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,
- les processus de protection des données et des personnes (biométrie, video-protection),
- l'imagerie bio-médicale,
- la métrologie et le contrôle qualité non destructif.

Les Problématiques et enjeux concernent

- les métriques, les protocoles d'évaluation,
- les techniques d'évaluation automatique par apprentissage,
- les mesures de saillance (spatio-temporelle, 3D),
- la qualité d'expérience et intégration de l'observateur dans la chaîne d'évaluation de la qualité.

Axe 4 : Recherche d'information et masses de données Image et Vidéo Les acteurs de l'Axe 4 proposent de poursuivre l'animation de la recherche selon trois Actions. Une d'elles « Indexation et recherche d'information multimédia : IRIM » est en fort progrès et sera poursuivie, deux autres évoluent vers une Action conjointe avec le GdR STIC Santé et une Action qui reflète les changements en indexation et recherche multimédia vers l'intégration des informations de sources multiple, distribuées hétérogènes.

1. *Action Recherche et indexation d'information médicale (conjointe avec le GdR STIC-Santé)*

Animateur(s): Ch.Hamitouche-Djabou, (PR Télécom Bretagne, Brest), F. Rousseau (CR LSIIT, Strasbourg), S. Ruan (PR LitisLab, Rouen), J.-P. Chevallet (MCF LIG, Grenoble) .

Description : Cette Action se focalisera 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 » a mené conjointement avec GdR STIC-Santé. Les thématiques de recherche seront 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.

Par ailleurs, nous proposons que le GdR ISIS favorise le partage de connaissances entre les différentes communautés en analyse et traitement d'image bio-médicale et en recherche de l'information médicale, en organisant une participation commune à une campagne d'évaluation internationale comme la piste Médical de CLEF.

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

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

Description : Sur le plan méthodologique nous souhaitons continuer 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
- méthodes de fusion d'information

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

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

Description :

Cette Action ambitionne de relier les communautés indexation et recherche multimédia, web sémantique et fouille de données. Il s'agit de traitement des données hétérogènes, distribuées, en grande quantité et de grande dimension. Les données multimédia : image, vidéo, signal, y jouent le rôle croissant. L'objectif est de développer des méthodes qui passent à l'échelle et qui soient génériques. Cela permet de relier et de fouiller ce type de données ce qui constitue un enjeu très important et qui sera le fil directeur de cette Action.

3.3 Thème C : Adéquation Algorithme Architecture pour le TDSI

DSA : Guy Gogniat (PR61, Laboratoire Lab-STICC, Lorient), Christophe Jego (PR61, Laboratoire IMS, Talence)

3.3.1 Présentation générale du thème C

Le thème C joue un rôle transversal vis-à-vis des autres thèmes du GdR ISIS qui sont à l'origine des algorithmes à implanter et également vis-à-vis d'autres GdR (notamment le GdR SoC-SiP) 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 et permet d'ouvrir de nouvelles pistes exploratoires, aussi bien en algorithmie qui bien souvent est restreinte par des capacités de calcul limitées, qu'en architecture où des propriétés applicatives peuvent être exploitées. Le coeur de métier du thème C est l'**Adéquation-Algorithme-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. Ce positionnement unique n'existe pas dans les GdR connexes (GdR SoC-SiP, GdR STIC-Santé, GdR Vision) avec une telle diversité de domaines applicatifs et constitue la force du thème C au sein du paysage scientifique français.

La position 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'en identifier les verrous en terme de mise en oeuvre matérielle. Elle vise également à permettre aux algorithmiciens

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 de faible puissance de calcul.

Le thème C vise également à proposer des méthodologies d'évaluation de la qualité des solutions développées, aussi bien en terme de performances (consommation, temps de calcul, embarquabilité, etc.) qu'en terme de respect de contraintes (temps réel, disponibilité des ressources, etc.). Ces méthodologies doivent permettre de mesurer le plus finement possible l'adéquation de l'architecture à l'algorithme et vice-versa.

3.3.2 Perspectives du thème C

L'évolution des systèmes de traitement voit se créer deux grandes catégories de systèmes, une première bien connue est constituée de systèmes possédant une grande puissance de calcul sans prise en compte d'autres contraintes. Une seconde apparaissant jour après jour est la constitution d'une informatique dématérialisée où l'organe central n'est plus l'ordinateur traditionnel mais un ensemble de systèmes nomades coopérants entre eux pour réaliser les traitements liés à une application. Dans ce cas les contraintes sont multiples et ne se résument pas à la seule considération du nombre d'opérations effectuées par seconde.

Les algorithmes de traitement du signal, des communications numériques et des images sont intégrés dans l'une de ces deux catégories selon l'application et son domaine d'utilisation. Des domaines d'applications en plein essor tel que le bio-médical nécessitent des architectures hautement parallèles permettant par exemple de calculer des reconstructions 3D lors d'examen IRM. Dans ce contexte les nouvelles architectures de type GPU (Graphics Processing Unit) ou MPSoC (*MultiProcessor System on Chip*) sont naturellement de bons candidats. L'adéquation entre ces architectures massivement parallèles et des algorithmes souvent séquentiels est loin d'être triviale. Il est, dans ce cadre, nécessaire d'une part d'étudier la synergie existante entre l'algorithme à exécuter et le support d'exécution et d'autre part d'étudier les méthodes permettant une extraction efficace du parallélisme présent dans ces algorithmes.

La démarche de copier le monde vivant, animal généralement, est aussi une des pistes d'exploration architecturale, que cela soit des comportements collectifs de type colonies de fourmis, des modes de fonctionnement de type neurones impulsionnels ou des règles d'évolution comme la réplication ou la différenciation cellulaire. Ces pistes d'investigations permettent d'étudier des paradigmes de calculs jusqu'alors inexplorés et laisse entrevoir des supports d'exécution efficaces pour des algorithmes peu ou pas utilisés, comme ceux basés sur l'utilisation de graphes par exemple, mais aussi pour des algorithmes cognitifs. Ces nouvelles architectures pourraient offrir une meilleure efficacité pour l'exécution de ces algorithmes mais aussi permettre de les améliorer voir d'aider à leur création.

Dans les années à venir le thème C va organiser des journées permettant de débattre de ces sujets dans la lignée des Actions thématiques déjà initiées. Pour traiter ces problématiques scientifiques le thème C sera organisé autour de 3 Actions thématiques :

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

Au delà de ces Actions thématiques, le thème C va initier une Action spécifique visant à créer un « *BENCHMARK* » constitué d'applications du traitement des images et du signal. Ce

« *BENCHMARK* » a pour vocation de mesurer et de confronter les différentes contributions des membres du thème C en les expérimentant sur des applications représentatives et exigeantes du GdR ISIS. La compression bio-inspirée, les calculs de rendu 3D, la radio-cognitive, etc. pourraient être des exemples d'application.

3.3.3 Actions proposées

1. Action *Systèmes bio-inspirés pour le TDSI*

Animateur(s): Michel Paindavoine (PR61, Laboratoire LEAD, Dijon), Benoît Miramond, (MCF61, Laboratoire ETIS, Cergy-Pontoise).

Description : Cette Action vise à étudier les nouveaux paradigmes de calcul basés sur des algorithmes bio-inspirés (pour aboutir par exemple à des mécanismes d'autoconstruction d'architectures) ou sur des réseaux de neurones (afin de traiter la question du passage à l'échelle). La problématique de l'adaptation des systèmes (par exemple pour le domaine applicatif spatial) est également un point central qui sera exploré.

Une collaboration avec le thème D sur le thème compression/codage bio-inspiré est également souhaitée afin de confronter les problématiques et identifier les contributions communes. Pour cela, des journées communes sur le thème des architectures dédiées aux traitements bio-inspirés pour le traitement d'images fixes (principalement) et/ou vidéo sont souhaitées.

2. Action *Capteurs et systèmes de vision*

Animateur(s): Gilles Sicard (MCF63, Laboratoire TIMA, Grenoble), Dominique Gin hac (PR61, Laboratoire LE2I, Dijon).

Description : Cette Action s'intéresse aux capteurs 3D (permettant les traitements intégrés au sein du capteur) et aux architectures massivement parallèles afin d'aboutir à des solutions hautes performances à partir des informations provenant des pixels. La problématique de la faible consommation est également centrale au sein de cette Action et sera régulièrement abordée. Les notions de *smart sensors*, *smart caméra*, *visual sensor network* (traitement distribué) seront également traitées au sein de cette Action avec la volonté d'intégrer des algorithmes intelligents de traitement du signal (décision, classification, etc.) au plus près du capteur.

3. Action *Architectures, méthodes et outils pour le TDSI*

Animateur(s): Fan Yang (PR61, Laboratoire LE2I, Dijon), Daniel Ménard (PR61, Laboratoire IETR, Rennes).

Description : L'objectif de cette Action est d'explorer la problématique des architectures dédiées pour les algorithmes de TDSI. Plusieurs domaines applicatifs nécessitant des architectures dédiées ont été identifiés et seront considérés au sein de cette Action :

- Manipulation de graphes, arbres (donnée hyperspectral)
- Traitement de données volumique 3D (voxellique, données sismiques à manipuler et à traiter, maillage surfacique dense, plusieurs milliards de triangles)
- Télécom (radiocommunication cognitive)
- Compression vidéo (HEVC)

- Biomédical (ECG, EEG embarqué temps réel (embarquabilité, facteur de forme), BAN (*body area network*), interface avec le vivant)

Cette Action a vocation à proposer des journées communes avec les autres thèmes du GdR ISIS afin de coupler les domaines algorithmes et architectures. La problématique des algorithmes, de l'arithmétique et des architectures robustes (tolérance aux fautes) sera également traitée afin de couvrir les besoins croissants de sûreté de fonctionnement et de fiabilité des systèmes électronique. L'approche conjointe algorithmes-architecture est un point original qui sera analysé.

4. Action *Projet transverse BENCHMARK*

Animateur(s): Jean-Christophe Prévotet (MCF61, Laboratoire IETR, Rennes), Lionel Lacassagne (MCF61, Laboratoire LRI, Orsay).

Description : L'objectif de cette Action est d'identifier un ensemble d'applications (méthodes et algorithmes associés de traitement du signal et des images) afin de permettre aux membres du thème C et de façon plus large à la communauté nationale travaillant dans le domaine des architectures numériques de disposer d'un ensemble d'applications leur permettant d'évaluer leurs apports dans le domaine de l'Adéquation Algorithme Architecture. Ce travail doit se dérouler en lien avec les autres thèmes du GdR ISIS afin d'identifier les méthodes et les algorithmes qui pourraient être retenus. Cette Action se veut également transverse dans la mesure où l'objectif est d'identifier des méthodes et les algorithmes associés (appelés *benchmarks*) lors de chaque journée du thème C avec comme objectif dans un délai de 2 ans la mise en place d'une base de données d'applications (avec une journée de restitution). La confrontation des contributions du thème C à travers la mise en oeuvre d'applications complexes représentatives de la diversité des domaines du TDSI est un élément important. Cette Action a pour volonté de traiter cette problématique.

3.4 Thème D - Télécommunications : compression, protection, transmission DSA : Marc Antonini (DR CNRS, Laboratoire I3S, Sophia Antipolis), Veronica Belmega (MCF, ETIS, Cergy), Mérouane Debbah (PR, Supélec, Gif-sur-Yvette), et William Puech (PR, LIRMM, Montpellier)

3.4.1 Présentation générale du thème D

Le thème D fédère les universitaires et les chercheurs qui travaillent sur les couches basses des télécommunications (théories de l'information et de la communication, traitement du signal, codage des données, réseaux radio), sur les problèmes de compression de source (image, vidéo, 3D) et sur la protection des données visuelles par insertion de données cachées (tatouage), par enrichissement du contenu (dissimulation de données, *data hiding*) ou par chiffrement spécifique à ce type de données numériques. Cette communauté représente actuellement plus de 200 chercheurs répartis dans une cinquantaine d'équipes de tailles diverses.

Les thématiques de recherche privilégient la transversalité et suscitent des collaborations avec les autres GdR, en particulier les GdR ASR (à travers les problèmes de communications en réseau), IG (Informatique Graphique pour la compression géométrique et la 3D), IM (Informatique Mathématique), MACS (problèmes de contrôle appliqués aux réseaux), ONDES (à travers les recherches sur les canaux de propagation, ou la conception numérique-analogique), SEEDS (systèmes de distribution électrique), SOC-SIP (systèmes

matériels-logiciels intégrés), et STIC Santé (compression des images médicales, télémédecine).

Les domaines abordés en codage de source et en théorie des communications conduisent à des travaux de recherche amont, mais aussi à des recherches plus appliquées, tournées vers une collaboration étroite avec les partenaires industriels.

Le projet scientifique du thème D est organisé selon deux axes. Pour chacun des axes, nous avons différencié les grandes thématiques actuelles de notre communauté, de celles, émergentes, sur lesquelles la recherche française compte s'investir dans les prochaines années. Cette classification n'a aucun but d'énumération exhaustive, et d'autres thématiques intéressantes peuvent bien entendu contribuer à la création d'Actions au sein du thème D.

Axe 1 : Compression et protection

DSA : Marc Antonini et William Puech 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 multi-échelle, le codage multi-sources, le codage de sources distribués, la protection basée contenu, l'insertion de données cachées, la compression « intelligente » (basée contenu, ROI...), le bio-inspiré, l'ultra HD, les approches conjointes...

Axe 2 : Information et communication : de la théorie à l'ingénierie

DSA : Mérouane Debbah et Veronica Belmega Le domaine scientifique des communications numériques possède son identité propre, centrée sur les théories de l'information et des communications, et en même temps interagit étroitement avec des disciplines diverses telles que les probabilités et les statistiques, le traitement du signal, l'algèbre, la théorie de l'optimisation et d'autres.

Pendant des années, l'essentiel de la recherche en communications numériques se limitait à l'étude des communications dites point à point qui mettent en jeu une seule source de données et un seul récepteur. Dans ce cadre, de grandes avancées ont eu lieu : les limites fondamentales des performances ont été identifiées dans la plupart des contextes d'application, des systèmes d'émission et de réception adaptés à des conditions de transmission diverses ont été proposés et des codes correcteurs d'erreurs dont les performances atteignent pratiquement les limites théoriques ont été inventés. Aujourd'hui, les réseaux de communication sont omniprésents et se doivent de véhiculer des données de natures diverses : petits messages ou fichiers volumineux, images animées, voix, etc. . Les terminaux communicants, mobiles et à fonctions multiples connaissent une diffusion massive. Dans ce contexte, le modèle point à point est largement dépassé. Le modèle-type de communication est celui d'un réseau, commandé ou non par une « intelligence » centrale, et au sein duquel les canaux de communication sont souvent des canaux radio aléatoires. Ces modèles offrent une palette très large de problèmes scientifiques qui vont jusqu'aux fondements de la théorie des communications. Ainsi, les communications en réseau ouvrent de nouvelles voies à la théorie de l'information, que certains à une époque croyaient arrivée à maturité. Par ailleurs, ces modèles de communication conduisent à repenser en profondeur la théorie du codage. Ils suscitent également un effort de recherche important

en traitement du signal, où il s'agit souvent de réexaminer les approches d'estimation et de détection classiques et de les adapter à la nature distribuée des nœuds du réseau.

3.4.2 Perspectives du thème D

Axe 1 : Compression et protection De plus en plus de données numériques visuelles (images, vidéos et objets 3D) sont transmises, archivées et visualisées. Même si les bandes passantes des réseaux continuent à augmenter, nous sommes toujours obligés de passer par une étape de compression. En effet, les exigences des utilisateurs en bout de chaîne sont de plus en plus importantes en souhaitant visualiser ces données de très haute qualité et en temps réel. De même, concernant les aspects protection, de plus en plus de données sont extraites de réseaux sécurisés protégés par des DRM (*Digital Right Management*). De ce fait ces données doivent être protégées à la source par chiffrement spécifique ou insertion de données cachées. Des ruptures dans ces domaines devraient avoir lieu, nous souhaitons les encourager. Des thèmes futurs sont à envisager autour de la compression et la protection de grandes masses de données visuelles 2D, 3D, 4D à haute résolution pour des applications interactives, variées et ambitieuses.

Dans ce contexte, il est important de constater que le nombre de conférences internationales et de workshops internationaux dédiés à la 3D ne cesse de croître. De plus, dans le dernier rapport du ministère de l'industrie (ou du redressement productif) les technologies 3D sont considérées comme l'une des technologies clés des TIC⁸. Le succès des journées de l'Action 3D et de l'école d'été de Peyresq sur la 3D ne fait que confirmer que l'Action « Maillages et animations 3D » a un véritable intérêt fédératif au sein de la communauté GdR ISIS et celle du GdR IG et mérite donc d'être maintenue. Les objectifs à court et moyen terme sont de renforcer l'inter GdR avec IG et de continuer les journées annuelles à Porquerolles.

L'Action « Compression et Qualité » devient « Compression et Perception ». Cette Action favorisera les échanges avec le Thème B (notamment avec l'Action « Qualité image ») et le Thème C, ainsi qu'avec les GdR Vision et MSPC. La perspective principale de cette Action est de s'intéresser plus particulièrement aux problématiques de qualité liées à la compression d'images stéréoscopiques et 3D, grâce à l'intégration de modèles perceptuels et de traitements dits bio-inspirés dans les algorithmes de codage. Des journées sont d'ores et déjà envisagées sur la compression guidée par la perception visuelle et sur les modèles de codage et de qualité bio-inspirés.

Enfin, de part son bilan, nous déduisons le bien fondé de l'Action « Stockage et transmission d'information : application au domaine médical », en ce sens qu'elle a concerné l'étude de sujets totalement d'actualité dont certains offrent de nombreuses perspectives de recherche et adressent des enjeux sociétaux et économiques majeurs. L'intérêt manifesté notamment par le représentant du ministère de la santé en témoigne. Notre questionnement en termes de perspectives s'est situé dans la reconduction d'une Action de ce type à spectre très large avec des recouvrements inter-thèmes et inter-GdR (en particulier avec STIC Santé) importants, ou dans la focalisation sur un ou deux des sujets majeurs mis en évidence lors des précédentes journées. Il a donc été décidé d'arrêter l'Action en tant que telle et de plutôt favoriser des journées thématiques ponctuelles et communes aux différents acteurs du domaine.

8. voir le site <http://www.industrie.gouv.fr/tc2015/index.php>

Concernant les perspectives de l'Action « Protection des données visuelles », de nombreuses pistes sont encore à exploiter. En partenariat avec le thème B, la protection basée contenu, afin d'aborder différemment la robustesse aux attaques désynchronisantes, semble très prometteuse, en particulier en utilisant des nouvelles méthodes d'extraction de points d'intérêts et des composantes couleurs. Le chiffrement sélectif, les fonctions de hachage perceptuel et les traitements des données visuelles dans le domaine chiffré (en partenariat avec le GdR IM) sont un autre exemple de perspectives à poursuivre. En association avec l'Action « Qualité image », de nouvelles métriques pour la protection des données visuelles doivent être développées en s'appuyant sur le système visuel humain, que ce soit pour la très haute qualité comme pour la très basse qualité (métriques de confidentialité). Les domaines autour de la criminalistique, la biométrie et l'authentification de données visuelles, très étudiés actuellement, seront également à explorer. Enfin, un effort important sera mis pour les données visuelles de types vidéos, objets ou scènes 3D.

Pour les quatre prochaines années, le thème D fonctionnera donc avec les trois Actions suivantes :

- Maillages et animations 3D
- Protection multimédia
- Compression et perception

L'objectif de ces Actions sera de fédérer des chercheurs autour d'une thématique spécifique et de créer ainsi une synergie. Une évaluation à mi-parcours (2 ans) conditionnera la poursuite ou non de chaque Action.

Il est clair que d'autres pistes doivent être proposées par les acteurs du thème D. Nous souhaitons donc aussi favoriser l'organisation de journées thématiques, hors fonctionnement des Actions. Nous pensons 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*
- ...

Axe 2 : Information et communication : de la théorie à l'ingénierie Voici une liste non exhaustive des thématiques de recherche sur lesquelles s'appuiera l'activité de l'axe 2 du thème D :

1. La théorie de l'information multi utilisateur et les limites fondamentales des performances. Il s'agit ici d'étudier la capacité ou la région de capacité de Shannon de différents modèles de réseaux et de canaux, éventuellement sous certaines hypothèses sur la connaissance des canaux ou sur la disponibilité d'une information adjacente. L'étude de la capacité de transfert de l'information dans les réseaux décentralisés revêt également une grande importance.

2. Les outils théoriques pour les réseaux aléatoires et les lois d'échelle. Ces outils théoriques permettent de mieux appréhender le fonctionnement des réseaux de communications à une échelle macroscopique. Pour la plupart, ces réseaux renferment beaucoup d'aléa : dans les canaux qui relient les nœuds du réseau, dans la localisation de ces derniers, ou dans leurs demandes instantanées en débit. Parmi ces outils, citons la géométrie stochastique, la théorie des graphes aléatoires, la théorie des champs moyens et la théorie des matrices aléatoires de grandes dimensions. En considérant des réseaux de grandes dimensions, il est souvent possible grâce à ces outils de dégager les lois qui régissent le fonctionnement à grande échelle du réseau et d'optimiser la couverture, les puissances, les débits, etc.

3. L'optimisation des ressources et des pré-codeurs. Le problème de l'allocation des ressources (ressources de puissance, ressources de fréquence, optimisation de pré-codeurs), dans un cadre où les nœuds d'un réseau sans fil engendrent de l'interférence, revêt une importance fondamentale. Les problèmes sont divers, selon l'architecture du réseau, le degré de coopération entre les agents et la nature de cette coopération (coopération à l'échelle du codage des données ou simplement à l'échelle de l'allocation des ressources ?), ou le degré de synchronisation et/ou de la connaissance des canaux. Les outils méthodologiques le sont aussi : citons les outils d'optimisation non convexe ou la théorie des jeux, couplés ou non à des algorithmes d'approximation stochastique.

4. Les réseaux de capteurs : détection, estimation et optimisation distribuées (*en interaction avec le thème A*). Les réseaux du futur renfermeront souvent des capteurs. Ces derniers peuvent être amenés à détecter un champ aléatoire (ex : une température, un niveau d'humidité, un niveau de concentration d'un produit, etc.), à estimer un paramètre (ex : les coordonnées d'une cible) ou à optimiser conjointement une ressource (ex : une distribution de puissances dans le but d'optimiser des débits de données). Dans ce contexte, il convient de concevoir des méthodes d'estimation de paramètres ou d'optimisation de ressources adaptées à la nature décentralisée du réseau. Les problèmes sont souvent rendus difficiles par le fait que les capteurs possèdent une longévité énergétique, une puissance de calcul ou des capacités de communication limitées. On observe que de tels problèmes se rencontrent dans le domaine du calcul parallèle et distribué où des compromis fondamentaux doivent être trouvés entre la capacité de calcul d'un capteur et sa capacité de communication. Enfin, ces problèmes peuvent souvent être étudiés sous l'angle de la théorie de l'approximation stochastique à laquelle ils apportent un éclairage nouveau.

5. Le codage pour les canaux radio (MIMO, relais, ...) Le problème de la construction de codes spatio-temporels pour les systèmes à antennes multiples MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) point à point est maintenant relativement bien étudié. En revanche, les extensions (et les bornes de performances) pour des réseaux sans fil (citons les canaux à relais, à accès multiple, à diffusion, à interférence ou les canaux multi-saut) restent en grande partie ouverts.

6. La sécurité pour la couche physique. Le principe de la sécurité pour la couche physique est d'exploiter le bruit présent naturellement dans tous les canaux de transmission pour garantir la sécurité inconditionnelle des communications. Cette sécurité est rendue possible par le fait que les signaux interceptés par des écouteurs indésirables subissent

généralement une dégradation différente de ceux reçus par les récepteurs légitimes (par exemple, une atténuation différente qui induit un Rapport Signal à Bruit différent). Cette thématique de recherche suscite actuellement un grand intérêt et offre de nombreuses perspectives pour renforcer la sécurité des systèmes de communications sans fils.

7. Le codage en réseau (« Network Coding ») Quand de nombreux flux de données coexistent dans un réseau (à cause de la multiplicité des sources et des destinations), des opérations algébriques peuvent être réalisées sur ces flux en certains nœuds afin d'accroître les débits et la fiabilité des informations qui transitent à travers ce réseau. Dans le cadre des transmissions sans fil, des problèmes importants demeurent ouverts. Ils concernent en particulier la conception des meilleures stratégies pour relayer l'information entre les nœuds et celle des meilleurs alphabets finis (anneaux, corps). Pour l'instant, des codes en réseau efficaces et simples ont été surtout considérés dans le cas où le réseau est un réseau sur fils. Dans le cas des transmissions sans fils, beaucoup de problèmes demeurent ouverts. Une idée prometteuse consiste à déplacer le codage en réseau de la couche réseau vers la couche physique en passant des paquets binaires aux signaux physiques transmis.

8. Le « Massive MIMO » Le Massive MIMO est une thématique de recherche d'actualité en télécommunications sans fil à antennes multiples. L'idée du Massive MIMO est d'accroître de manière considérable (d'un facteur 10 par rapport au nombre d'utilisateurs d'une cellule) le nombre d'antennes à la station de base, chose qui permet d'augmenter considérablement le débit tout en conservant la même architecture de *backhauling*. Cependant, différents nouveaux problèmes apparaissent tels que des techniques de réduction de PAPR (*Peak to Average Power Ratio*, en raison de la saturation des filtres), des techniques d'estimation de canal parcimonieuses (en raison du très grand nombre de paramètres à estimer) ou encore les problèmes liés à la contamination des séquences pilotes dans le cas multi-cellulaire (liés au temps de cohérence du canal très petit par rapport aux dimensions du système).

9. La radio cognitive / intelligente (en interaction avec le thème C). La radio cognitive ouvre un large champ d'investigation dans le domaine des télécommunications sans fil. L'idée est d'exploiter d'une manière opportuniste les bandes inoccupées dans un spectre de fréquence donné afin de rendre plus efficace l'exploitation du domaine temps/fréquence/espace des réseaux. La mise en œuvre de protocoles et d'algorithmes opportunistes adéquats reste encore à l'étude. A titre d'exemple, la conception d'algorithmes de détection rapides et efficaces des bandes inoccupées constitue un enjeu majeur. Ces algorithmes nécessitent des architectures de radio fréquence adaptées.

10. Le *Compressed Sensing* et les signaux à représentation parcimonieuse (en interaction avec le thème A). Le *Compressed Sensing* entre en jeu dès que l'essentiel de l'information contenue dans un signal de grandes dimensions est représenté par un petit nombre de projections de ce signal dans une certaine base. De tels signaux se rencontrent à titre d'exemple dans les réseaux de capteurs (où il s'agit souvent de véhiculer d'une manière efficace des données de nature parcimonieuse vers un centre de fusion) ou dans les signaux de télécommunications à bande ultra large. La théorie des signaux à représentation parcimonieuse connaît un développement rapide et serait amenée à jouer un rôle important en télécommunications sans fils.

11. Les réseaux dits flexibles et auto organisants. L'idée est de rendre flexible l'organisation des réseaux sans fil où ces derniers tendront à se regrouper en petites cellules proches des utilisateurs. Ces cellules qui émettront à faible puissance utiliseront différentes technologies qui s'adapteront en fonction des utilisateurs (radio cognitive coté infrastructure) d'une manière transparente à l'utilisateur. Afin d'accroître la capacité, les cellules coopèrent entre elles en mettant en place des techniques de codage distribué, de MIMO virtuel, ou de codage en réseau. Les problèmes liés à la mobilité (*hand-over*, synchronisation, sécurité) joueront un rôle important.

12. Le codage des données stockées dans les réseaux sans fil Dans le but de mieux distribuer l'information au sein d'un réseau (*femto-cells*, *small cells*), le stockage de données (ainsi que le *caching*) au sein des nœuds est devenu un thème très important. L'idée est de permettre à l'utilisateur d'avoir accès à ses données au plus proche du réseau (*network in the edge*) tout en nécessitant moins de bande passante filaire (les données sont pré-stockées avant l'arrivée de l'utilisateur). Afin de réaliser ce stockage dans les conditions optimales, de nouveaux codes prenant en compte la probabilité de mise hors tension du nœud ainsi que les contraintes de sécurité doivent être développées. Les *storage codes* doivent avoir une redondance suffisante, tout en préservant une fluidité optimale du trafic sur un *backhaul* contraint.

13. Le contrôle Distribué pour les réseaux électriques intelligents « smart grids » Les systèmes de distribution électriques ressemblent de plus en plus aux systèmes de télécommunications avec d'une part des fournisseurs hétérogènes d'électricité (panneaux solaires, centrales électriques, etc.) et des consommateurs d'électricité. La gestion du réseau électrique ne peut pas être centralisée dans ce cas et nécessite un contrôle distribué à partir de l'information locale donnée par des capteurs. Les techniques développées dans les réseaux de télécommunications utilisant la théorie des jeux, l'optimisation distribuée s'avèrent intéressante et requièrent une adaptation fine en prenant en compte les problèmes d'adaptation de charge, la mise en place de micro-grids (cluster) ainsi que la tarification (temps réel ou non). L'importance de cette thématique nous a incités à mettre en place le groupe de travail inter GdR RSEI décrit dans le rapport d'activité.

14. Les communications sur fibre optique Le domaine des transmissions sur fibre optique prend de plus en plus d'importance en théorie des communications en raison de la nécessité d'augmenter les débits filaires dans les réseaux optiques à grande échelle du futur. Les communications sur fibre optique réclament de nouvelles techniques de transmissions adaptées aux milieux non linéaires. Par ailleurs, jusqu'à un passé récent, les communications optiques étaient non-cohérentes. Afin d'importer les techniques MIMO, OFDM, etc. dans le domaine des transmissions sur fibre et de réaliser l'égalisation et le décodage des données dans ces contextes, des transmissions cohérentes doivent être mises en place. Ce champ de recherche est encore complètement ouvert.

15. Les techniques d'allocation et de codage à faible Rapport Signal à Bruit. Le besoin de concevoir des réseaux à faible consommation dits « verts » peut amener à repenser entièrement les techniques de transmission dans un réseau de télécommunications, et à concevoir des protocoles et des systèmes de codage adaptés à des puissances faibles, *i.e.*, optimaux quand le rapport signal à bruit tend vers zéro.

16. Les applications nouvelles. Un certain nombre d'applications nouvelles posent des problèmes techniques stimulants en théorie des communications. Citons parmi ces applications les communications sur les courants porteurs en ligne, les communications optiques sans fil, les applications dans le domaine de la santé, etc.

3.4.3 Actions proposées

Axe 1 : Compression et protection

1. Action *Maillages et animations 3D*

Animateur(s): O. Aubreton (MCF, Le2i, Le Creusot), F. Daoudi (PR Telecom, Lille), F. Dupond (PR Liris, Lyon), F. Payan (MCF, I3S, Sophia Antipolis) .

Description : L'objectif principal de cette Action est de faire rencontrer et de fédérer les chercheurs et industriels travaillant sur toutes les étapes présentes dans une chaîne de numérisation d'objets 3D : acquisition, reconstruction/modélisation, traitement/analyse, et compression.

2. Action *Protection multimédia*

Animateur(s): P. Bas (CR CNRS, LAGIS - Ecole Centrale, Lyon), W. Puech (PR LIRMM, Montpellier).

Description : Cette Action, dans la continuité dans l'Action Protection des données visuelles aura pour objectif de continuer à regrouper et d'animer la communauté autour de la protection des images, des vidéos et des objets 3D. Des journées sont envisagées autour de la criminalistique, la stéganalyse, la biométrie, l'authentification et la protection en partenariat avec le thème B, la protection basée contenu (robustesse aux attaques désynchronisantes, utilisation de points d'intérêts, composantes couleurs, psycho-visuel, en partenariat avec l'Action compression et perception) ainsi que l'évaluation de la qualité pour le tatouage (HR) et pour le brouillage (LR) avec développement de métriques de confidentialité.

3. Action *Compression et perception*

Animateur(s): M. Antonini (DR CNRS, I3S, Sophia Antipolis), C. Larabi (MCF, XLIM-SIC, Poitiers) .

Description : Cette Action s'intéressera aux approches de codage bio-inspirées aux nouveaux schémas de compression, à l'optimisation qualitative et la prise en compte de la qualité d'expérience, la stéréovision, le 3D.

Annexes

A Liste des actions proposées

Liste des Actions

Action Apprentissage (Thème A)	
Animateur(s) : Olivier Cappé (DR CNRS, LTCl, Paris), Pierre Chainais (MCF, LAGIS, Lille), Zaïd Harchaoui (CR INRIA, INRIA, Grenoble)	13
Action Optimisation (Thème A)	
Animateur(s) : Nelly Pustelnik (CR CNRS, Laboratoire de Physique, ENS de Lyon), Saïd Moussaoui (MCF, IRCCyN, Nantes)	14
Action Méthodes de simulation stochastiques (Thème A)	
Animateur(s) : Gersende Fort (DR CNRS, LTCl, Paris) et François Septier (MCF, Télécom Lille1 / LAGIS, Lille)	14
Action Estimation et détection en grande dimension (Thème A)	
Animateur(s) : Jamal Najim (CR CNRS, IGM, Marnes-la-Vallée), Romain Couillet (MCF, Supélec), Emmanuel Duflos (PR, Ecole Centrale de Lille)	15
Action Signaux & Images sur graphes (Thème A)	
Animateur(s) : Pierre Borgnat (CR CNRS, Laboratoire de Physique, ENS de Lyon)	15
Action Extraction d'information et physique des images (Thème B, Axe 1)	
Animateur(s) : Vincent Devlaminck (PR 61 LAGIS UMR 8219), Julien Fade (MC 30 IPR UMR 6251), Corinne Fournier (MC 61 LHC UMR 5516)	23
Action Images et télédétection (Thème B, Axe 1)	
Animateur(s) : Emmanuel Trouvé (PR LISTIC Annecy) , Florence Tupin (PR LTCl Paris), Stéphane May (CNES Toulouse)	24
Action Vision 3D (Thème B, Axe 2)	
Animateur(s) : Adrien Bartoli (PR ISIT UMR 6284, Clermont-Ferrand), Edwige Pissaloux (PR ISIR UMR 7222, Paris), Frédéric Devernay (CR INRIA LIG UMR 5217, Grenoble)	24
Action Visage, geste, action et comportement (Thème B, Axe 2)	
Animateur(s) : Catherine Achard (MCF ISIR UMR 7222, Paris), Patrick Horain (MCF TELECOM SudParis, Evry), Rémi Ronfard (CR INRIA LJK UMR 5224, Grenoble)	25
Action Couleur et dispositifs multimodaux (Thème B, Axe 3)	
Animateur(s) : Philippe Carré (PR XLIM-SIC JUR 7252, Poitiers), Olivier Lezoray (PR GREYC UMR 6072, Caen), Alamin Mansouri (MCF LE2I UMR 6306, Auxerre), Frédéric Morain-Nicolier (PR CRESTIC EA 3804, Troyes)	25
Action Qualité, images, vidéos et données 3D (Thème B, Axe 3)	
Animateur(s) : Christine Fernandez-Maloigne (PR XLIM-SIC JUR 7252, Poitiers), Christophe Charrier (MCF GREYC UMR 6072, Caen), Hakim Saadane (MCF XLIM-SIC JUR 7252, Poitiers)	25
Action Recherche et indexation d'information médicale (conjointe avec le GdR STIC-Santé) (Thème B, Axe 4)	
Animateur(s) : Ch.Hamitouche-Djabou,(PR Télécom Bretagne, Brest), F. Rousseau (CR LSITT, Strasbourg), S. Ruan (PR LitisLab, Rouen), J.-P. Chevallet (MCF LIG, Grenoble)	26

Action Indexation et recherche d'information multimédia (Thème B, Axe 4)	
Animateur(s) : G. Quenot(DR CNRS LIG,Grenoble), M. Cord (PR LIP6, Paris), J. Benois-Pineau(PR LABRI, Bordeaux)	26
Action Liage, structuration et fouille de grandes données multimédia (Thème B, Axe 4)	
Animateur(s) : F. Précioso (PR I3S, Nice), L. Amsaleg (DR CNRS IRISA, Rennes) et A. Joly (CR INRIA LIRMM, Montpellier)	27
Action Systèmes bio-inspirés pour le TDSI (Thème C)	
Animateur(s) : Michel Paindavoine (PR61, Laboratoire LEAD, Dijon), Benoît Miramond, (MCF61, Laboratoire ETIS, Cergy-Pontoise)	29
Action Capteurs et systèmes de vision (Thème C)	
Animateur(s) : Gilles Sicard (MCF63, Laboratoire TIMA, Grenoble), Dominique Ginhac (PR61, Laboratoire LE2I, Dijon)	29
Action Architectures, méthodes et outils pour le TDSI (Thème C)	
Animateur(s) : Fan Yang (PR61, Laboratoire LE2I, Dijon), Daniel Ménard (PR61, Laboratoire IETR, Rennes)	29
Action Projet transverse <i>BENCHMARK</i> (Thème C)	
Animateur(s) : Jean-Christophe Prévotet (MCF61, Laboratoire IETR, Rennes), Lionel Lacassagne (MCF61, Laboratoire LRI, Orsay)	30
Action Maillages et animations 3D (Thème D, Axe 1)	
Animateur(s) : O. Aubreton (MCF, Le2i, Le Creusot), F. Daoudi (PR Telecom, Lille), F. Dupond (PR Liris, Lyon), F. Payan (MCF, I3S, Sophia Antipolis)	37
Action Protection multimédia (Thème D, Axe 1)	
Animateur(s) : P. Bas (CR CNRS, LAGIS - Ecole Centrale, Lyon), W. Puech (PR LIRMM, Montpellier)	37
Action Compression et perception (Thème D, Axe 1)	
Animateur(s) : M. Antonini (DR CNRS, I3S, Sophia Antipolis), C. Larabi (MCF, XLim-SIC, Poitiers)	37